



Universidade do Estado do Rio de Janeiro

Centro de Tecnologia e Ciência

Faculdade de Engenharia

Erick Bloise Lima

**Determinação do grau de encruamento ocasionado pela gravação do
Número de Identificação Veicular (NIV) e suas consequências**

Rio de Janeiro

2017

Erick Bloise Lima

Determinação do grau de encruamento ocasionado pela gravação do Número de Identificação Veicular (NIV) e suas consequências

Dissertação apresentada, como requisito parcial para obtenção do título de Mestre, ao programa de Pós-Graduação em Engenharia Mecânica, da Universidade do Estado do Rio de Janeiro. Área de concentração: Mecânica dos Sólidos.

Orientadora: Prof.^a Dr.^a Marília Garcia Diniz

Rio de Janeiro

2017

CATALOGAÇÃO NA FONTE
UERJ / REDE SIRIUS / BIBLIOTECA CTC/B

L732 Lima, Erick Bloise.
Determinação do grau de encruamento ocasionado pela gravação do Número de Identificação Veicular (NIV) e suas consequências / Erick Bloise Lima. – 2017.
87f.

Orientador: Marilia Garcia Diniz.
Dissertação (Mestrado) – Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Faculdade de Engenharia.

1. Engenharia Mecânica. 2. Tensões residuais - Dissertações. 3. Veículos automotores - Adulteração - Dissertações. 4. Raios X - Difração - Dissertações. I. Diniz, Marilia Garcia. II. Universidade do Estado do Rio de Janeiro. III. Título.

CDU 621.791

Autorizo, apenas para fins acadêmicos e científicos, a reprodução total ou parcial desta tese, desde que citada a fonte.

Assinatura

Data

Erick Bloise Lima

Determinação do grau de encruamento ocasionado pela gravação do Número de Identificação Veicular (NIV) e suas consequências

Dissertação apresentada, como requisito parcial para obtenção do título de Mestre, ao programa de Pós-Graduação em Engenharia Mecânica, da Universidade do Estado do Rio de Janeiro. Área de concentração: Mecânica dos Sólidos.

Aprovado em:

Banca Examinadora:

Prof.^a Dr.^a Marília Garcia Diniz (Orientadora)

Faculdade de Engenharia - UERJ

Prof. Dr.^a Maria da Penha Cindra Fonseca

Universidade Federal Fluminense - UFF

Prof. Dr. Hector Reynaldo Meneses Costa

Centro Federal de Educação Tecnológica Celso Suckow da Fonseca

Prof. Dr. Antonio Guilherme Garcia Lima

Faculdade de Engenharia - UERJ

Rio de Janeiro

2017

AGRADECIMENTOS

Mais um desafio foi cumprido. O título de Mestre em Engenharia Mecânica vem carregado de muito esforço, determinação, sabedoria e trabalho em equipe. Sem uma boa equipe suportando este objetivo, nada teria sido possível. Segue meu especial agradecimento aos digníssimos membros.

Aos meus pais, José Luiz e Rosemary, pelo incondicional apoio à minha vida profissional, sendo meu exemplo de caráter e determinação a seguir.

A minha esposa Márcia, pelo incentivo e apoio nas horas de desânimo em que pensei em desistir e tomar outro rumo.

A professora Marília Diniz, que sempre acreditou e confiou no meu trabalho e dedicação, agradeço pela orientação, apoio, ensinamentos, cobranças e amizade. Sem ela esse trabalho não seria possível.

A professora Maria Cindra, que abriu as portas de seu laboratório na Universidade Federal Fluminense, contribuindo de forma magnífica para o resultado deste trabalho, sendo solícita e atenciosa às nossas necessidades.

Ao professor Antonio Guilherme, por ter abraçado a ideia inicial, e embora tenhamos mudado as direções, se manteve sempre prestativo ao nosso lado.

O sol nasce para todos, só não sabe quem não quer.

Renato Russo

RESUMO

LIMA, E. B. *Determinação do grau de encruamento ocasionado pela gravação do Número de Identificação Veicular (NIV) e suas consequências*. 2017. 87 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Mecânica) – Faculdade de Engenharia, Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2017.

Veículos automotores são constantemente alvos de fraudes no que tange sua identificação individualizada, sendo o método de remarcação o mais utilizado pelos adulteradores. O objetivo deste trabalho foi avaliar o nível de tensões residuais antes e depois de um processo de adulteração comumente utilizado para modificação do Número de Identificação Veicular (NIV) e avaliar, em função do nível de tensões residuais existentes, a efetividade de uma metodologia de revelação desta adulteração. Para a caracterização microestrutural da chapa suporte de gravação do NIV foram utilizadas as técnicas de microscopia óptica (MO), microscopia eletrônica de varredura (MEV) e espectroscopia por dispersão de energia (EDS). Para a medição das tensões residuais foi utilizada a técnica de difração de Raios-X e para revelar a gravação NIV original eliminada foi realizado ataque químico com o reagente Fry. A caracterização revelou uma microestrutura compatível com aços de baixo teor de carbono. As tensões residuais mostraram-se aleatórias (compressivas e trativas) quando da gravação original, já na condição após desbaste todos os pontos apresentaram tensão residual de compressão. A técnica de ataque químico não obteve resultados satisfatórios, o que atribui-se ao pequeno valor de 0,2 mm exigido pela norma ABNT NBR 6066/09, que ocasiona em baixos valores de tensão residual quando da gravação do NIV original.

Palavras-chave: Identificação veicular; Tensões residuais; Difração de Raios-X; ABNT NBR 6066/09.

ABSTRACT

LIMA, E. B. *Determination of the hardening degree caused by the Vehicle Identification Number (VIN) marking process and its consequences*. 2017. 87 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Mecânica) – Faculdade de Engenharia, Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2017.

Automotive vehicles are constantly targeted for fraud regarding their individualized identification whose rewrite is the most used method by adulterators. The aim of this work was to measure the residual stresses present in the Vehicle Identification Number (VIN) marked by the manufacturer, to measure the residual stresses present after tamper process by criminal and to evaluate, based on the level of residual stresses, the effectiveness of a methodology for revealing this tampered number. Optical microscopy, scanning electron microscopy and energy dispersive spectroscopy techniques were used to the microstructural characterization of the plate where the VIN is marked. X ray diffraction method was applied to measure the residual stresses. The Fry's reagent was applied to reveal the original VIN that was obliterated. The characterization showed a composite compatible with low carbon steel. On the original VIN marking the residual stresses shows random (compressive and tractive) while that after obliterated all measures was compressive. The etching did not yield satisfactory results, that was attributed to low value of 0.2 mm required by ABNT NBR 6066/09, that entail in a low residual stresses value on the original VIN marking.

Key-words: Vehicle identification; Residual stress; X ray diffraction; ABNT NBR 6066/09.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Conteúdo do VIS, segundo a ABNT NBR 6066/09.	24
Figura 2 - Exemplo de Leitura do VIN (BIDU, 2015).	25
Figura 3 - Veículo com placa adulterada mediante ação abrasiva (Foto: Débora Costabile Soibelman).....	27
Figura 4 - Veículo com placa adulterada mediante inserção de fita adesiva.....	28
Figura 5 - Vidro com gravação VIS adulterada (FENALTO, 2013).....	28
Figura 6 – Etiqueta identificativa original com a gravação VIS (Foto: Erick B Lima)	29
Figura 7 - Etiqueta identificativa inidônea. Observa-se o fato de que ela não é autodestrutiva	30
Figura 8 - Numeração de motor adulterada por remarcação (TERCEIRA VISÃO, 2009).....	31
Figura 9 - Regravação total - Foto de uma nova gravação feita em cima da anterior (MIZIARA e BARROS, 2008).....	33
Figura 10 - Regravação parcial, onde o adulterador gravou o número "4" sobreposto ao número "0" (MIZIARA e BARROS, 2008).	34
Figura 11 - Implante ou Enxerto. A gravação original do NIV encontrava-se ocultada pela sobreposição de chapa metálica com outra gravação NIV (MIZIARA e BARROS, 2008). ...	34
Figura 12 - Transplante. Na imagem é possível observar o cordão de solda que circunda a chapa suporte da gravação NIV (MIZIARA e BARROS, 2008).	34
Figura 13 - Mudança de posição. A gravação original foi eliminada e uma nova gravação (inidônea) foi realizada (MIZIARA e BARROS, 2008).	35
Figura 14 - Gráfico Profundidade de impressão x Força aplicada na estampagem	38
Figura 15 - Modelagem utilizada na determinação da deformação plástica latente em região adjacente à região estampada. A dimensão (A) representa a profundidade estampada e a dimensão (B) representa a profundidade afetada de forma latente (WIGHTMAN e MATTHEW, 2008).	39
Figura 16 - Veículo identificado pelo método de ataque químico, utilizando o reagente Bessmann-Haemers (Foto: Erick B Lima).	46
Figura 17 - Vestígios de adulteração revelados pelo método de ataque químico, utilizando o reagente Bessmann-Haemers (Foto: Erick B Lima).....	47
Figura 18 - Equipamento POLIRAIDER em utilização pelo ICCE (Foto: Erick B Lima).	49

Figura 19 - Veículo identificado com a utilização do equipamento POLIRAIDER (Foto: Erick B Lima).....	50
Figura 20 - Indicativo esquemático das capacidades aproximadas dos vários métodos disponíveis atualmente. Os métodos destrutivos estão preenchidos em cinza (WITHERS et al., 2008).....	52
Figura 21 - Incidência dos Raios-X sobre a amostra. Intensidade do raio difratado para um determinado 2θ (SOUSA, 2012).	53
Figura 22 - Sistema de coordenadas polares (CINDRA FONSECA, 2015).	54
Figura 23 - Diferença de percursos dos raios incidentes em função da distância interplanar..	55
Figura 24 - Deslocamento dos picos de difração quando comparados com o padrão (SOUSA, 2012).....	57
Figura 25 - Tensão compressiva em um material policristalino e isotrópico (SANTOS, 2012).	57
Figura 26 - Tensões residuais das amostras temperadas e retificadas (CINDRA FONSECA et al, 2010).....	58
Figura 27 - Tensões residuais nas amostras cortadas por eletroerosão (CINDRA FONSECA et al, 2010).....	59
Figura 28 - Tensões residuais nas amostras limadas (CINDRA FONSECA et al, 2010).	59
Figura 29 - Tensões residuais nas amostras fresadas (CINDRA FONSECA et al, 2010).	60
Figura 30 - Tensões residuais nas amostras faceadas (CINDRA FONSECA et al, 2010).....	60
Figura 31 - Gráfico da distância interplanar $\times \sin^2\psi$ da amostra Curva Extradorso (CEGLIAS, 2012).....	61
Figura 32 - Gráfico da distância interplanar $\times \sin^2\psi$ da amostra Curva Intradorso (CEGLIAS, 2012).....	62
Figura 33 - Tensões residuais na amostra temperada por indução com camada de 1,2 mm....	63
Figura 34 - Tensões residuais na amostra temperada por indução com camada de 2,2 mm....	63
Figura 35 - Amostras do grupo A.....	65
Figura 36 - Amostras do grupo B.....	66
Figura 37 - Analisador de tensões residuais XStress3000.....	69
Figura 38 - Posições onde foram realizadas as medições de tensões residuais.....	69
Figura 39 - Amostras do grupo B com gravação NIV suprimida por desbaste.....	71
Figura 40 – Técnica de aplicação do reagente Fry sobre as amostras.....	72
Figura 41 - Aspecto microestrutural ao MO (100x) - Grupo A, Nital 5%.	74
Figura 42 - Aspecto microestrutural ao MO (500x) - Grupo A, Nital 5%.	74

Figura 43 - Aspecto microestrutural ao MEV (100x) - Grupo B, Nital 5%.....	75
Figura 44 - Aspecto microestrutural ao MEV (300x) - Grupo A, Nital 5%.....	75
Figura 45 - Aspecto microestrutural ao MEV (300x) - Grupo B, Nital 5%.....	76
Figura 46 - Amostras do grupo A após a etapa de ataque químico.....	79
Figura 47 - Amostras do grupo B após a etapa de ataque químico.....	79

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Evolução da legislação sobre identificação veicular (MIZIARA e BARROS, 2008; CECERE, 2010)	22
Tabela 2 - Correlação entre a profundidade da estampagem, a profundidade de material retirado na ação abrasiva de eliminação e a capacidade ou não de ser revelada a gravação original utilizando-se o reagente FRY (WIGHTMAN e MATTHEW, 2008).....	41
Tabela 3 - Reagentes para revelação de microestrutura em aços ASM, 2004).	43
Tabela 4 - Tabela de tensões residuais medidas via difração de Raios-X (CEGLIAS, 2012). 61	
Tabela 5 - Operações de polimento.	67
Tabela 6 - Parâmetros utilizados no sistema de análise das tensões residuais	70
Tabela 7 - Elementos presentes nas amostras do grupo A (% em peso)	73
Tabela 8 - Elementos presentes nas amostras do grupo B (% em peso)	73
Tabela 9 - Resultados da medição de tensões residuais por difração de Raios-X na chapa contendo a gravação NIV original. As amostras de cada grupo foram identificadas pelos seus três números finais referentes ao NIV.	77

LISTA DE SIGLAS E ABREVIACÕES

ABNT	- Associação Brasileira de Normas Técnicas
AISI	- <i>American Iron and Steel Institute</i>
ANFAVEA	- Associação Nacional dos Fabricantes de Veículos Automotores
ASM	- <i>American Society for Metals</i>
ASTM	- <i>American Society for Testing and Materials</i>
CONTRAN	- Conselho Nacional de Trânsito
DENATRAN	- Departamento Nacional de Trânsito
EDS	- <i>Energy Dispersive Spectroscopy</i>
FIAT	- <i>Fabbrica Italiana Automobili Torino</i>
FORD	- <i>Ford Motor Company</i>
GEIA	- Grupo Executivo da Indústria Automobilística
GM	- <i>General Motors</i>
ICCE	- Instituto de Criminalística Carlos Éboli
ISO	- <i>International Organization for Standardization</i>
MEV	- Microscopia Eletrônica de Varredura
NBR	- Norma Brasileira Regulamentadora
NIV	- Número de Identificação Veicular
SENASP	- Secretaria Nacional de Segurança Pública
VIN	- <i>Vehicle Identification Number</i>
VIS	- <i>Vehicle indicator section</i>

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO	14
1. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	16
1.1. A indústria automobilística no Brasil	16
1.2. Histórico da legislação aplicada à identificação veicular	17
1.3. Critérios de identificação veicular em vigência no Brasil	21
1.4. A codificação VIN	22
1.4.1. Requisitos Gerais	22
1.4.2. Divisores	23
1.4.3. Exibição e localização do VIN	23
1.4.4. Fixação do VIN	23
1.4.5. Conteúdo básico do VIN	24
1.4.5.1. <i>Exemplo de leitura do VIN</i>	25
1.5. Adulteração dos pontos de identificação de veículos	25
1.5.1. Tipificação penal relacionada à adulteração de veículos.....	25
1.5.2. Tipos de fraudes mais comuns	26
1.5.3. O passo-a-passo da adulteração de veículos.....	35
1.5.3.1. <i>Adulteração por regravação</i>	35
1.6. Identificação da gravação NIV original de um veículo adulterado	36
1.6.1. Processo de gravação do NIV	36
1.6.2. Ataque químico	39
1.6.2.1. <i>Aplicação do método de ataque químico</i>	45
1.6.2.1.1. <u>Exemplos de aplicação do ataque químico</u>	45
1.6.3. Ataque eletroquímico	47
1.6.4. Métodos de avaliação de tensões residuais.....	50
1.6.4.1. <i>Difração de Raios-X</i>	52
2. MATERIAIS E MÉTODOS	65
2.1. Caracterização do material	66
2.1.1. Análise quantitativa de elementos químicos	66
2.1.2. Preparação metalográfica	66
2.1.3. Microscopia óptica	68
2.1.4. Microscopia eletrônica de varredura e espectroscopia por dispersão de energia	68

2.1.5. Difração de Raios-X.....	68
2.1.6. Ataque químico	72
3. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	73
CONCLUSÕES.....	80
REFERÊNCIAS	82

INTRODUÇÃO

Considerando-se que veículos automotivos são bens móveis, existe a necessidade de controlá-los unitariamente. Ao longo dos anos a legislação brasileira foi se aperfeiçoando, de forma a determinar requisitos mínimos de segurança que possibilitem esse controle unitário dos veículos, iniciando-se em 1980 com a criação da norma NBR 3 n° 6066 da ABNT (ABNT, 1980) até a última modificação realizada em 1998 pela Resolução n° 24/98 do CONTRAN, vigente até os dias atuais.

Dado seu alto valor agregado, os veículos automotores são constantemente alvos de roubos, furtos e fraudes no Brasil, sendo o tipo de fraude mais comum a adulteração de sinal identificativo. Neste cenário, o criminoso está em posse de um veículo proveniente de roubo ou furto e deseja obter vantagem econômica transformando este produto ilegal em outro que se possa comercializar livremente. Para tal faz-se necessário modificar os pontos de identificação que remetem ao veículo ilegal. Uma vez que não é possível criar um novo número de identificação veicular, o criminoso então utilizará um outro já existente e em situação de circulação regular, ocasionando no que se denomina "clone" ou "veículo clonado".

O principal elemento de controle que individualiza um veículo é o seu Número de Identificação Veicular (NIV). Trata-se de uma combinação alfanumérica de 17 caracteres, designada a um veículo pelo fabricante para sua identificação, segundo a norma brasileira ABNT NBR 6066/09 (ABNT, 2009).

Na maioria das montadoras, o processo de gravação do NIV nos veículos ocorre por estampagem, usando uma máquina de pressão. A profundidade da gravação do caractere do NIV na chapa metálica dependerá da dureza da superfície do metal e da pressão aplicada pela máquina. Nesta região se originará uma zona de deformação plástica, que é mais profunda do que a gravação visível do caractere (KUPPUSWAMY, 2011). Essa região é considerada fundamental para a identificação do NIV original do veículo (KUPPUSWAMY, 2011; PUENTES, et al., 2012).

O objetivo deste trabalho foi avaliar o nível de tensões residuais antes e depois de um processo de adulteração comumente utilizado para modificação do NIV e avaliar a efetividade

de uma metodologia de revelação desta adulteração. Foi utilizada a metodologia de difração de Raios-X para quantificar as tensões residuais ocasionadas pela gravação do NIV original e as tensões residuais ocasionadas pelo processo de adulteração do NIV. A técnica de ataque químico também foi utilizada na tentativa de revelar a gravação original suprimida na adulteração. Também foram usadas técnicas de microscopia óptica, microscopia eletrônica de varredura, análise química semi-quantitativa por EDS (*Energy Dispersive Spectroscopy*) e análise química quantitativa por Espectrometria de Fluorescência de Raios-X.

1. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

1.1. A indústria automobilística no Brasil

Há registro que o primeiro veículo motorizado chegou ao Brasil em 1891 e que várias montadoras tentaram se estabelecer em solo brasileiro até 1956, época em que a indústria automobilística foi implantada oficialmente (MIZIARA e BARROS, 2008).

A publicação "*Indústria Automobilística Brasileira - 50 anos*" foi editada pela ANFAVEA (Associação Nacional dos Fabricantes de Veículos Automotores) em comemoração aos 50 anos da indústria automobilística brasileira e da entidade, completados em 2006, trazendo o seguinte texto:

A indústria automobilística brasileira foi implantada em 16 de agosto de 1956, quando o então presidente da República Juscelino Kubitschek de Oliveira formalizou a criação do GEIA, Grupo Executivo da Indústria Automobilística, com o objetivo de estimular a fabricação local e não somente a montagem de veículos no Brasil. Certamente não teria como imaginar o vulto que aquela sua iniciativa acabaria adquirindo. Hoje, passados 50 anos, o setor automotivo instalado no país festeja suas bodas de ouro, apresentando números de fato impressionantes: são 24 diferentes montadoras. Desde 1957 – quando a primeira fábrica desta nova fase entrou em operação – até dezembro de 2005, foram produzidos no Brasil 36,1 milhões de automóveis, 6,8 milhões de comerciais leves, 2,8 milhões de caminhões e 613 mil ônibus, totalizando 46,4 milhões de veículos (ANFAVEA).

Datas e fatos nem sempre são exatos ou alcançam consenso entre os historiadores que apresentam matérias a respeito da história dos veículos em solo nacional, por isso, outras opiniões e contribuições sobre o assunto são respeitadas (MIZIARA e BARROS, 2008).

Com o sucesso da implantação da indústria automobilística no Brasil, surgiu a necessidade de controlar unitariamente os bens de considerável valor, então denominados veículos.

Cada empresa possuía uma codificação particular. A Volkswagen, por exemplo, utilizava inicialmente uma codificação com seis caracteres, depois com sete. Já a Ford e a General Motors (GM) usavam onze caracteres e a Fiat doze (MIZIARA e BARROS, 2008).

1.2. Histórico da legislação aplicada à identificação veicular

A primeira publicação do Governo Brasileiro acerca de regulamentar e padronizar a identificação veicular consta na Resolução 659/85 do Conselho Nacional de Trânsito - CONTRAN, publicada em 30 de outubro de 1985.

Esta resolução determina aspectos técnicos a serem seguidos pelas montadoras nacionais quanto à gravação do Número de Identificação Veicular (NIV - também conhecido pela sigla americana *VIN*), destacando-se os seguintes trechos:

Art. 2º - A gravação do número de identificação veicular no chassi ou monobloco, deverá ocorrer em no mínimo, um ponto de localização, de acordo com as vigentes especificações e formatos estabelecidos pela **NBR 3 nº 6066 da ABNT**, em profundidade mínima de 0,2mm.

Art. 3º - Nos veículos automotores de duas ou três rodas, excluídos os ciclomotores, as gravações serão feitas, no mínimo em dois pontos, na coluna de suporte da direção ou no chassi monobloco.

Art. 4º - Nos veículos reboques e semi-reboques, as gravações serão feitas no chassi, no mínimo em dois pontos.

A Norma NBR 3 nº 6066 da ABNT (Associação Brasileira de Normas Técnicas) foi elaborada seguindo os aspectos das normas internacionais ISO 3779 e ISO 3780, que são referências mundiais quanto à identificação veicular (ABNT, 1980).

As grandes montadoras de veículos de passeio se adequaram a esta norma durante a década de 1987 (MIZIARA e BARROS, 2008):

- FIAT – Em 1981, foi a primeira a gravar o NIV com 17 caracteres;
- Volkswagen – Em 1983 passou a gravar de acordo com a NBR 3 ABNT 6066/80;

- GM – Se adequou a norma em 1984;
- FORD – Em 1984 passou a utilizar a marcação do NIV com 17 caracteres;

Três anos depois, a Resolução 691/88 foi publicada pelo CONTRAN instituindo novos pontos de identificação para os veículos produzidos no Brasil. Essa resolução conservou os critérios utilizados na resolução anterior e criou novos pontos de identificação, com destaque para os itens:

Art. 1º - Fica instituído novo critério de identificação veicular obrigatório para todos os veículos fabricados a partir de, no máximo, cento e oitenta dias contados da data de publicação da presente Resolução.

Parágrafo único – Excetuam-se do disposto neste artigo os tratores, os veículos utilizados exclusivamente para competições esportivas e os veículos militares de características especiais.

Art. 2º - A gravação do número de identificação veicular no chassi ou monobloco, deverá ocorrer em, no mínimo, um ponto de localização, de acordo com as vigentes especificações e formatos estabelecidos pela NBR - 3 n° 6066 da ABNT, em profundidade mínima de 0,2mm.

§ 1º - Além da gravação no chassi ou monobloco, os veículos serão identificados com, no mínimo, os caracteres VIS previstos na NBR - 3 n° 6066, podendo ser, a critério do fabricante, por gravação, na profundidade mínima de 0,2mm, quando em chapas ou por plaqueta colada, soldada ou rebitada, destrutível quando de sua remoção, ou ainda por etiqueta autocolante e também destrutível no caso de tentativa de sua remoção, nos seguintes compartimentos e componentes:

- 1) no assoalho do veículo, sob um dos bancos dianteiros;
- 2) na coluna da porta dianteira lateral direita;
- 3) no compartimento do motor;
- 4) em um dos para-brisas e em um dos vidros traseiros, quando existentes; e em pelo menos dois vidros de cada lado do veículo, quando existentes, excetuados os quebra-ventos.

A gravação do número VIS (*Vehicle indicator section* – "Seção indicadora do veículo" que corresponde aos oito últimos caracteres do NIV) nos vidros dos veículos e a inserção de três etiquetas contendo o VIS em diferentes pontos de localização, autodestrutivas quando da

tentativa de remoção, possibilitou mais segurança aos critérios de identificação veicular no Brasil.

Em 1993 foi publicada a Resolução 768 do CONTRAN, tornando extensivas aos veículos importados as normas brasileiras de identificação veicular. Desta forma, todo veículo importado, ao entrar no Brasil, deveria se adequar até então aos critérios da Resolução 691/88.

Esta resolução gerou grande impasse na importação de veículos, pois não tratava do caso de veículos que já possuíam NIV fora dos padrões brasileiros. No ano seguinte foi então publicada pelo DENATRAN (Departamento Nacional de Trânsito) a Portaria 01/94, determinando o procedimento a ser seguido em caso de divergência entre o NIV gravado no veículo importado e o padrão de NIV exigido pelo Brasil. Destaca-se neste contexto:

ANEXO V - VEÍCULOS IMPORTADOS QUE NÃO ATENDEM AOS
CRITÉRIOS DE IDENTIFICAÇÃO VEICULAR

[...]

1.1 - O interessado deverá solicitar ao DENATRAN, autorização para a gravação do código VIN conforme norma NBR 3 - 6066/80 da ABNT; em local diferente da gravação estrangeira.

[...]

2.1 - O interessado deverá solicitar ao DENATRAN autorização para gravação do Código VIN em local diferente da gravação estrangeira, com base na norma NBR 3-6066/80 da ABNT [...]

Esta portaria também determinou que a 10ª (décima) posição do NIV seja correspondente ao ano de fabricação do veículo, em nomenclatura correspondente a ABNT 6066/80.

A Resolução nº 24, de 21 de maio de 1998, estabelece o critério de identificação de veículos, a que se refere o Art. 114 do Código de Trânsito Brasileiro, destacando em seu Artigo 1º que:

Os veículos produzidos ou importados a partir de 1º de janeiro de 1999, para obterem registro e licenciamento, deverão estar identificados na forma desta Resolução.

[...]

Art. 2º: A gravação do número de identificação veicular (VIN) no chassi ou monobloco, deverá ser feita, no mínimo, em um ponto de localização, de acordo com as especificações vigentes e formatos estabelecidos pela NBR 3 nº 6066/80 da Associação Brasileira de Normas Técnicas – ABNT, em profundidade mínima de 0,2mm.

§ 1º Além da gravação no chassi ou monobloco, os veículos serão identificados, no mínimo, com os caracteres VIS (número sequencial de produção) previsto na NBR 3 nº 6066, podendo ser, a critério do fabricante, por gravação, na profundidade mínima de 0,2mm, quando em chapas ou plaqueta colada, soldada ou rebitada, destrutível quando de sua remoção, ou ainda por etiqueta autocolante e também destrutível no caso de tentativa de sua remoção, nos seguintes compartimentos e componentes:

I – Na coluna da porta dianteira lateral direita;

II – No compartimento do motor;

III – Em um dos para-brisas e em um dos vidros traseiros, quando existentes;
e

IV – Em, pelo menos, dois vidros de cada lado do veículo, quando existentes, excetuados os quebra-ventos.

Na prática, a Resolução nº 24/98 do CONTRAN:

- Eliminou a obrigatoriedade da colocação da etiqueta no assoalho;
- Modificou o teor do caractere da 10ª posição do NIV, que deixou de representar o ano de fabricação do veículo e passou a indicar o modelo (na prática, o ano-modelo)¹;
- Instituiu uma plaqueta ou etiqueta destrutível quando de sua remoção com a inscrição do ano de fabricação do veículo;
- Determinou que os veículos importados possuíssem o NIV originalmente gravado conforme a ABNT 6066/80.

¹ No período de vigência da Resolução nº 691/88, ou seja, de 1988 a 1998, era obrigatório inserir, na 10ª posição do NIV, o caractere representativo do ano de fabricação do veículo.

Embora as Resoluções nº 659/85 e nº 691/88 tenham sido revogadas pela Resolução nº 24, de 21 de maio de 1998, é importante conhecê-las, pois os veículos fabricados na época de suas vigências seguem os critérios estabelecidos por elas (MIZIARA e BARROS, 2008).

1.3. Critérios de identificação veicular em vigência no Brasil

No Brasil, o critério de identificação de veículos está estabelecido em diversas resoluções do CONTRAN. Estão em vigor as Resoluções 282/08 (voltada à verificação da identificação dos motores), 024/98 (estabelece critérios diversos de identificação), 231/07 e 309/09 (estabelece critérios para fabricação e lacre das placas de identificação) do CONTRAN (CECERE, 2010).

A Resolução 024/98, em vigor desde 1º de janeiro de 1999, revogou a de número 691/88 do CONTRAN. As principais alterações nela contidas foram: a obrigatoriedade do cumprimento dos critérios de identificação estabelecidos tanto para os veículos nacionais quanto para os importados, a obrigatoriedade de duas etiquetas de identificação, e não mais três, e a utilização do ano modelo ao invés do ano de fabricação na décima posição do número de identificação do veículo (NIV), tendo sido mantidos todos os demais critérios de identificação (CECERE, 2010).

A Resolução 282/08 (revogou as Resoluções 199/06 e 250/07), em vigor desde 26 de junho de 2008, estabeleceu critérios para verificação da identificação dos motores dos veículos nacionais e importados, quando da ocorrência de transferência ou após receberem modificações (CECERE, 2010).

As Resoluções 231/07 e 309/09 estabelecem os critérios de fabricação e lacre das placas de identificação dos veículos em circulação no Brasil.

A Tabela 1 resume a evolução da legislação sobre identificação veicular no Brasil.

Tabela 1: Evolução da legislação sobre identificação veicular (MIZIARA e BARROS, 2008; CECERE, 2010)

	Antes da NBR 6066/80	Após adoção da NBR 6066/80 até edição das Res. 659/85 e 691/88	Durante o período de 1988 a 1994 - Vigência das Res. 659/85 e 691/88	Durante o período de 1994 a 1998 - Vigência das Res. 659/85 e 691/88 e da Port. 01/94	Após edição da Res. 24/98
Padrão do VIN (Veículos Nacionais)	VIN com variadas quantidades de caracteres, gravado na estrutura do veículo	VIN com 17 caracteres, gravado na estrutura do veículo	VIN com 17 caracteres, gravado na estrutura do veículo	VIN com 17 caracteres, gravado na estrutura do veículo	VIN com 17 caracteres, gravado na estrutura do veículo
Padrão do VIN (Veículos Importados)	VIN com variadas quantidades de caracteres, gravado na estrutura do veículo	VIN com variadas quantidades de caracteres, gravado na estrutura do veículo	VIN com variadas quantidades de caracteres, gravado na estrutura do veículo	Veículos com duas gravações de VIN: Uma no padrão estrangeiro e outra no padrão brasileiro	VIN com 17 caracteres, gravado na estrutura do veículo
Demais elementos de identificação	-	-	3 etiquetas auto-destrutivas contendo o VIS	3 etiquetas auto-destrutivas contendo o VIS	2 etiquetas auto-destrutivas contendo o VIS *Eliminada a obrigatoriedade de etiqueta no assoalho
	-	-	Gravação do VIS em vidros	Gravação do VIS em vidros	Gravação do VIS em vidros
	-	-	-	-	Uma plaqueta auto-destrutiva contendo o ano de fabricação
Critério de preenchimento da 10ª posição do VIN	Diversos critérios (até ausência de indicação do ano)	Ano-fabricação ou ano-modelo na 10ª posição	Ano-fabricação na 10ª posição	Ano-fabricação na 10ª posição	Ano-modelo na 10ª posição

1.4. A codificação VIN

O VIN é uma combinação alfanumérica de 17 caracteres, designada a um veículo pelo fabricante para sua identificação, segundo a norma brasileira ABNT NBR 6066/09. Esta Norma aplica-se aos veículos rodoviários e seus reboques, exceto motocicletas, conforme definido na ABNT NBR 6067/07.

1.4.1. Requisitos Gerais

Apenas os seguintes algarismos arábicos e letras romanas podem ser usados para compor o VIN (ABNT NBR 6066/09):

- a) os números 1 2 3 4 5 6 7 8 9 0;
- b) Letras A B C D E F G H J K L M N P R S T U V W X Y Z.

NOTA: As letras I, O e Q não devem ser usadas (ABNT NBR 6066/09).

1.4.2. Divisores

Os divisores podem ser utilizados nos limites de cada linha e entre as seções do VIN, no entanto, não devem aparecer na documentação do veículo (ABNT NBR 6066/09).

Os divisores a serem usados serão determinados pelo fabricante/montador, no entanto, não devem ser utilizados símbolos ou caracteres que possam ser semelhantes à numeração ou letras do VIN e que poderia ser confundido com eles (ABNT NBR 6066/09).

1.4.3. Exibição e localização do VIN

Quando estampado ou montada em um veículo, o VIN pode ser representado em uma ou duas linhas, sem vazios e sem omitir qualquer das suas seções.

O VIN deve ser localizado no lado direito do veículo e, se possível, na metade da frente, numa localização facilmente visível. A sua localização deve ser descrita em "Manual do Proprietário" ou equivalente. Quando, por razões de regulamentação, o VIN puder ser observado a partir do exterior do veículo, deverá ser localizado no interior do compartimento do passageiro ao lado das colunas do para-brisas (NBR ABNT 6066/09).

1.4.4. Fixação do VIN

Existem dois métodos alternativos para a fixação do VIN do veículo, que podem ser adotados ao mesmo tempo, a critério do fabricante / montador (NBR ABNT 6066/09):

1. Gravar diretamente sobre uma parte integrante do veículo, tais como a estrutura de chassis, ou no caso de veículos com uma estrutura integrada do corpo / chassis, numa parte que não pode ser facilmente removido ou substituída;
2. Gravar em uma plaqueta que é permanentemente afixada no veículo de acordo com a alínea anterior.

NOTA: A gravação referida nas alíneas (a) e (b) pode estar em alto ou baixo relevo.

Os caracteres utilizados em VIN gravados devem ter uma altura mínima de 7 mm, se gravados diretamente no veículo (alínea a), ou 4 mm se estampados numa placa (alínea b).

1.4.5. Conteúdo básico do VIN

A Figura 1 apresenta a distribuição de caracteres do VIN, divididos por seção e posição.

Seção	1ª - WMI			2ª - VDS						3ª - VIS							
Caracter	L ou N	N	N	N	N												
Posição	1ª	2ª	3ª	4ª	5ª	6ª	7ª	8ª	9ª	10ª	11ª	12ª	13ª	14ª	15ª	16ª	17ª

Figura 1 - Conteúdo do VIS, segundo a ABNT NBR 6066/09.

Onde, L = letra, N = numeral

1ª Posição: Continente de fabricação

2ª Posição: País de fabricação

3ª Posição: Fabricante

4ª a 9ª Posição: Descrição do Veículo (Definido segundo critérios do fabricante)

10ª Posição: Ano modelo

11ª Posição: Indicação da fábrica de montagem

12ª a 17ª Posição: Sequencial de produção

1.4.5.1. Exemplo de leitura do VIN

A Figura 2 apresenta um exemplo de como deve ser lido e interpretado o VIN.

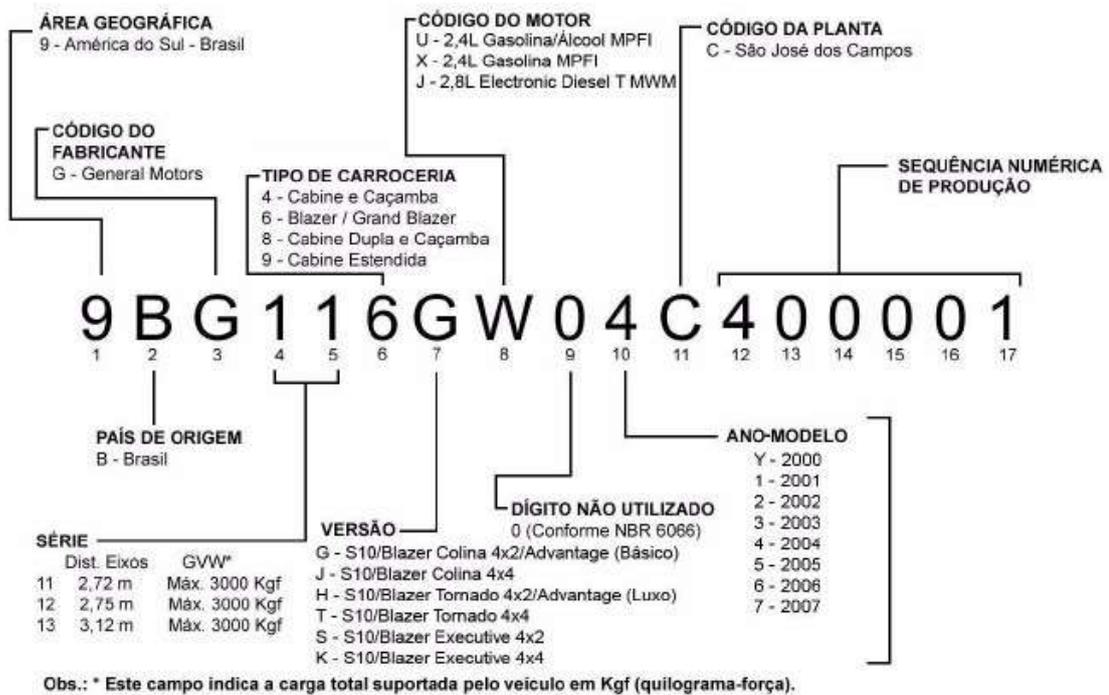


Figura 2 - Exemplo de Leitura do VIN (BIDU, 2015).

1.5. Adulteração dos pontos de identificação de veículos

1.5.1. Tipificação penal relacionada à adulteração de veículos

A Lei nº 9.426/96 alterou o Decreto-lei nº 2.848 – Código Penal – Parte especial, no que diz respeito à receptação qualificada e à adulteração de sinal identificador de veículo automotor. Essa Lei auxiliou a colocar fim nas dúvidas que o servidor da área de Segurança Pública tinha sobre como apreender um veículo e como providenciar o enquadramento do condutor e/ou da pessoa ou grupo criminoso envolvido em falsificá-lo (MIZIARA e BARROS, 2008). Os artigos mais comumente aplicados são:

Art. 155 - Subtrair, para si ou para outrem, coisa alheia móvel:

[...]

§ 5º A pena é de reclusão de três a oito anos, se a subtração for de veículo automotor que venha a ser transportado para outro Estado ou para o exterior.

Art. 157 - Subtrair coisa móvel alheia, para si ou para outrem, mediante grave ameaça ou violência a pessoa, ou depois de havê-la, por qualquer meio, reduzido à impossibilidade de resistência:

Pena - reclusão, de 4 (quatro) a 10 (dez) anos, e multa.

[...]

§ 2º - A pena aumenta-se de um terço até metade:

[...]

IV - se a subtração for de veículo automotor que venha a ser transportado para outro Estado ou para o exterior;

Art. 180 - Adquirir, receber, transportar, conduzir ou ocultar, em proveito próprio ou alheio, coisa que sabe ser produto de crime ou influir para que terceiro, de boa fé, a adquira, receba ou oculte.

[...]

Receptação qualificada:

§ 1º Adquirir, receber, transportar, conduzir, ocultar, ter em depósito, desmontar, montar, remontar, vender, expor à venda, ou de qualquer forma utilizar, em proveito próprio ou alheio, no exercício de atividade comercial ou industrial, coisa que deve saber ser produto de crime.

Art. 311 - Adulteração de sinal identificador de veículo automotor:

Adulterar ou remarcar número de chassi ou qualquer sinal identificador de veículo automotor, de seu componente ou equipamento:

Pena – Reclusão, de três a seis anos, e multa.

§ 1º Se o agente comete o crime no exercício da função pública ou em razão dela, a pena é aumentada de um terço.

§ 2º Incorre nas mesmas penas o funcionário público que contribui para o licenciamento ou registro do veículo remarcado ou adulterado, fornecendo indevidamente material ou informação oficial.

1.5.2. Tipos de fraudes mais comuns

As fraudes aplicadas a adulteração de sinal identificativo veicular são descritas como:

- **Substituição ou adulteração da placa de licenciamento:**

Trata-se da substituição da(s) placa(s) de identificação do veículo por outra(s) inidônea(s), ou simplesmente a adulteração dos algarismos, seja pela descoloração em virtude de ação abrasiva ou pela inserção de fita adesiva. As Figuras 3 e 4 exemplificam fraudes de adulteração de placa de identificação do veículo:



Figura 3 - Veículo com placa adulterada mediante ação abrasiva (Foto: Débora Costabile Soibelman)



Figura 4 - Veículo com placa adulterada mediante inserção de fita adesiva
(Foto: Marco Antônio Teixeira)

- **Adulteração da gravação VIS nos vidros:**

Os vidros dos veículos possuem a codificação VIS gravada pelas montadoras. Eles são uma forma de consulta externa de parte da numeração VIN do veículo, ou seja, sem a necessidade de acesso aos compartimentos internos (porta-malas, interior do veículo e compartimento do motor) sendo, portanto, utilizados por agentes de segurança a fim de se verificar a veracidade do veículo. O processo de adulteração consiste em simplesmente eliminar a gravação de fábrica por meio de ação abrasiva ou, no caso mais comum, eliminar por ação abrasiva e gravar outra codificação inidônea.

A Figura 5 apresenta o aspecto da gravação adulterada do VIS no vidro de um veículo:

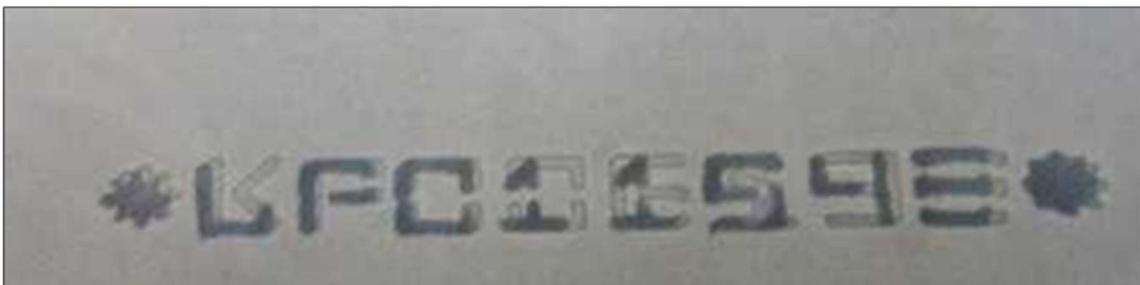


Figura 5 - Vidro com gravação VIS adulterada (FENALTO, 2013)

Por meio do emprego de técnicas criminalísticas é possível identificar a idoneidade da gravação VIS nos vidros. Em grande parte das vezes, somente é possível determinar se a gravação é ou não adulterada, não sendo possível no caso das adulteradas identificar a gravação VIS original.

- **Adulteração das etiquetas identificativas:**

Conforme a legislação vigente, todos os veículos em circulação no Brasil devem possuir, no mínimo, duas etiquetas identificativas contendo a gravação VIS do veículo, sendo uma no compartimento do motor e uma na coluna da porta dianteira direita do veículo (MIZIARA e BARROS, 2008; CECERE, 2010). As etiquetas possuem determinados dispositivos de segurança especificados por lei, dentre eles o fato de serem autodestrutivas. O processo de adulteração consiste em remover as etiquetas originais do veículo e inserir outras etiquetas inidôneas nas mesmas posições.

A Figura 6 mostra uma etiqueta com a gravação original do VIS. A Figura 7 apresenta uma etiqueta não original.

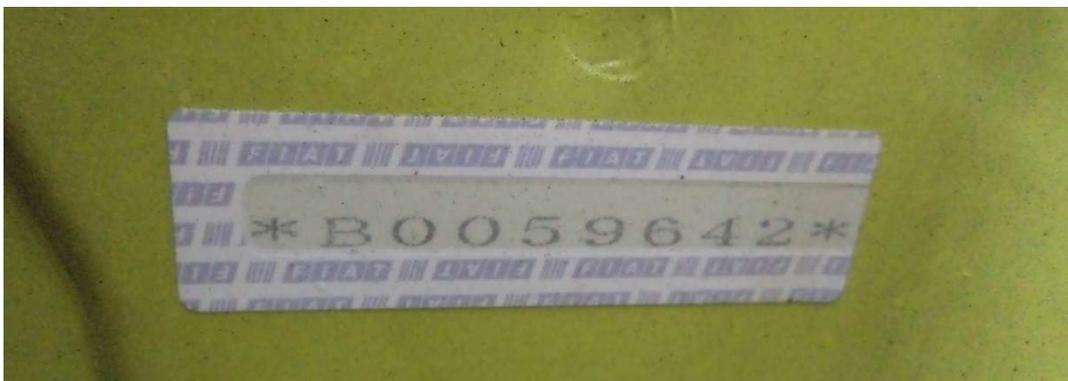


Figura 6 – Etiqueta identificativa original com a gravação VIS (Foto: Erick B Lima)



Figura 7 - Etiqueta identificativa inidônea. Observa-se o fato de que ela não é autodestrutiva

(Foto: Erick B Lima)

- **Adulteração do número de série do motor:**

A numeração serial dos motores é um elemento identificativo de grande relevância na identificação veicular, uma vez que consta no cadastro do veículo na Base Índice Nacional (BIN) - base de dados gerenciada pelo DENATRAN e utilizada pelos órgãos fiscalizadores brasileiros.

A codificação de motor é, assim como a codificação NIV, um elemento passível de adulteração pelos criminosos, porém em menor frequência, devido aos fatores:

- a) Dificil acesso: em muitas das vezes é necessário desmontar partes do maquinário do veículo para ter acesso à gravação do número de motor;
- b) A gravação muitas vezes é posicionada em chapa suporte na condição bruta com elevada rugosidade, ou seja, sem superfície de acabamento, o que tornaria facilmente visível uma tentativa de adulteração.

A Figura 8 exemplifica um motor com numeração adulterada por remarcação. Por meio de simples ampliação fotográfica observa-se vestígios da ação abrasiva utilizada no processo de eliminação da gravação original, bem como observa-se a baixa qualidade da falsa gravação, que apresenta caracteres irregulares.

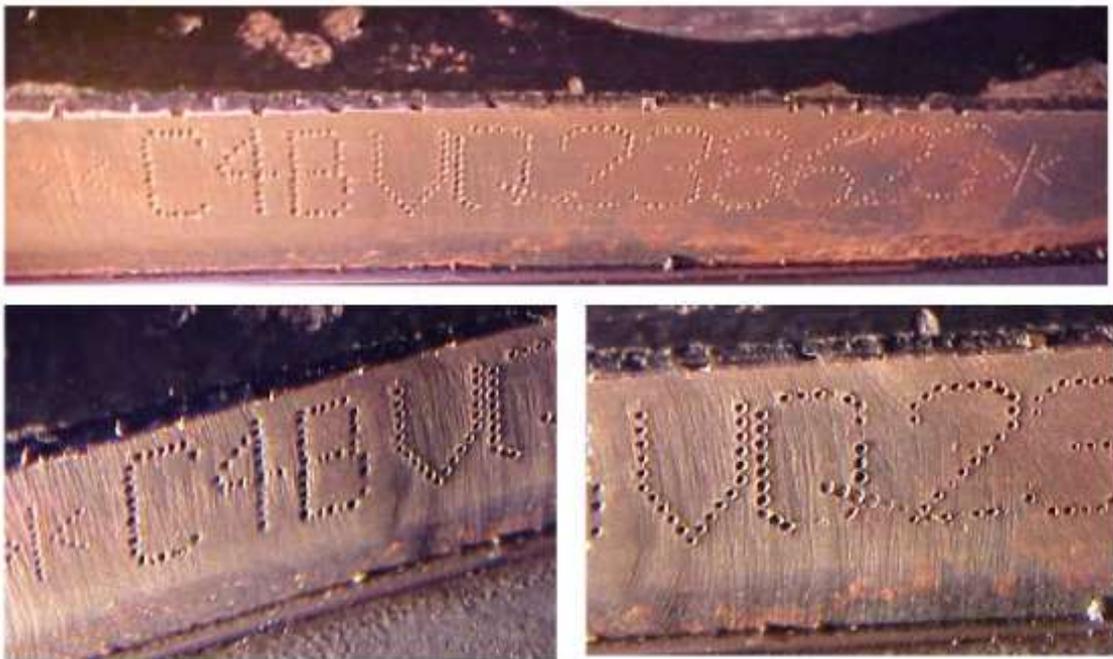


Figura 8 - Numeração de motor adulterada por remarcação (TERCEIRA VISÃO, 2009)

- **Adulteração da gravação do Número de Identificação Veicular:**

Conforme tipificado no Art. 311 do código penal, a adulteração ou remarcação do número de chassi ou qualquer sinal identificador de veículo automotor, de seu componente ou equipamento é crime. A principal ferramenta de identificação de um veículo é o seu Número de Identificação Veicular (NIV), em geral gravado no chassi, monobloco ou longarina do veículo. Dentre todas as formas de adulteração anteriormente expostas (adulteração nas placas de identificação, na gravação VIS dos vidros, nas etiquetas de identificação VIS e na numeração do motor), o principal argumento do poder judiciário em confirmar a intencionalidade em se adulterar a identificação de um veículo consta na análise pericial do seu NIV.

São conhecidos diversos sistemas de adulteração do NIV, detalhados na forma como segue (MIZIARA e BARROS, 2008; CECERE, 2010):

- Eliminação total ou parcial da gravação do NIV:** neste sistema, a gravação do NIV é eliminada por ação abrasiva, contundente ou corrosiva, sendo este último caso passível de ocorrer naturalmente em veículos de idade avançada, devendo ser criteriosamente avaliado.

- b) Regravação:** consiste em remover a gravação NIV ou parte dela, por ação abrasiva, e regravar com outros caracteres.
- c) Adulteração de caracteres:** neste processo ocorre a adulteração de alguns caracteres, de forma a serem transformados em outros de contornos semelhantes. Exemplos: O número "3" é muito utilizado na adulteração por ser facilmente transformado no número "8", a letra "F" é transformada em letra "E", a letra "P" é transformada na letra "R", entre outros possíveis.
- d) Implante ou Enxerto:** nesta modalidade, a chapa suporte com a gravação do NIV é ocultada pela sobreposição de outra chapa metálica, com uma nova gravação NIV. Esta nova chapa metálica pode ser uma chapa virgem, com gravação NIV inidônea ou pode ser uma chapa metálica com gravação NIV idônea, tendo sido retirada de outro veículo.
- e) Transplante:** consiste na remoção da chapa suporte com a gravação NIV por ação cortante e posterior recolocação de outra chapa suporte idônea (pertencente a outro veículo). Em geral, a recolocação da chapa suporte ocorre por meio de processos de soldagem.
- f) Mudança de posição:** neste sistema, a gravação NIV do veículo é eliminada por ação abrasiva e uma nova gravação, inidônea, é realizada em outro local no veículo. Em geral ocorre em veículos cuja montadora alterou a posição da gravação NIV em diferentes versões e em veículos cuja gravação NIV é realizada em longarina.
- g) Remontagem:** consiste em utilizar parte de um veículo, dianteira ou traseira, onde a gravação NIV original esteja preservada e montar na parte complementar de outro veículo produto de roubo ou furto.

Segundo MIZIARA e BARROS (2008), com relação à sua essência (natureza, idoneidade e credibilidade), o VIN pode ser:

- **Original** - Aquele gravado, manual ou mecanicamente, pela fábrica para individualizar o veículo;

- **Regravado legalmente** - Aquele, equivalente à verdadeira codificação, gravado no veículo quando a codificação original tiver sido danificada por corrosão, acidente ou fraude (após a recuperação do veículo);
- **Regravado ilegalmente** - Aquele que não equivale à verdadeira codificação, gravado fraudulentamente para uso próprio ou para comercialização;
- **Adulterado** - Aquele decorrente de modificação da própria codificação original, através de alteração de letras ou números;
- **Enxertado ou implantado** - Aquele, de gravação original ou não, que é sobreposto ou que assume o lugar da codificação original (que se camufla ou se esconde), sem que esta seja retirada do veículo;
- **Transplantado** - Aquele inserido no veículo em substituição à sua codificação original.

As Figuras 9, 10, 11, 12 e 13 demonstram os principais tipos de adulteração realizados na gravação NIV.



Figura 9 - Regravação total - Foto de uma nova gravação feita em cima da anterior (MIZIARA e BARROS, 2008).



Figura 10 - Reengravação parcial, onde o adulterador gravou o número "4" sobreposto ao número "0" (MIZIARA e BARROS, 2008).



Figura 11 - Implante ou Enxerto. A gravação original do NIV encontrava-se oculta pela sobreposição de chapa metálica com outra gravação NIV (MIZIARA e BARROS, 2008).



Figura 12 - Transplante. Na imagem é possível observar o cordão de solda que circunda a chapa suporte da gravação NIV (MIZIARA e BARROS, 2008).



Figura 13 - Mudança de posição. A gravação original foi eliminada e uma nova gravação (inidônea) foi realizada (MIZIARA e BARROS, 2008).

1.5.3. O passo-a-passo da adulteração de veículos

Diante dos processos de adulteração mais comumente utilizados expostos anteriormente e com informações obtidas junto ao Setor de Perícia de Veículos do ICCE - Instituto de Criminalística Carlos Éboli, órgão da Polícia Civil do Estado do Rio de Janeiro - pode-se descrever o passo-a-passo do crime de adulteração de veículos. Será exemplificado a seguir o processo de adulteração mais comumente utilizado, que consiste na regravação do NIV.

1.5.3.1. *Adulteração por regravação*

Nestes cenários, o criminoso está em posse de um veículo proveniente de roubo ou furto e deseja obter vantagem econômica transformando este produto ilegal em outro que se possa comercializar livremente. Para tal faz-se necessário modificar os pontos de identificação que remetem ao veículo ilegal. Uma vez que não é possível criar um novo número de identificação veicular, o criminoso então utilizará um outro já existente e em situação de circulação regular, ocasionando no que se denomina "clone" ou "veículo clonado".

O primeiro passo realizado neste veículo é a substituição das placas de licenciamento.

A seguir tem-se a regravação do NIV. O adulterador desbasta a gravação do número de identificação veicular original e efetua gravação de outro número de identificação veicular. Esta circunstância pode ser verificada pelo exame do revestimento de pintura que recobre a região da gravação do número de identificação do veículo utilizando-se solvente adequado, uma vez que a pintura original do fabricante não sofre a ação deste solvente, pela verificação do verso da chapa onde se encontra a gravação, buscando vestígios de rebatimento, pela análise do processo de confecção da gravação (cunhagem, ponto a ponto, ponto sobre ponto e a laser) e pela configuração dos respectivos caracteres e ainda corroborada pelo ataque químico (exame metalográfico) na respectiva superfície de gravação, objetivando a revelação de caracteres latentes (CECERE, 2010).

Os próximos passos a serem seguidos pelos adulteradores neste veículo serão a regravação da numeração VIS dos vidros e a adulteração das etiquetas identificativas.

Em casos mais elaborados, será também adulterada a gravação do número de série do motor.

1.6. Identificação da gravação NIV original de um veículo adulterado

Para entender os procedimentos de revelação do NIV original de um veículo cuja gravação foi adulterada por remarcação é necessário primeiramente conhecer como funciona a gravação do número de identificação veicular, realizado pelas montadoras.

1.6.1. Processo de gravação do NIV

Por meio de observação dos Números de Identificação Veicular de veículos de diferentes marcas e modelos e a partir de visitas a algumas montadoras automobilísticas, foram identificadas três diferentes metodologias para a gravação do NIV: estampagem, riscagem e microfusão.

O método de gravação por riscagem consiste em utilizar uma ferramenta pontiaguda, geralmente de diamante ou metal duro, que penetra na superfície do metal e se movimenta lateralmente, provocando arrancamento de material. A trajetória do deslocamento da ferramenta provoca a gravação do NIV. Esta metodologia é utilizada pelas montadoras francesas Peugeot e Citröen. São aplicadas em chapas de fina espessura (aproximadamente 1 mm). Diferentemente do método de estampagem, a riscagem não acarreta em grande área de deformação plástica no entorno da gravação NIV.

O método de gravação por microfusão consiste na utilização de um feixe de laser em temperatura suficiente para fundir o metal pontualmente. Esse feixe se desloca lateralmente, em trajetória que acarreta no formato do caractere a ser gravado. Este processo é utilizado em chapas de grande espessura, ou seja, em veículos do tipo caminhonete, cuja gravação do NIV ocorre na longarina de sustentação.

Na maioria das montadoras, o processo de gravação do NIV nos veículos ocorre por estampagem, também conhecida como trabalho a frio, que consiste em gravar os caracteres alfanuméricos e símbolos dos fabricantes (divisores) usando uma máquina de pressão (KUPPUSWAMY, 2011) sobre punções.

Uma das principais características do método de gravar o NIV por estampagem consiste em que a profundidade da gravação do caractere do NIV na chapa metálica dependerá da dureza da superfície do metal e da pressão aplicada pela máquina. Nesta região se originará uma zona de deformação plástica, que é mais profunda do que a gravação visível do caractere (KUPPUSWAMY, 2011). Essa região é considerada fundamental para a identificação do NIV original do veículo (KUPPUSWAMY, 2011; PUENTES, et al., 2012).

Esse fenômeno ocorre porque quando números ou marcas são estampados a frio sobre metal, a estrutura cristalina deste, na região atingida pela impressão e nas imediatamente adjacentes, sofre alterações. Esta alteração da estrutura cristalina, sob as regiões estampadas, atinge, dentro do metal, distância apreciável, em profundidade, além daquela atingida pela estampagem propriamente dita, mas é invisível quando as impressões em baixo relevo da estampagem são removidas por ação mecânica - desgaste mediante abrasivos, com rebaixamento da superfície do metal (TURLEY, 1987; POLK e GIESSEN, 1989; COLLINS,

1999; QUINTELA e LAITANO, 1998, PETTERD, 2000; KATTERWE, 2006; HOGAN et al, 2006).

WIGHTMAN e MATTHEW (2008) estudaram o comportamento da profundidade da impressão, de acordo com a força aplicada na estampagem. Os resultados são expressos na Figura 14.

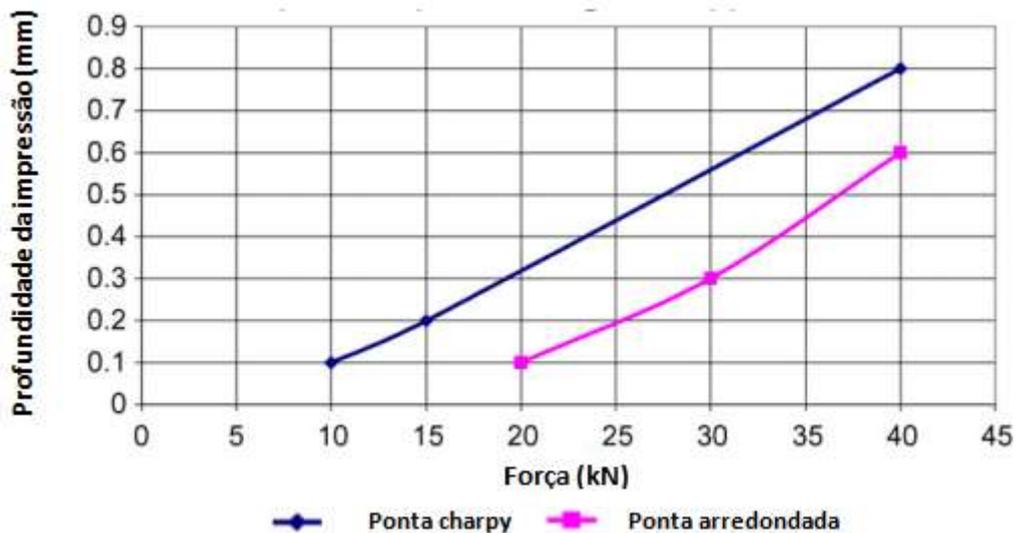


Figura 14 - Gráfico Profundidade de impressão x Força aplicada na estampagem (WIGHTMAN e MATTHEW, 2008).

Os autores WIGHTMAN e MATTHEW (2008) também modelaram a dimensão da região adjacente a região estampada, que sofreu deformação plástica. O modelo utilizado foi uma esfera, com centro na ponta do punção. Foram utilizadas técnicas de metalografia colorida (*color etching*) e ensaios de impacto (*Charpy*). A partir da Equação 1, eles determinaram o raio da esfera (r), em função da força aplicada na estampagem (F) e do limite de elasticidade do material (E).

$$r^2 = \frac{F}{4\pi E} \quad (\text{Equação 1})$$

Substituindo os valores $F = 20\text{kN}$ e $E = 500\text{ MPa}$, o valor de r encontrado foi 1,8 mm, o que sugere que ocorre a deformação plástica até uma profundidade de 1,8 mm abaixo da impressão visível. Este valor é consistente com as profundidades de recuperação observados

nos ensaios realizados por WIGHTMAN e MATTHEW (2008), embora tenha sido valor um pouco mais elevado. Isto porque, na fronteira não seria possível recuperação alguma e a deformação seria muito pequena quando próximo deste limite, podendo portanto não ser recuperável. Os autores consideraram 1 mm como limite máximo recuperável, a uma força de 20 kN aplicada na estampagem (WIGHTMAN e MATTHEW, 2008).

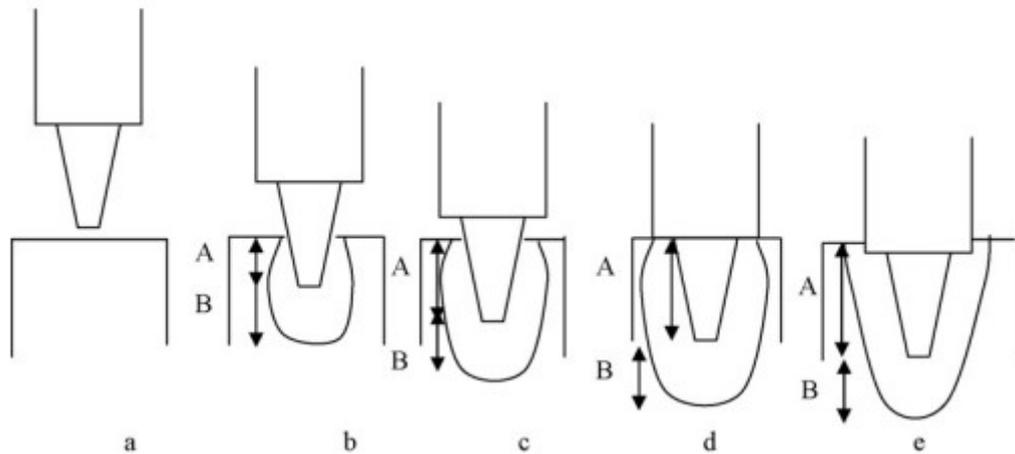


Figura 15 - Modelagem utilizada na determinação da deformação plástica latente em região adjacente à região estampada. A dimensão (A) representa a profundidade estampada e a dimensão (B) representa a profundidade afetada de forma latente (WIGHTMAN e MATTHEW, 2008).

Os veículos que sofreram processos de adulteração por remarcação, dependendo da intensidade do desgaste, podem ser identificados por meio da revelação do NIV original utilizando-se algumas técnicas específicas, dentre as quais destacam-se dois grupos, que serão aqui denominados 1) ataque químico e 2) ataque eletroquímico.

1.6.2. Ataque químico

O exame químico metalográfico, também conhecido como "ataque químico", tem como finalidade revelar a identificação alfanumérica original (gravada pela montadora) dos veículos adulterados (CASTRO, 2008).

O ataque químico é reconhecido como a técnica mais sensível para a revelação de números de série adulterados (BAHARUM, KUPPUSWAMY e RAHMAN, 2008; YIN e KUPPUSWAMY, 2009; BONG e KUPPUSWAMY, 2010; KUPPUSWAMY, 2011; JIN, 2012; WAHAB, GHANI e KUPPUSWAMY, 2012; KESHARWANI, GUPTA e MISHRA, 2013).

Em materiais metálicos, o ataque químico pode revelar as características dos cordões de solda, a profundidade de penetração, a diluição do metal de adição, porosidades e trincas, e a extensão da zona termicamente afetada. No caso de tratamentos térmicos, o ataque químico irá revelar pontos de concentração de tensões, formação de trincas, profundidade afetada no caso de endurecimento superficial em aços, profundidade afetada em caso de cementação em aços, bem como a eficácia dos revestimentos aplicados na superfície (PURDY, 2004).

O estudo químico metalográfico tem se desenvolvido por muitos anos por meio de testes empíricos, que têm dado lugar ao uso de diferentes reagentes (KATTERWE, 2006; YIN e KUPPUSWAMY, 2009), em que se deve levar em conta variáveis como: material a ser atacado (BAHARUM, KUPPUSWAMY e RAHMAN, 2008; WAHAB, GHANI e KUPPUSWAMY, 2012), a liga desse material (YIN e KUPPUSWAMY, 2009; BONG e KUPPUSWAMY, 2010; WAHAB GHANI e KUPPUSWAMY, 2012;), a profundidade da gravação e a profundidade do desbaste realizado no processo de eliminação (ZAILI, KUPPUSWAMY e HAFIZAH, 2006; YIN e KUPPUSWAMY, 2009; WAHAB, GHANI e KUPPUSWAMY, 2012).

QUINTELA e LAITANO (1998) esclarecem os princípios da revelação metalográfica por meio de ataque químico, ao escreverem que, quando reagentes apropriados são aplicados nas regiões do metal que tenha ocorrido remoção mecânica, a regeneração dos sinais ou números estampados é possível, por meio das alterações correspondentes da estrutura cristalina, tornando-se temporariamente visíveis os vestígios latentes. Isso porque o reagente, embora ataque toda a superfície do metal, atacará mais rapidamente as porções onde o metal fora comprimido pela estampagem, pois a estrutura cristalina sofreu alteração e encruamento.

Um dos primeiros métodos utilizados para a revelação dos caracteres suprimidos foi a utilização do reagente FRY, em 1921, sendo até hoje um dos mais populares (KUPPUSWAMY, 2011). Ele provou ser eficaz em chapas de aço médio carbono (YIN e KUPPUSWAMY, 2009), bem como em chapas de baixo carbono (YIN e KUPPUSWAMY, 2009; WAHAB, GHANI e KUPPUSWAMY, 2012).

WIGHTMAN e MATTHEW (2008) estudaram a tripla correlação entre a profundidade da estampagem, a profundidade de material retirado na ação abrasiva de

eliminação e a capacidade ou não de ser revelada a gravação original utilizando-se o reagente FRY em chapas de aço. Os dados seguem expressos na Tabela 2.

Tabela 2 - Correlação entre a profundidade da estampagem, a profundidade de material retirado na ação abrasiva de eliminação e a capacidade ou não de ser revelada a gravação original utilizando-se o reagente FRY (WIGHTMAN e MATTHEW, 2008).

Profundidade da estampagem (mm)	Metal removido na ação abrasiva (mm)					
	0,25	0,50	0,75	1,00	1,25	1,50
0,1	Sim	Sim	Não	Não	Não	Não
0,3	-	Sim	Sim	Sim	Sim*	Não
0,6	-	-	Sim	Sim	Sim**	Não

* Pouco contraste

** Muito pouco contraste

Em números de série (NIV) de motocicletas e motores com liga de alumínio, foi realizado ataque químico alternativo à base de ácido fosfórico e hidróxido de sódio, apresentando bons resultados de revelação. O resultado foi atribuído ao uso do ácido, embora o tempo necessário para o processo tenha sido de várias horas (BONG e KUPPUSWAMY, 2010).

Foram revelados número de série de motores de motocicleta de liga de alumínio, utilizando hipoclorito de sódio (OSPINA et al., 2012).

Em chapas de aço cujos números de série foram apagados por lixamento, estes foram recuperados por ataque químico à base de cloreto férrico, ácido clorídrico e ácido nítrico, utilizado para melhorar o contraste e visualização (KESHARWANI, GUPTA e MISHRA, 2013).

CERÓN et al. (2014) obtiveram resultados satisfatórios para a revelação de números de série de veículos cujos NIV's foram eliminados por lixamento, utilizando o reagente FRY para revelação e posteriormente utilizando um reagente à base de ácido nítrico (HNO_3) para aumentar o contraste e facilitar a visualização do NIV original.

Ácido clorídrico (HCl) em proporção de 1 para 1 na água é um reagente comumente utilizado para ligas de ferro e aço. Trata-se de uma mistura azeotrópica, o que significa, em outras palavras, que não muda de composição, enquanto se evapora. Novas quantidades de solução podem ser adicionadas como reposição, sem receio de que a composição do lote vá

mudar. Claro que, eventualmente, o lote vai acumular sais de ferro que podem retardar o ataque químico, tendo de ser então o reagente substituído. Outros reagentes utilizados são do tipo não azeotrópicos, ou seja, mudarão de composição com o passar do tempo, mesmo à temperatura ambiente (PURDY, 2004).

Para a revelação de caracteres suprimidos na gravação NIV, QUINTELA e LAITANO (1998) recomendam a utilização do reagente conhecido como Bessmann-Haemers. Trata-se de 120 mL de ácido clorídrico, 130g de cloreto férrico, 80g de cloreto cúprico e 1000 mL de álcool metílico (metanol). Este reagente é utilizado pelo ICCE tanto para revelação de gravações NIV quanto para gravações de número de série de armas de fogo eliminadas ou adulteradas.

O METALS HANDBOOK (ASM, 2004) sugere outros reagentes que podem ser aplicados em casos específicos, conforme a Tabela 3:

Tabela 3 - Reagentes para revelação de microestrutura em aços ASM, 2004).

Composição	Temperatura (°C)	Tempo (minutos)	Comentários
50% HCl - 50% H ₂ O	70 – 80	15 – 60	Utilizar adicionalmente uma solução de HNO ₃ a 10% após a limpeza.
38% HCl - 12% H ₂ SO ₄ - 50% H ₂ O	70 – 80	15 – 60	
6% de HCl e 1% de HBO ₃ em água	Temperatura ambiente	Variado	Ataque eletrolítico
Solução saturada de ácido pícrico em H ₂ O (~20 g/L) com 1 a 10% tridecil benzeno sulfonato de sódio. (Adicionar 1% de HCl quando usado em ligas de aço)	50 (aprox.)	5 – 30	Revela estrutura primária em aços fundidos e soldados
10g de (NH ₄) ₂ S ₂ O ₈ em 100 mL de H ₂ O	Temperatura ambiente	1 – 10	Revela segregação e linhas de fluxo
10 a 30 mL de HNO ₃ em 100 mL de água	Temperatura ambiente	0,5 – 2	
2,5g de CuCl ₂ , 10g de MgCl ₂ , 5 mL de HCl, 250 mL de etanol. Dissolver os sais em HCl. Diluir em 250 a 500 mL de etanol.	Temperatura ambiente	5 – 30	Reagente de Stead; revela segregação de fósforo
90g de CuCl ₂ , 120 mL de HCl, 100 mL de H ₂ O	Temperatura ambiente	5 – 30	Reagente Fry. Usado para revelar descontinuidades produzidas em chapa de aço laminados e peças forjadas

Segundo a fabricante de equipamentos metalográficos denominada GURTEQ (GURTEQ, 2014), o método de ataque químico é caracterizado pelo uso das substâncias tóxicas (reagentes como Hatcher, Bessemann-Haemers, FRY I e FRY II, WAZAU, etc.), tendo como base da sua composição os ácidos. O procedimento consiste em aplicação de

reagentes com propósito de deixar o local examinado de “molho” por algum tempo e posterior análise dos resultados de ação dos reagentes na superfície do local analisado. As normas de trabalho exigem utilização das luvas e de respirador. Para controlar o resultado de revelação é necessário interromper periodicamente o processo para avaliação visual dos resultados. Caso a revelação não possa ser visualizada, a aplicação de reagente se repete. É recomendável começar o procedimento com aplicação das reagentes com potencial de reação mais fraca, passando depois para reagentes mais fortes, ou seja, com maior concentração de ácido. A aplicação de calor é aconselhada para acelerar o processo, sendo geralmente utilizada uma fonte térmica de 200W por alguns minutos. O contato do reagente com demais partes do automóvel é indesejável, pois pode levá-los a danos. Dependendo do tipo da adulteração e do material da superfície analisada, o ataque químico pode levar horas e em várias situações não apresenta o resultado desejado. O processo é de alto grau destrutivo, ou seja, danifica a marcação analisada e em maioria dos casos acaba com sua integridade (GURTEQ, 2014).

É importante ressaltar que, na hipótese do desgaste abrasivo ser intenso o bastante para remover as porções subjacentes afetadas pela cunhagem, os resultados do exame químico serão forçosamente negativos. Na prática, porém, tem-se observado que casos de remoção total dos vestígios latentes são raros, pela simples razão de que o criminoso não deseja danificar desnecessariamente o objeto furtado, mas simplesmente eliminar deste os seus sinais visíveis de identificação. Por isso, via de regra, ele se satisfaz com a remoção de, tão somente, o relevo superficial dos algarismos e sinais visíveis impressos pelas matrizes e punções (QUINTELA e LAITANO, 1998).

A visualização dos vestígios latentes após a realização do ataque químico é possível, eis que os números originais não coincidem exatamente com a forma e posição dos números inseridos pelos criminosos, sendo então observados em posição deslocada à gravação das montadoras (QUINTELA e LAITANO, 1998).

A regeneração dos algarismos adulterados é fugaz, isto é, os vestígios desaparecem logo após se tornarem visíveis o bastante para permitir sua percepção. Sua persistência, contudo, conquanto breve, alcança tempo suficiente para que os indícios revelados possam ser prontamente fotografados. Até o momento não se descobriu nenhum processo ou meio eficaz de perpetuar, na própria superfície do metal, os vestígios revelados (QUINTELA e LAITANO, 1998).

1.6.2.1. Aplicação do método de ataque químico

O primeiro passo para a aplicação do ataque químico é a preparação da superfície a ser atacada. Se a região estiver pintada é necessário remover a tinta, usando-se para isso solvente apropriado (QUINTELA e LAITANO, 1998). A superfície também deve ser limpa com o objetivo de remover todos os vestígios de graxa ou óleo. Qualquer método de limpeza que remova óleo e gordura e que não seja contaminante ou oxidante será satisfatório. Solventes ou água quente com um detergente apresentam bons resultados. Caso seja necessário, à superfície podem ser aplicadas lixas de fina granulometria para remover impurezas superficiais (QUINTELA e LAITANO, 1998; PURDY, 2004). Após a limpeza, uma última lavagem pode ser feita com líquido volátil, não deixando nenhum resíduo para trás. Álcool ou acetona são lavagens finais populares. Uma vez que a superfície tenha sido limpa, muito cuidado deve ser tomado para certificar-se de que não seja recontaminada, principalmente tocando-a com os dedos (PURDY, 2004).

Por exemplo, o método de aplicação do reagente Bessmann-Haemers consiste em, com o auxílio de um bastão de vidro, embeber algodão no reagente e aplicá-lo na superfície a ser atacada. A aplicação deve ser sempre na direção horizontal e no mesmo sentido. Após a aplicação, aguardar cinco minutos e aplicar novamente o reativo. Após a quinta aplicação, deixar repousar por dez minutos. Em seguida remover a camada de óxido que se formou na superfície, por meio de um algodão embebido em água destilada. Verificar se a numeração suprimida já pode ser observada. Caso negativo, repetir todo o procedimento até que seja possível a visualização, em média de dez a doze vezes (QUINTELA e LAITANO, 1998).

1.6.2.1.1. Exemplos de aplicação do ataque químico

As Figuras 16 e 17 exemplificam resultados obtidos dentro do ICCE na revelação de números de série pelo método de ataque químico. Na ocasião, foi utilizado para revelação o reagente Bessmann-Haemers. Na situação da Figura 16, todos os algarismos da gravação

original foram revelados, tendo sido então o veículo identificado, enquanto que na Figura 17 foram encontrados vestígios de adulteração em alguns algarismos, porém não sendo possível determinar a numeração original do NIV. Observa-se também nas imagens, o alto grau de corrosividade que o método ocasionou ao redor da gravação.

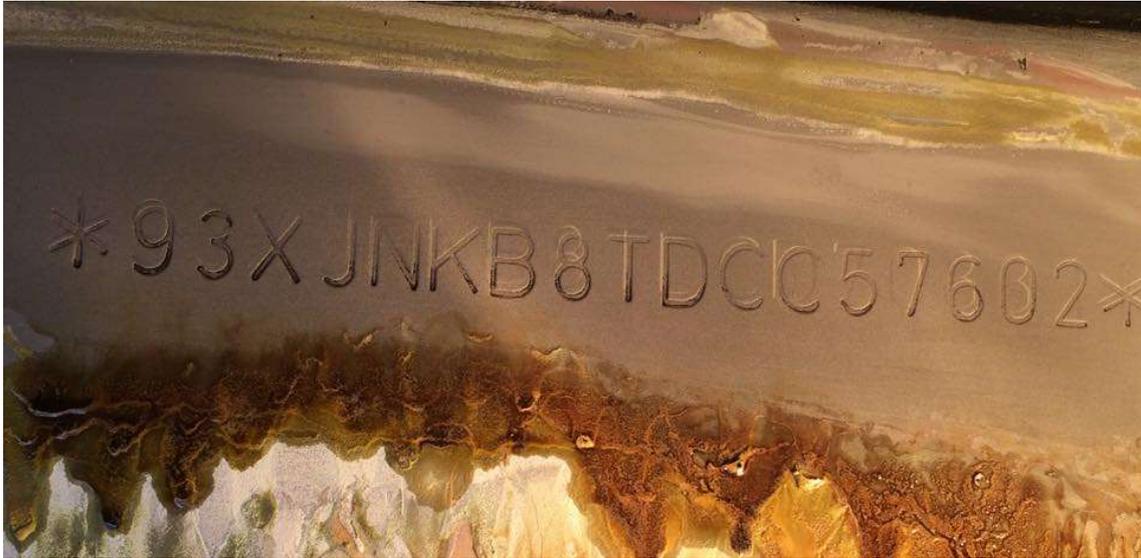


Figura 16 - Veículo identificado pelo método de ataque químico, utilizando o reagente Bessmann-Haemers
(Foto: Erick B Lima).



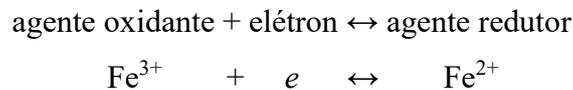
Figura 17 - Vestígios de adulteração revelados pelo método de ataque químico, utilizando o reagente Bessmann-Haemers (Foto: Erick B Lima).

1.6.3. Ataque eletroquímico

O método de ataque químico exposto anteriormente apresenta alguns inconvenientes que por vezes dificultam ou impossibilitam sua utilização, como por exemplo a exigência de utilização de luvas devido ao alto grau de corrosividade dos ácidos envolvidos, necessidade de respiradores e até mesmo capela de exaustão devido à toxicidade dos gases emanados no processo (GURTEQ, 2014; MOLINARI et al., 2006). Outro elemento negativo do ataque químico é o fato de se tratar de um exame destrutivo. (GURTEQ, 2014; MOLINARI et al., 2006; QUINTELA e LAITANO, 1998).

Os métodos de ataque químico envolvem um processo de corrosão controlada a partir de (redução) reações catódica e reações anódica (oxidantes). Redução (reação catódica)

envolve a absorção de elétrons, enquanto a oxidação (reação anódica) envolve a emissão de elétrons (ASM, 2004). Por exemplo:



O ataque eletrolítico resulta em diferentes taxas redução-oxidação (redox) para as diferentes fases na superfície da amostra. Todos os metais em contato com as reagentes tendem a se tornar ionizados pela liberação de elétrons. A extensão desta reação pode ser comparada a partir da série electromotriz para o potencial de metais versus o potencial padrão de um eletrodo de referência (ASM, 2004).

Ácidos atacam todos os elementos que sucedem o hidrogênio (H₂). Todos os elementos que precedem o hidrogênio não podem ser atacados sem a adição de um agente oxidante. Portanto, elementos microestruturais de diferentes potenciais eletroquímicos são atacados a taxas variáveis, o que resulta em um contraste microestrutural (ASM, 2004).

A diferença de potencial dos elementos microestruturais provoca uma subdivisão em uma rede de pequenas e adjacentes regiões anódicas e catódicas. Essa diferença de potencial não se dá apenas pela composição das fases, mas também por irregularidades no cristal, provocadas por exemplo por encruamento mecânico. Durante o ataque eletroquímico, a fase mais eletropositiva (anódica) é atacada prioritariamente, enquanto que a fase mais eletronegativa (catódica) é atacada em menor intensidade (ASM, 2004).

Existe grande variedade de reagentes para o método de ataque eletroquímico, incluindo ácidos, soluções alcalinas, soluções neutras, misturas, sais fundidos e gases. A maioria dos reagentes podem ser empiricamente modificados e aplicados a vários materiais (ASM, 2004).

A empresa Gurteq Ensaios Não Destrutivos, desenvolveu em 2005 o equipamento denominado POLIRAIDER (www.gurteq.com/poliraider.html). Este equipamento foi lançado no mercado com o objetivo de substituir o método de ataque químico para a revelação de gravações de números de série eliminados. Segundo seu fabricante, ele emprega o método eletroquímico e baseia-se no efeito de variação das propriedades da estrutura cristalina das

superfícies metálicas e de ligas sujeitas a ação mecânica, eletromecânica e térmica (GURTEQ, 2014). A tecnologia POLIRAIDER é protegida pela patente (PI 0402693-4, RPI Nº 2275, 12.08.2014).

As características do método são semelhantes ao ataque químico: É necessário remover toda a graxa (resíduos de óleo) e a pintura da superfície do metal a ser examinado. Em seguida é aplicado um reagente, não tóxico segundo o fabricante, por meio de uma espátula de cobre energizada, estando ela envolvida por algodão embebido na solução reagente e estando fixado um grampo metálico com o polo negativo do equipamento na chapa metálica a ser analisada. A tensão de saída do equipamento é fixada pelo fabricante em 12V, sendo a corrente variável pelo usuário, na faixa de 3 a 5A. A Figura 18 mostra o equipamento POLIRAIDER comercializado pela empresa GURTEQ.



Figura 18 - Equipamento POLIRAIDER em utilização pelo ICCE (Foto: Erick B Lima).

Em comparação com método de ataque químico, a GURTEQ (2014) considera que a tecnologia POLIRAIDER se destaca com diversas vantagens.

O equipamento em questão - POLIRAIDER - é utilizado pelo ICCE para a identificação veicular, no que tange a revelação do NIV de veículos automotores e ciclomotores que tiveram a sua gravação original adulterada. Na prática diária do ICCE, o equipamento é utilizado calibrando-se uma corrente elétrica aleatória, para a tensão fixada pelo equipamento em 12V. Segundo dados informais do instituto, em aproximadamente 90% dos casos é possível identificar a gravação original que fora suprimida.

A Figura 19 exemplifica o resultado obtido com a utilização do POLIRAIDER.



Figura 19 - Veículo identificado com a utilização do equipamento POLIRAIDER (Foto: Erick B Lima).

1.6.4. Métodos de avaliação de tensões residuais.

A revelação do NIV original em veículos adulterados por remarcação é possível porque o processo de gravação deste, em geral, ocorre por puncionamento, ocasionando alterações na estrutura cristalina de toda uma região no entorno das marcas visíveis na superfície. Essa alteração trata-se de maior grau de encruamento quando em comparação à

uma região distante, isto é, não afetada pelo puncionamento (QUINTELA e LAITANO, 1998).

Partindo deste raciocínio podemos inferir que os resultados da aplicação dos métodos de ataque químico ou eletroquímico estão diretamente correlacionados com o grau de encruamento encontrado na região afetada pela gravação do NIV original. Dentro desse contexto, faz-se necessário medir o nível de tensões residuais no material, em diversas posições, a fim de se melhor compreender o nível de interferência deste parâmetro no êxito das técnicas.

As tensões residuais surgem a partir de desajustes que podem ter muitas origens e escalas de comprimento. Com relação aos aspectos de integridade estrutural, tensões contínuas em uma grande região (tipo I) são geralmente as de maiores preocupações. Tensões na escala dos grãos do material (tipo II), que podem surgir a partir da sua anisotropia ou variação de propriedades, e tensões abaixo da escala granular (tipo III), que surgem a partir de defeitos e precipitados, são geralmente desconsideradas (WITHERS et al., 2008).

Quanto à medição, alguns métodos são baseados na medida da deformação aliviada, devido à remoção localizada de material (métodos destrutivos). Outros são baseados na interação entre o campo de tensões residuais e as propriedades físicas do material (métodos não-destrutivos) (LU, 1996; HAUK, 1997).

A Figura 20 mostra alguns métodos de medição de tensões residuais e seus respectivos alcances (WITHERS et al., 2008).

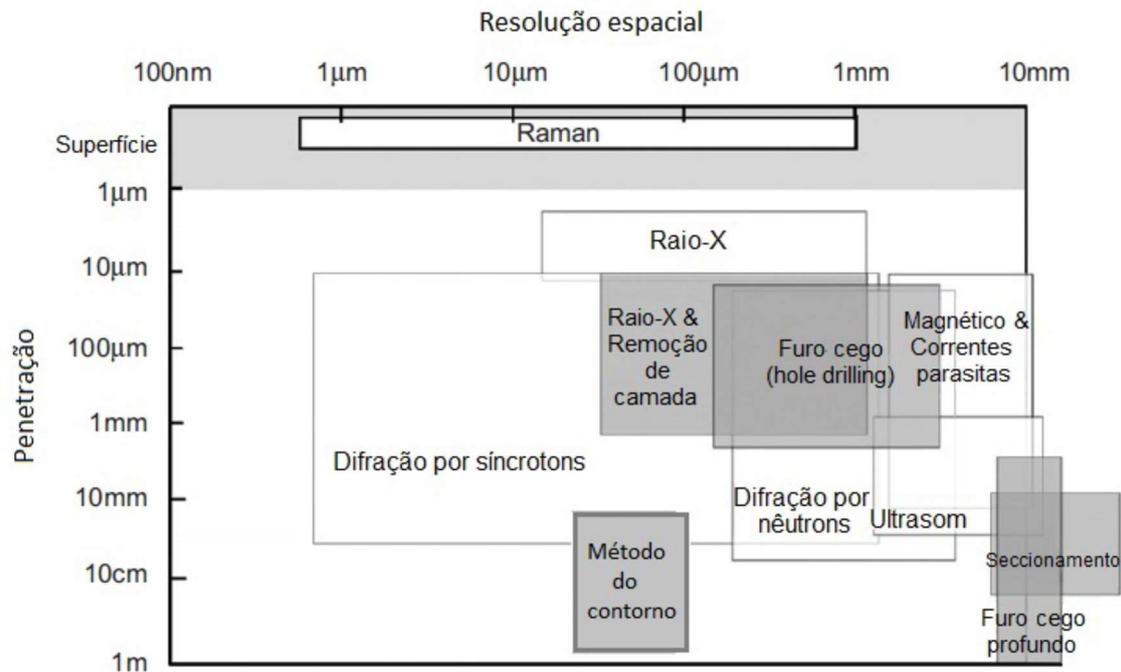


Figura 20 - Indicativo esquemático das capacidades aproximadas dos vários métodos disponíveis atualmente. Os métodos destrutivos estão preenchidos em cinza (WITHERS et al., 2008).

Dentre os principais métodos para medição de tensões residuais (Figura 20), destaca-se a difração de Raios-X.

1.6.4.1. Difração de Raios-X

O método de medição de tensão residual não destrutivo mais utilizado é o método de difração de Raios-X. Nesse método a tensão residual é calculada a partir da medição da deformação no cristal do agregado policristalino e comparada aos parâmetros de rede do cristal deste mesmo material sem deformação (SOUSA, 2012).

Quando um feixe de Raios-X é dirigido para a superfície de um corpo, uma parte desses raios é absorvida pelos átomos enquanto outra parte é enviada de volta em todas as direções da área irradiada. Esse método mede basicamente a intensidade máxima de raios difratados para um determinado ângulo de varredura. A partir desse ângulo é possível obter o espaçamento interplanar dos planos de difração (SOUSA, 2012).

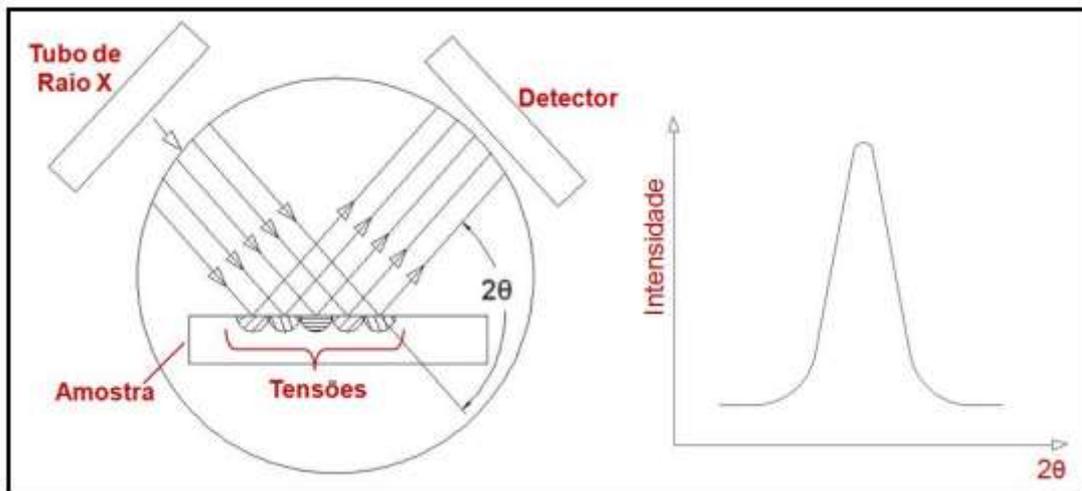


Figura 21 - Incidência dos Raios-X sobre a amostra. Intensidade do raio difratado para um determinado 2θ (SOUSA, 2012).

Num material policristalino, com granulometria fina e isento de tensões, o espaço entre planos cristalinos não varia com a orientação destes planos. A presença de um estado de tensões faz com que estas distâncias variem, devido à deformação elástica. Se a tensão aplicada for trativa, as distâncias entre planos perpendiculares a estas aumentarão, enquanto para os planos paralelos ao campo de tensões, essas distâncias vão diminuir (SOARES, 2003).

Se esta variação nas distâncias interplanares puder ser medida, então se tem uma indicação da deformação e conseqüentemente do campo de tensões residuais atuantes. A técnica de difração de Raios-X é aplicada com o objetivo de medir as distâncias interplanares e a partir daí calcular as tensões residuais presentes (SOARES, 2003).

Para a medição de tensões residuais pelo método de difração de Raios-X utilizam-se as seguintes relações (CINDRA FONSECA, 2015):

- a) Tensão: $\sigma = \Delta F / A$;
- b) Deformação: $\varepsilon = \Delta l / l$;
- c) Lei de Hooke (relação entre tensão e deformação) para estado uniaxial: $\varepsilon = \Delta \sigma / E$, onde E é o módulo de elasticidade do material;

Lei de Hooke para estado triaxial:

$$\varepsilon_1 = \left(\frac{\sigma_1}{E}\right) - \mu \left(\frac{(\sigma_2 + \sigma_3)}{E}\right) \quad (\text{Equação 2})$$

$$\varepsilon_2 = \left(\frac{\sigma_2}{E}\right) - \mu \left(\frac{(\sigma_1 + \sigma_3)}{E}\right) \quad (\text{Equação 3})$$

$$\varepsilon_3 = \left(\frac{\sigma_3}{E}\right) - \mu \left(\frac{(\sigma_1 + \sigma_2)}{E}\right) \quad (\text{Equação 4})$$

Onde ε_1 , ε_2 e ε_3 são as deformações principais, σ_1 , σ_2 e σ_3 são as tensões principais, e μ é o coeficiente de Poisson.

Todavia, para efeitos de adequação ao estado real de tensões, são utilizadas coordenadas polares, como mostra a Figura 22.

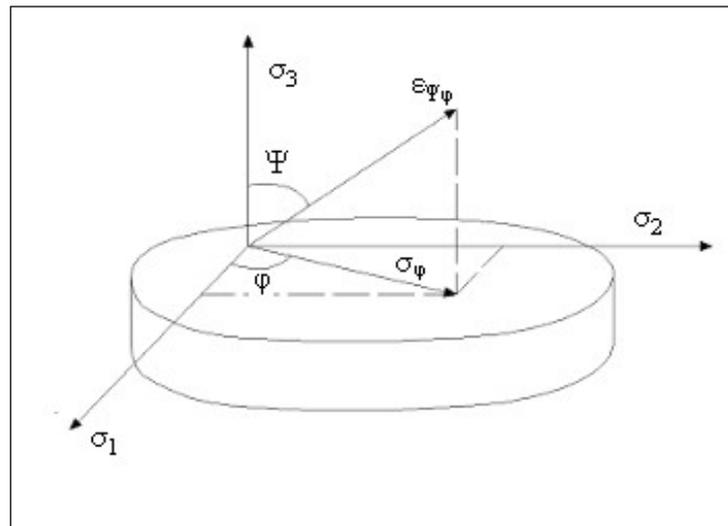


Figura 22 - Sistema de coordenadas polares (CINDRA FONSECA, 2015).

Sabe-se que:

$$\varepsilon_{\varphi\psi} = (\sigma_1 \cdot \cos^2 \varphi + \sigma_2 \cdot \sin^2 \varphi) \cdot \sin^2 \psi - \mu \frac{(\sigma_1 + \sigma_2 + \sigma_3)}{E} \quad (\text{Equação 5})$$

onde φ é o ângulo azimutal e ψ é o ângulo polar. Nesta equação, a componente da tensão perpendicular à superfície σ_3 é zero, e as componentes σ_1 e σ_2 se posicionam na superfície.

Então a Equação 5 pode ser escrita como:

$$\varepsilon_{\varphi\psi} = \frac{(1+\mu) \cdot \sigma_{\varphi} \cdot \text{sen}^2 \psi}{E} - \frac{\mu \cdot (\sigma_1 + \sigma_2)}{E} \quad (\text{Equação 6})$$

onde σ_{φ} é a componente da tensão na direção que faz o ângulo φ com a tensão principal σ_1 .

Baseado nas Equações 5 e 6 foram desenvolvidas várias metodologias de medição de tensões.

A Figura 23 mostra três planos de uma família de planos com espaçamento interplanar d , que hipoteticamente refletem os raios incidentes. Os raios 1 e 2 se refletem, respectivamente, no primeiro e no segundo planos. Em cada reflexão os ângulos de incidência e de reflexão são representados por θ . Diferentemente do que é usado normalmente em ótica, esses ângulos são medidos em relação à superfície do plano refletor, e não em relação à normal do plano. Na situação desta Figura, o espaçamento interplanar d é análogo à aresta da célula unitária. As ondas dos raios 1 e 2 chegam em fase ao cristal. Depois da reflexão, elas estão novamente em fase; diferentemente do que ocorrem com os raios de luz, os Raios-X não se refratam ao entrar no cristal. Então, a fase relativa entre as ondas dos raios 1 e 2 é determinada, exclusivamente, pela diferença de percursos. Para que os raios estejam em fase, a diferença de percurso deve ser igual a um múltiplo inteiro do comprimento de onda λ dos Raios-X (CINDRA FONSECA, 2015).

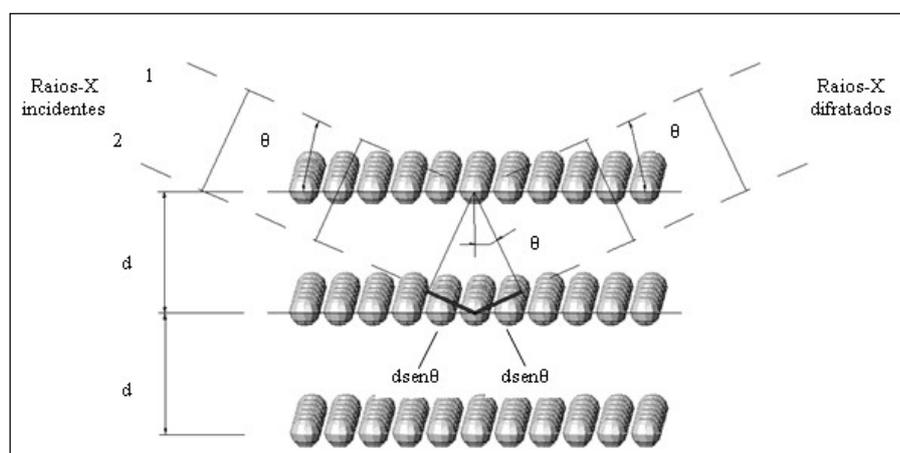


Figura 23 - Diferença de percursos dos raios incidentes em função da distância interplanar

(CINDRA FONSECA, 2015).

Pela Figura 23 é possível identificar que a diferença de percursos é $2d \sin\theta$. Este resultado é válido para qualquer par de planos adjacentes da família de planos representada na Figura. Temos, então:

$$n \cdot \lambda = 2 \cdot d \cdot \sin\theta \quad (\text{Equação 7})$$

onde n é o número de ordem do máximo de intensidade da suposta reflexão (ou seja, da difração ou espalhamento) dos Raios-X.

A Equação 7 é a Lei de Bragg, assim denominada em homenagem ao físico britânico W. L. Bragg, que a deduziu pela primeira vez (CINDRA FONSECA, 2015).

Tipicamente, distinguem-se dois tipos principais de tensões residuais: i) macro tensões (deslocamento do pico de difração de Raios-X) e ii) micro tensões (alargamento do pico de difração de Raios-X) (CULLITY, 1978).

Se for feita uma comparação entre os picos de um mesmo material, sendo um sem deformação e o outro com deformação plástica, este último poderá aparecer de diversas formas, podendo ser formados em ângulos maiores, menores ou simplesmente mais largos (Figura 24). Para ângulos maiores, a distância interplanar é menor quando comparado com o padrão (material sem deformação plástica), logo a tensão residual será de compressão. No entanto, se os ângulos forem menores, a distância interplanar será maior, logo a tensão residual será de tração (SOUSA, 2012).

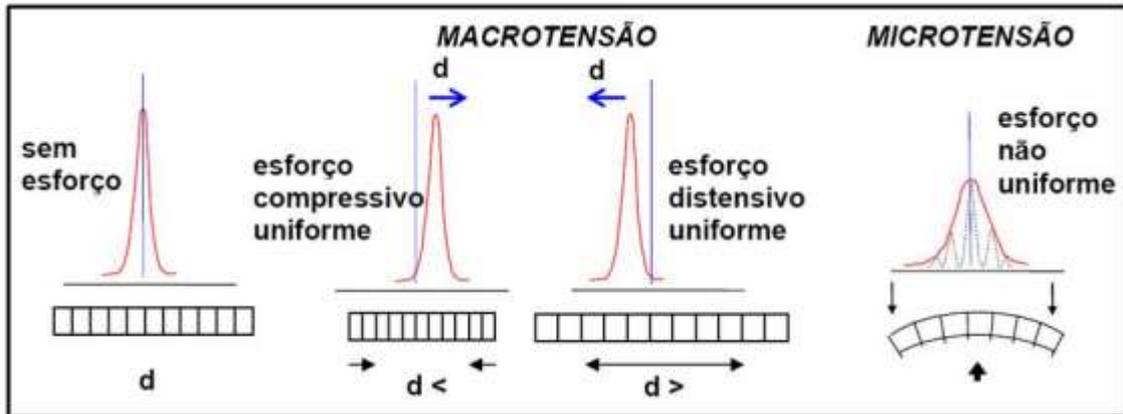


Figura 24 - Deslocamento dos picos de difração quando comparados com o padrão (SOUSA, 2012).

Atualmente a técnica mais empregada na determinação da tensão residual por difração de Raios-X é a técnica do $\text{sen}^2\psi$, também chamado de método da múltipla exposição. Neste método, uma série de medidas são feitas para diferentes inclinações de ψ (Figura 25). O espaçamento interplanar, ou posição do pico 2θ , é medido e representado como uma curva (SANTOS, 2012).

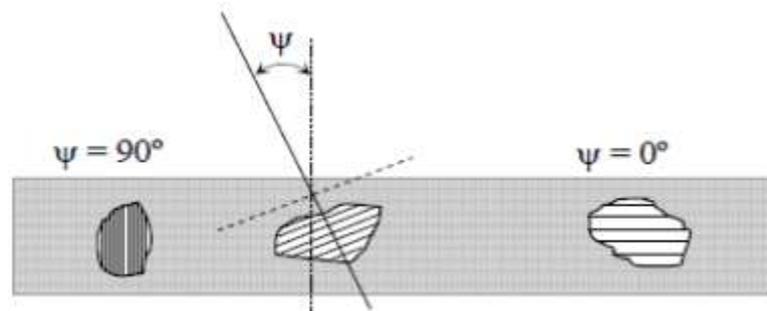


Figura 25 - Tensão compressiva em um material policristalino e isotrópico (SANTOS, 2012).

A equação:

$$\varepsilon_{\phi\psi} = \left[\left(\frac{1+\nu}{E} \right) \sigma_{\phi} \text{sen}^2\psi \right] - \left[\frac{\nu}{E} (\sigma_{xx} + \sigma_{yy}) \right] \quad (\text{Equação 8})$$

mostra uma relação linear entre a deformação $\varepsilon_{\phi\psi}$ e o $\text{sen}^2\psi$, logo, plotando esses valores em um gráfico, deve-se encontrar uma reta cujo coeficiente angular (m) será:

$$m = \sigma_{\phi} \frac{(1+\nu)}{E} \quad (\text{Equação 9})$$

Sendo assim, a tensão σ_ϕ será obtida pelo cálculo do coeficiente angular da reta gerada plotando os valores da deformação medida versus o $\text{sen}^2\psi$, pela equação:

$$\sigma_\phi = m \frac{E}{(1+\nu)} \quad (\text{Equação 10})$$

A principal vantagem da técnica, considerando o tempo adicional requerido para a coleta de dados, está no estabelecimento da linearidade da função para demonstrar que a medida de tensão residual por difração de Raios-X é possível na amostra de interesse (SANTOS, 2012).

Tensões residuais geradas em diferentes processos de usinagem e de tratamento térmico de têmpera do aço AISI 4340 foram analisadas e comparadas por CINDRA FONSECA et al. (2010) por meio de difração de Raios-X, pelo método do $\text{sen}^2\psi$ com radiação $\text{CrK}\alpha$.

As tensões residuais em amostras tratadas termicamente e em amostras submetidas à diferentes processos de usinagem (eletroerosão, limagem e fresagem) foram medidas em duas direções, longitudinal (coincidente com a direção de maior comprimento da amostra) e transversal. Os resultados obtidos por CINDRA FONSECA et al. (2010) para cada condição estão apresentados nas Figuras 26 a 30.

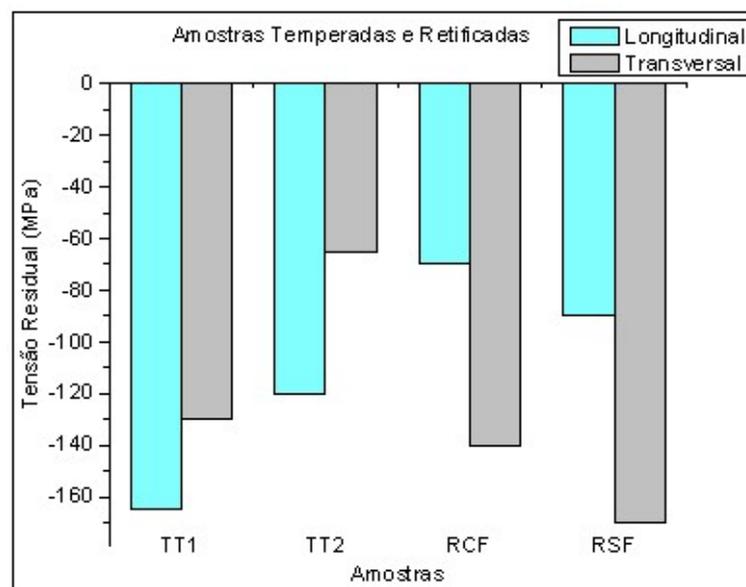


Figura 26 - Tensões residuais das amostras temperadas e retificadas (CINDRA FONSECA et al, 2010).

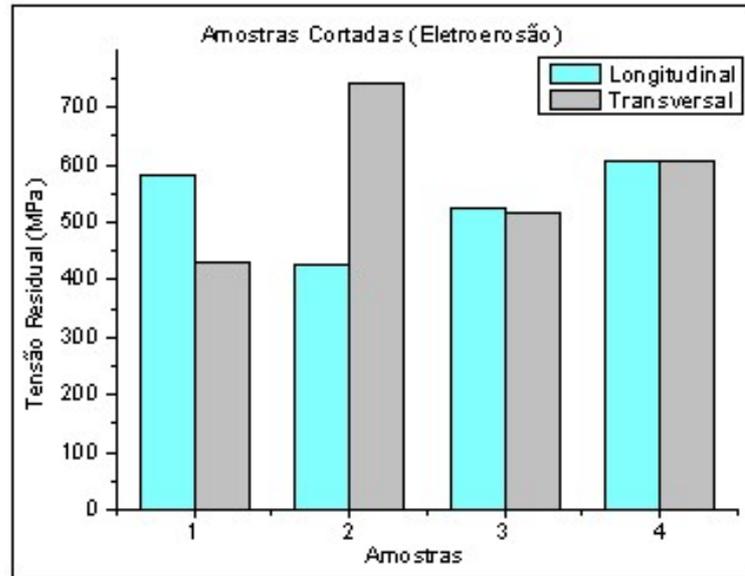


Figura 27 - Tensões residuais nas amostras cortadas por eletroerosão (CINDRA FONSECA et al, 2010).

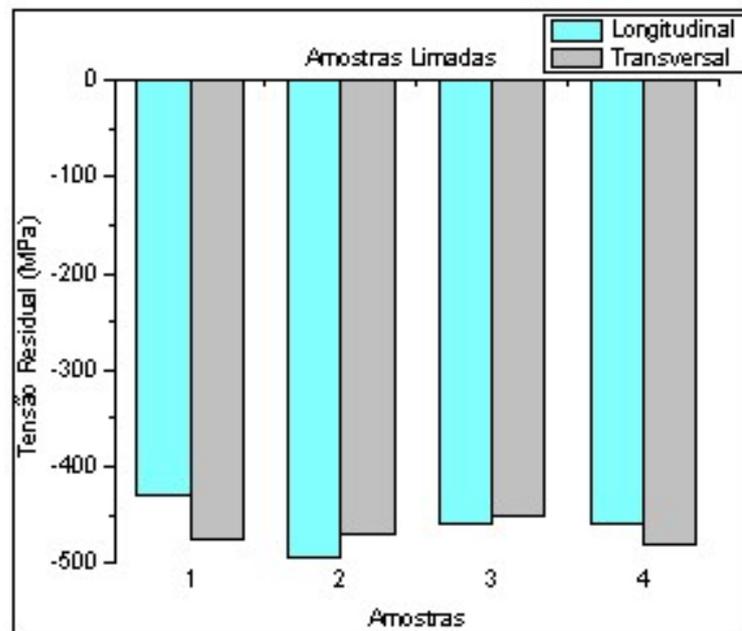


Figura 28 - Tensões residuais nas amostras limadas (CINDRA FONSECA et al, 2010).

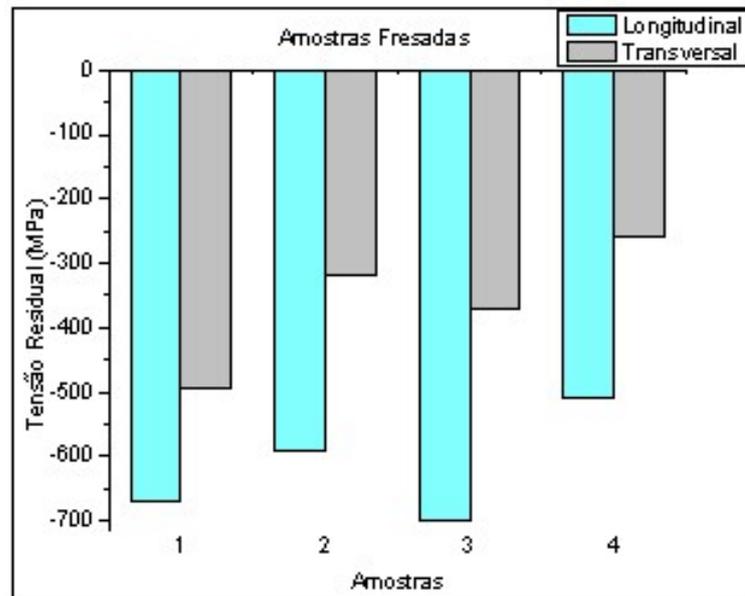


Figura 29 - Tensões residuais nas amostras fresadas (CINDRA FONSECA et al, 2010).

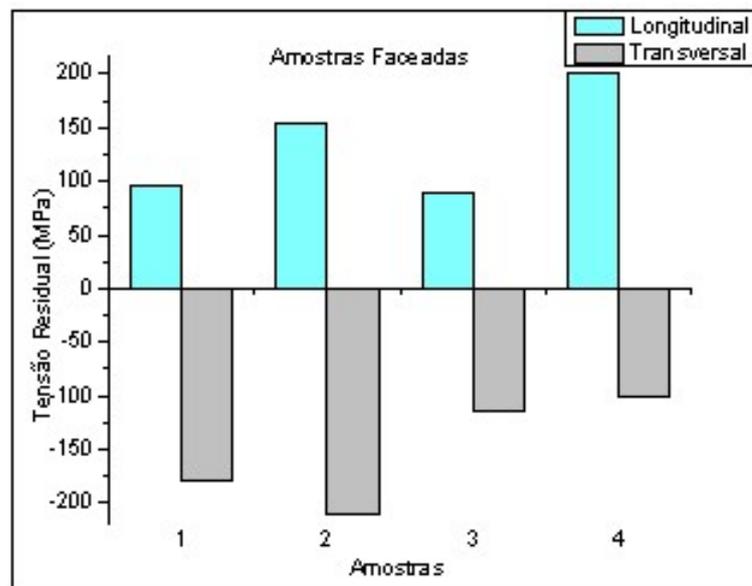


Figura 30 - Tensões residuais nas amostras faceadas (CINDRA FONSECA et al, 2010).

Os resultados obtidos por CINDRA FONSECA et al (2010) confirmaram os resultados obtidos por MACHERAUCH e KLOOS (1987) nas peças retificadas e os resultados de JIANG et al. (2005) nas peças cortadas por eletroerosão, demonstrando ser o a técnica de difração de Raios-X confiável para medidas de tensões residuais.

CEGLIAS (2012) utilizou a técnica de difração de Raios-X, pelo método do $\text{sen}^2\psi$, para analisar o comportamento das tensões residuais em um tubo curvado pelo processo de indução. Para fins de análise, o tubo foi dividido em diferentes seções: curva extradorso, curva intradorso, linha neutra, região reta do tubo, curva da solda e parte reta da solda.

Os resultados obtidos por CEGLIAS (2012) são apresentados na Tabela 4. Observa-se que todas as amostras apresentaram tensões residuais compressivas. A comprovação é mostrada pelo valor dos gráficos, em que as tensões normais apresentaram valores negativos, consequentemente a curva gerada tornou-se decrescente (Figuras 31 e 32).

Tabela 4 - Tabela de tensões residuais medidas via difração de Raios-X (CEGLIAS, 2012).

Amostras	Curva Extradorso	Curva Intradorso	Linha Neutra	Reta Solda	Curva Solda	Trecho Reto
Tensão Residual (MPa)	$-386,5 \pm 16,3$	$-324,4 \pm 12,4$	$-320,4 \pm 18,6$	$-285,8 \pm 21,3$	$-350,1 \pm 27,0$	$-388,9 \pm 12,4$

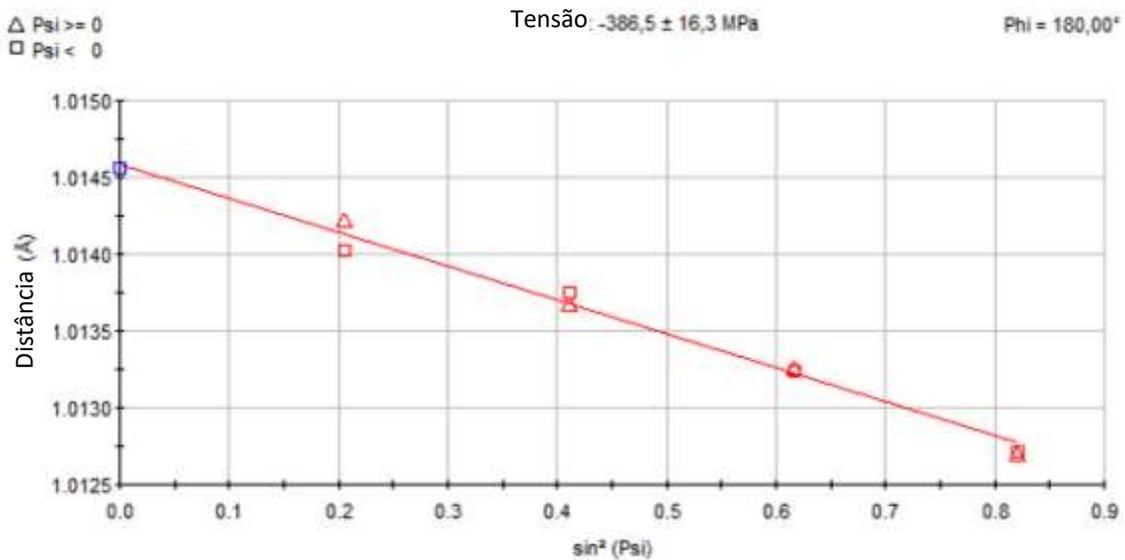


Figura 31 - Gráfico da distância interplanar $x \text{sen}^2\psi$ da amostra Curva Extradorso (CEGLIAS, 2012).

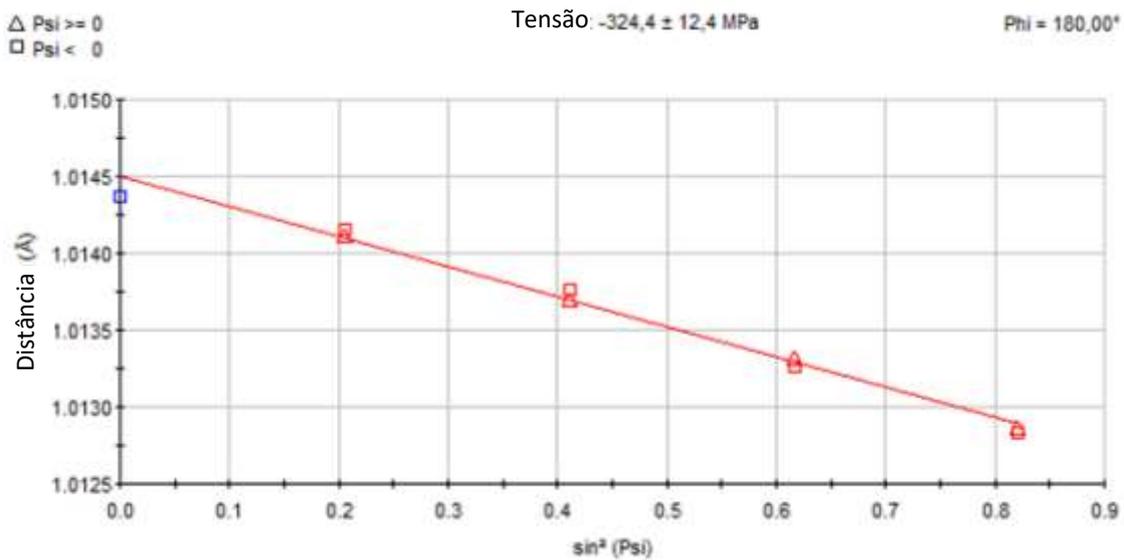


Figura 32 - Gráfico da distância interplanar x $\sin^2\Psi$ da amostra Curva Intradorso (CEGLIAS, 2012).

DIAS et al. (2016) obtiveram um perfil superficial do estado de tensões residuais utilizando a técnica de difração de Raios-X nas profundidades de 50, 100, 200 e 300 μm para apenas uma posição longitudinal de uma barra fabricada em aço AISI 1045. Foram realizadas duas sequências de medições, em quatro ângulos de referência cada, sendo estes 45° , 135° , 225° e 315° na primeira sequência e 0° , 90° , 180° e 270° na segunda sequência. Estas medições foram feitas em amostras após tratamento térmico de têmpera nas condições 1,2mm de camada e 2,2 mm de camada temperada.

Os resultados obtidos por DIAS et al. (2016) são apresentados nas Figuras 33 e 34.

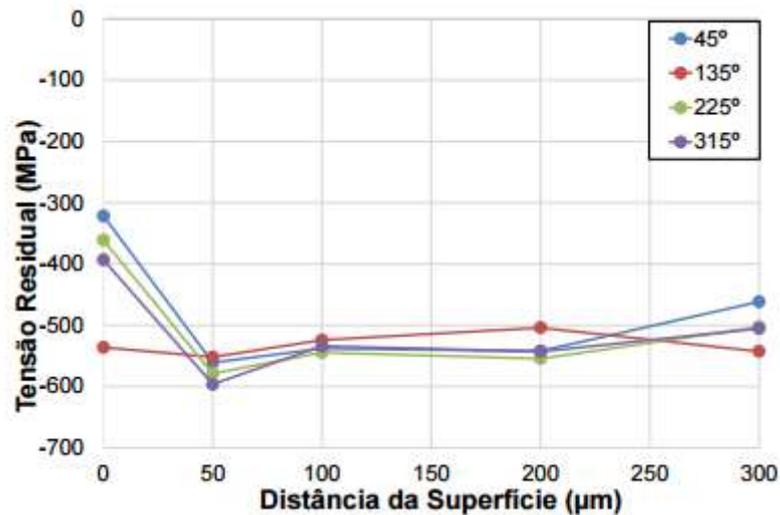


Figura 33 - Tensões residuais na amostra temperada por indução com camada de 1,2 mm (DIAS et al., 2016).

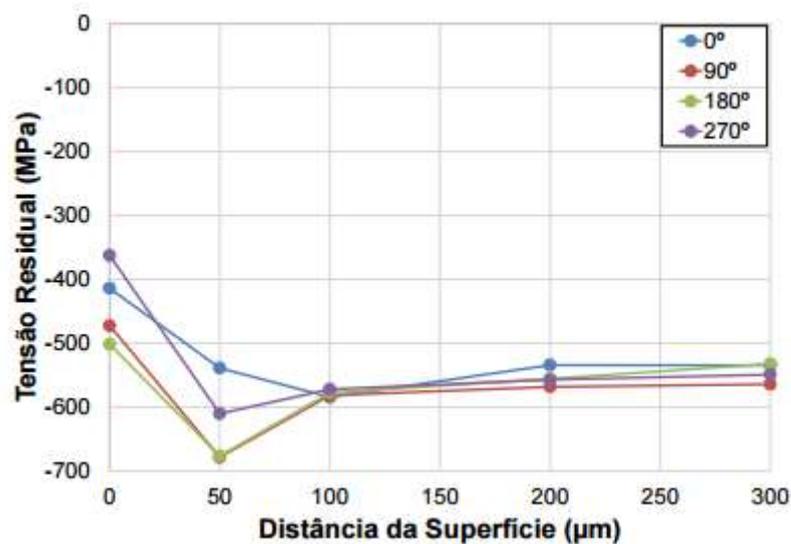


Figura 34 - Tensões residuais na amostra temperada por indução com camada de 2,2 mm (DIAS et al., 2016).

Com relação a aços baixo carbono (geralmente o material usado para a estampagem do NIV) e processos de marcação e estampagem de números, nada foi encontrado na literatura à respeito das tensões residuais geradas em torno destas marcações.

SOUSA (2012) utilizou o método de difração de Raios-X para determinação de tensões residuais em diversos materiais metálicos, entre eles o aço ABNT 1020. Os resultados foram comparados e se mostraram compatíveis com os experimentos realizados pela técnica de ensaio de dureza.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

Considerando a diversidade de materiais e tipos de marcações utilizados pelos variados fabricantes de automóveis para a confecção do NIV, foi escolhido um modelo de automóvel de fabricação nacional para ser estudado, o VOLKSWAGEN GOL.

No presente trabalho foram utilizados dois grupos de amostras, ambos pertencentes à chapas originais de veículos VOLKSWAGEN GOL, de mesmo modelo e ano de fabricação. As chapas destes veículos possuíam 1,6 mm de espessura e foram recortadas nas dimensões aproximadas 80 mm x 150 mm, de forma que o processo de corte não interferisse nas propriedades e condições do NIV gravado no centro das amostras.

Cada grupo continha três amostras com os seguintes parâmetros:

Grupo A: veículos de marca/modelo VOLKSWAGEN GOL, ano de fabricação 1996;

Grupo B: veículos de marca/modelo VOLKSWAGEN GOL, ano de fabricação 2010.

As Figuras 35 e 36 apresentam as amostras utilizadas neste trabalho.



Figura 35 - Amostras do grupo A



Figura 36 - Amostras do grupo B

2.1. Caracterização do material

2.1.1. Análise quantitativa de elementos químicos

O primeiro ensaio realizado consistiu em determinar a composição química das amostras. Em cada grupo de amostras foi realizada análise quantitativa de elementos químicos presentes através de ensaios de Espectrometria de Fluorescência de Raios-X, seguindo respectivamente as normas ASTM E1019:2011 e ASTM E572:2012.

2.1.2. Preparação metalográfica

A metodologia para a caracterização dos materiais de ambos os grupos iniciou-se com a preparação metalográfica que consistiu em:

a) Recorte de um pedaço de uma amostra de cada grupo em uma região distante das bordas afetadas por dobramento, cisalhamento ou estampagem, ou seja, foi recortada uma seção que

representava o material de base do aço utilizado na chapa, sem influência de qualquer esforço externo. Foi recortada uma seção de aproximadamente 20 mm x 20 mm.

b) Embutimento em resina em base acrílica de cura a frio.

c) Lixamento manual com lixas metalográficas na sequência de lixas com granulação 400, 600, 800, 1000 e 1200.

d) Polimento automatizado, realizado em politriz de modelo PRESI MECATECH 33 com velocidade de rotação de 300 rpm para base e 150 rpm para o cabeçote. Foi usada como lubrificante uma mistura contendo 50% de água destilada e deionizada e 50% de álcool etílico 95% (etanol). Panos de polimento PRESI MECAPREX de 6 μ m e 1 μ m foram utilizados necessariamente nesta ordem, idem para suspensões de diamante PRESI MECAPREX de 6 μ m e 1 μ m. O pano de polimento de 6 μ m foi utilizado em conjunto com a suspensão de diamante 6 μ m e o pano de polimento de 1 μ m foi utilizado em conjunto com a suspensão de diamante de 1 μ m. Em ambos os casos foi utilizado o lubrificante já mencionado. A Tabela 5 resume as operações de polimento.

Tabela 5 - Operações de polimento.

Polimento	Pano de polimento	Lubrificante	Suspensão de diamante	Tempo (s)	Pressão
1	6 μ m	0,85ml a cada 20s	0,25ml a cada 100s	1800	1 DaN (1 kgf)
2	1 μ m	0,85ml a cada 20s	0,25ml a cada 100s	6600	1 DaN (1 kgf)

e) O ataque químico para revelar a microestrutura foi realizado com uma solução denominada Nital, constituída de uma mistura de 95 ml de álcool etílico PA e 5 ml de ácido nítrico (HNO₃). Este foi realizado em capela com sistema de proteção e de exaustão de gases, com a amostra mergulhada na solução por 8 segundos, sem agitação, à temperatura ambiente (25 °C), e com a superfície que se desejava atacar voltada para cima. Interrompeu-se o ataque lavando-se a superfície da amostra com água corrente, sendo esta logo em seguida banhada em álcool pureza analítica e seca em jato de ar quente.

2.1.3. Microscopia óptica

Para análise microestrutural e captura das imagens foi utilizado um microscópio óptico da marca Carl Zeiss, modelo Axio lab. A1, equipado para aumentos de 50, 100, 500 e 1000 vezes, e câmera digital integrada ao computador para captura de imagens.

2.1.4. Microscopia eletrônica de varredura e espectroscopia por dispersão de energia

Foram obtidas micrografias por meio de um microscópio eletrônico de varredura (MEV) da marca JEOL, modelo JSM-6510LV operando no modo elétrons secundários (SE), 20 kV - 80 μ A.

A identificação do elementos químicos presentes foi realizada por detector EDS (Espectroscopia por dispersão de energia) acoplado ao MEV, com precisão de 0,3%.

2.1.5. Difração de Raios-X

As tensões residuais foram medidas e analisadas no Laboratório de Análises de Tensões - LAT, do Departamento de Engenharia Mecânica da UFF – Universidade Federal Fluminense, utilizando-se a técnica da difração de Raios-X através do método $\text{sen}^2\psi$. Foi utilizado o analisador Xstress3000, fabricado pela Stresstech, utilizando os parâmetros detalhados na Tabela 6. A Figura 37 mostra o equipamento usado.

Foram realizadas leituras sob cinco ângulos de inclinação (ψ) em cada ponto. O *software* apresenta, para cada ponto medido, gráfico com 5 leituras que relacionam a distância interplanar (d) com ângulo de inclinação (ψ). A tensão residual no ponto é a média das cinco leituras e as margens de erro são calculadas em relação à linha de tendência.

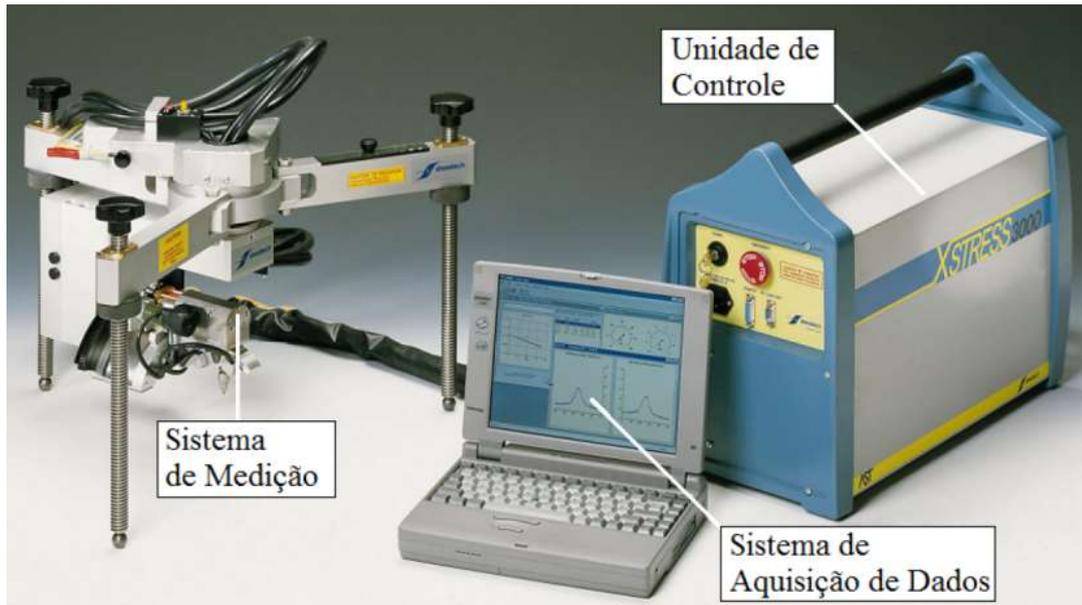


Figura 37 - Analisador de tensões residuais XStress3000.

O *software* do analisador de tensões determina o valor da tensão, bem como a incerteza subjacente em cada ponto e direção analisados.

As posições onde foram realizadas as medições são apresentadas na Figura 38, em que X, Y e Z representam os três últimos números da gravação NIV da amostra. Na Figura 38 também são indicadas as direções transversal (T) e longitudinal (L) adotadas. Foram realizadas medidas próximas à estampagem (posições 1, 2, 3 e 4) e medidas mais longínquas (5).

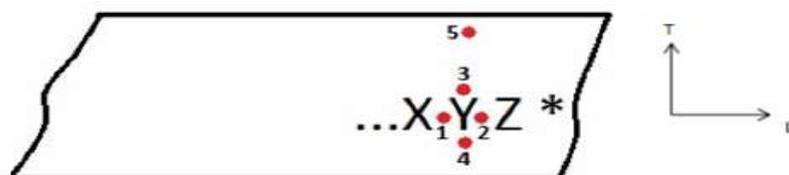


Figura 38 - Posições onde foram realizadas as medições de tensões residuais.

Tabela 6 - Parâmetros utilizados no sistema de análise das tensões residuais

Diâmetro do Colimador (mm)	1
Ângulo de incidência (2θ)	156,8°
Plano de difração {hkl}	{211}
Radiação	Cr $\kappa\alpha$
Comprimento de onda (λ) Cr $\kappa\alpha$	2,29092 Å
Corrente (mA)	6,7
Tensão (kV)	30
Inclinação ψ	0°, 18°, 27° 33° e 45°
Tempo de exposição (s)	10

Foram realizadas duas etapas de medição de tensões residuais por difração de Raios-X.

A primeira etapa consistiu em medir as tensões geradas pelo processo de estampagem da gravação NIV, sendo, portanto, realizada na chapa contendo a gravação original.

Após a primeira sequência de medição das tensões residuais, foi realizado o desbastamento da superfície da chapa utilizando-se uma lixadeira manual, de forma a simular o processo de adulteração, em que a gravação NIV original é suprimida. Nesta etapa foram eliminados os três últimos caracteres de cada amostra. A Figura 39 exemplifica os aspectos das amostras após o desbaste das superfícies na situação de simulação de adulteração.



Figura 39 - Amostras do grupo B com gravação NIV suprimida por desbaste

As amostras com a gravação NIV suprimidas foram novamente submetidas ao ensaio de difração de Raios-X, utilizando-se os mesmos parâmetros e realizando as medições nas mesmas posições geográficas da primeira medição.

2.1.6. Ataque químico

O exame químico metalográfico (ataque químico) foi realizado em todas as amostras com o objetivo de revelar a gravação original suprimida. Foram consultados, informalmente, Perito Criminais dos institutos de criminalística do Estado do Rio de Janeiro, do Estado de São Paulo e do Estado do Rio Grande do Sul, em que todos indicaram o reagente Fry (Tabela 03) para ser utilizado nesta etapa, sendo o reagente que tem demonstrado melhores resultados neste contexto.

O reagente Fry foi preparado seguindo as orientações do Metals Handbook (ASM, 2004) aplicado sobre as amostras, por alguns minutos e repetidas vezes, utilizando-se um *swab*. A Figura 40 exemplifica a aplicação do reagente Fry sobre as amostras adulteradas.



Figura 40 – Técnica de aplicação do reagente Fry sobre as amostras.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A composição química das chapas dos dois grupos de amostras analisadas foram muito semelhantes e estão exibidos nas Tabelas 7 e 8.

Tabela 7 - Elementos presentes nas amostras do grupo A (% em peso)

C	S	Mn	Si	P	Cr	Ni	Mo	Cu	V	Pb	Al	Fe
0,014	0,007	0,29	0,04	0,016	0,12	0,04	0,01	0,05	0,003	0,001	0,031	BASE

Tabela 8 - Elementos presentes nas amostras do grupo B (% em peso)

C	S	Mn	Si	P	Cr	Ni	Mo	Cu	V	Pb	Al	Fe
0,012	0,021	0,28	0,05	0,015	0,10	0,04	0,01	0,05	0,003	0,001	0,028	BASE

A composição química obtida confirmou tratar-se de um aço baixo carbono que atende à norma SAE J403-09.

As Figuras 40 a 44 exibem exemplos das micrografias obtidas por microscopia óptica e microscopia eletrônica de varredura (MEV).

Os aspectos micrográficos revelaram grãos ferríticos de pequenas dimensões, com contornos bem definidos e equiaxiais. Não foram observadas inclusões ou segundas fases entre os grãos.

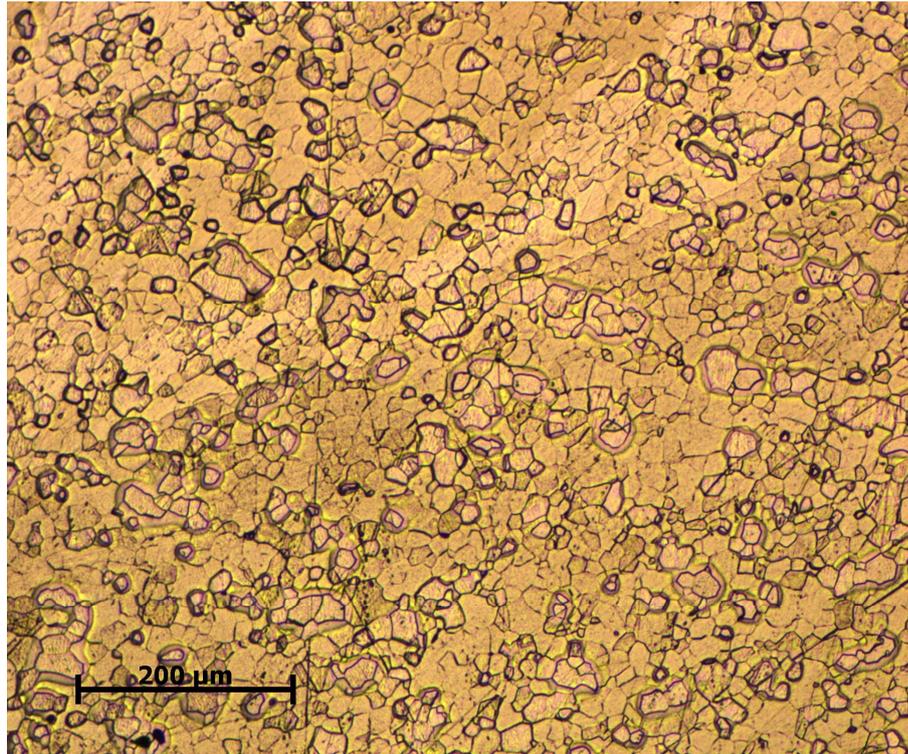


Figura 41 - Aspecto microestrutural ao MO (100x) - Grupo A, Nital 5%.

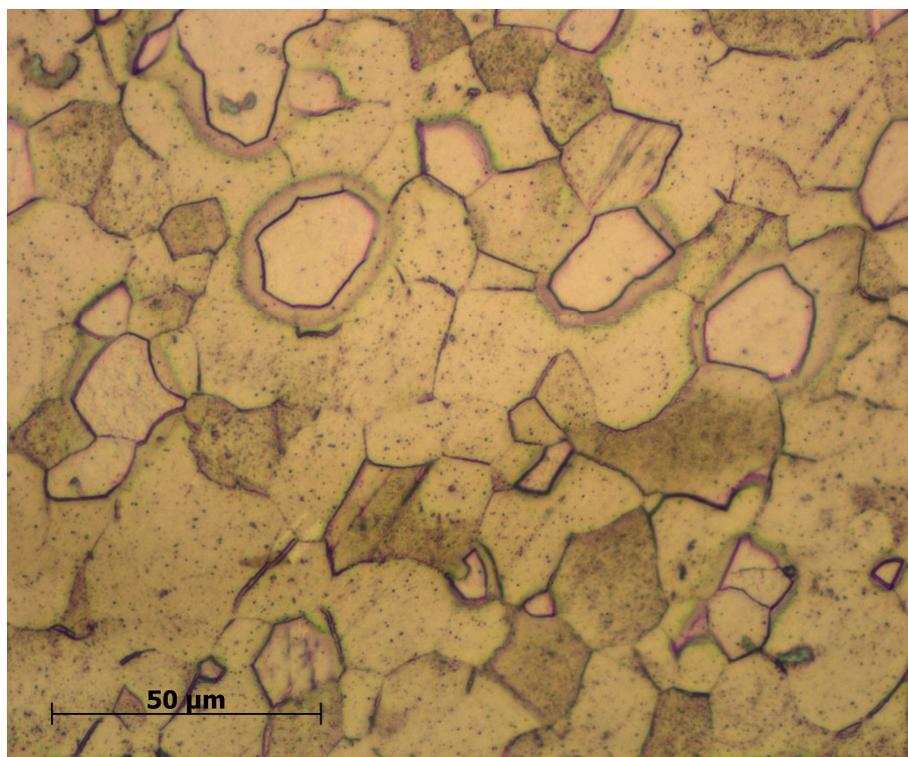


Figura 42 - Aspecto microestrutural ao MO (500x) - Grupo A, Nital 5%.

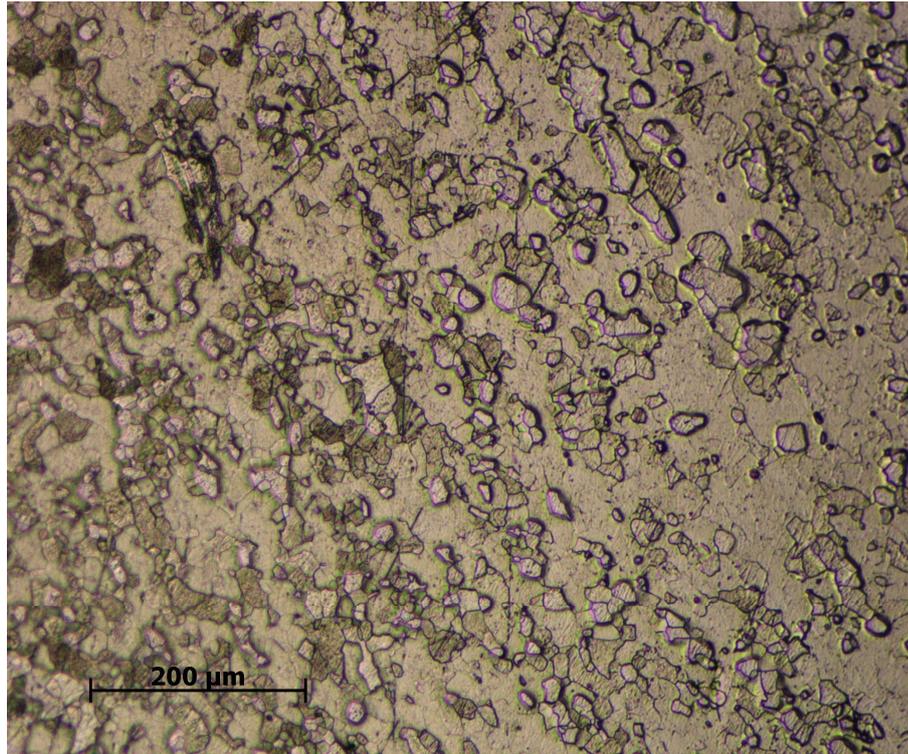


Figura 43 - Aspecto microestrutural ao MEV (100x) - Grupo B, Nital 5%.

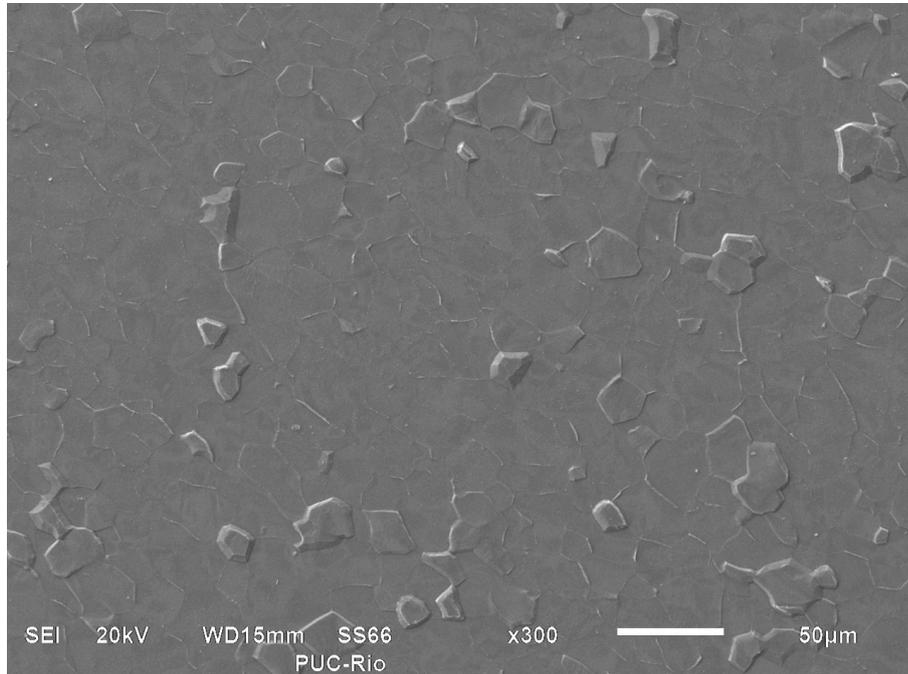


Figura 44 - Aspecto microestrutural ao MEV (300x) - Grupo A, Nital 5%.

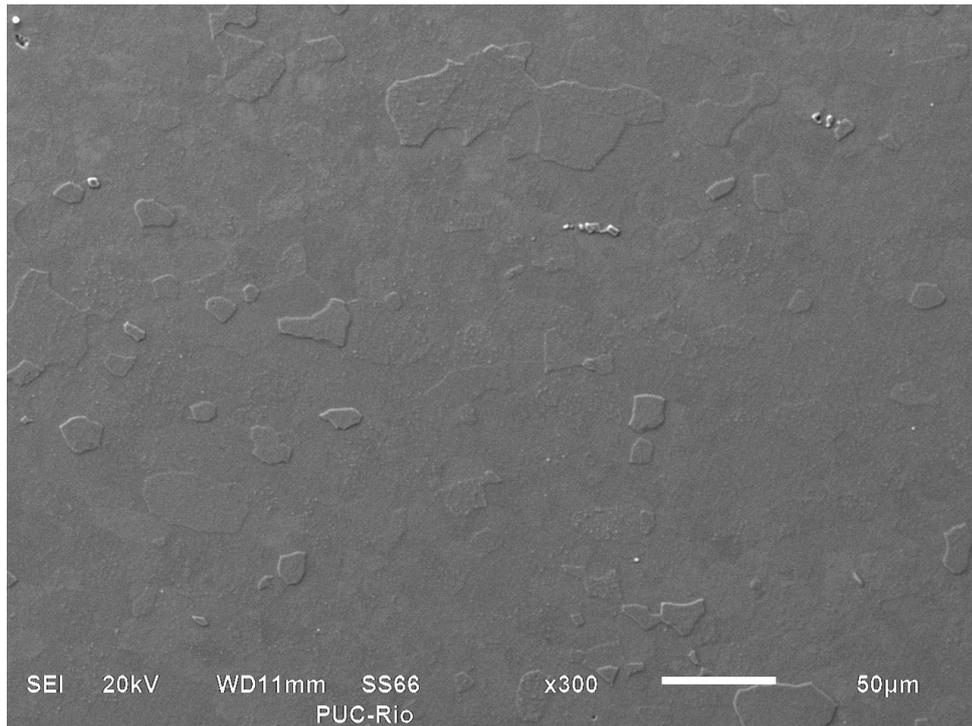


Figura 45 - Aspecto microestrutural ao MEV (300x) - Grupo B, Nital 5%.

As tensões residuais foram medidas nos grupos de amostras A e B em duas direções para cada ponto, longitudinal (coincidente com a direção de maior comprimento da amostra) e transversal, conforme a Figura 38.

Os resultados da medição de tensões residuais realizadas nas chapas contendo a gravação NIV na condição inicial, ou seja, sem ação mecânica de desbaste e a supressão da gravação NIV original por desbaste mecânico estão apresentados na Tabela 9.

Tabela 9 - Resultados da medição de tensões residuais por difração de Raios-X na chapa contendo a gravação NIV original. As amostras de cada grupo foram identificadas pelos seus três números finais referentes ao NIV.

Grupo A					
		Condição inicial		Após desbaste	
Amostra	Posição	Tensões Residuais (MPa)		Tensões Residuais (MPa)	
		L	T	L	T
148	1	44 ± 10	-33 ± 13	145 ± 2	-33 ± 4
	2	-116 ± 11	85 ± 6	-20 ± 11	-40 ± 4
	3	31 ± 0	-20 ± 4	-110 ± 9	-140 ± 5
	4	-70 ± 4	-305 ± 8	-105 ± 2	-170 ± 8
	5	-81 ± 13	-50 ± 1	-	-
292	1	-56 ± 9	-8 ± 1	-80 ± 1	-100 ± 3
	2	-6 ± 1	6 ± 2	-100 ± 1	-90 ± 8
	3	-29 ± 3	34 ± 3	-80 ± 8	-80 ± 16
	4	-106 ± 7	-151 ± 7	-80 ± 4	-110 ± 9
	5	-39 ± 6	-136 ± 20	-	-
594	1	-70 ± 25	-133 ± 1	-55 ± 6	-170 ± 14
	2	220 ± 25	-73 ± 12	-90 ± 5	-210 ± 4
	3	-77 ± 0	-85 ± 6	-70 ± 9	-210 ± 14
	4	-130 ± 18	67 ± 6	-90 ± 10	-170 ± 18
	5	24 ± 14	-165 ± 4	-	-

Grupo B					
		Condição inicial		Após desbaste	
Amostra	Posição	Tensões Residuais (MPa)		Tensões Residuais (MPa)	
		L	T	L	T
148	1	-4 ± 0	-133 ± 1	-160 ± 5	-120 ± 1
	2	-124 ± 3	-73 ± 12	-100 ± 4	-140 ± 2
	3	156 ± 14	-85 ± 6	-80 ± 1	-130 ± 5
	4	-43 ± 6	67 ± 6	-50 ± 4	-130 ± 1
	5	-143 ± 0	-165 ± 4	-	-
292	1	-160 ± 6	-250 ± 16	-120 ± 7	-180 ± 5
	2	-75 ± 6	-185 ± 0	-190 ± 7	-230 ± 4
	3	-61 ± 3	-91 ± 0	-180 ± 9	-220 ± 3
	4	-79 ± 1	-156 ± 18	-150 ± 5	-250 ± 2
	5	-9 ± 6	200 ± 6	-	-
594	1	-87 ± 11	-255 ± 0	-15 ± 10	-170 ± 10
	2	148 ± 11	-30 ± 0	-25 ± 2	-70 ± 2
	3	-90 ± 10	-160 ± 15	-130 ± 8	-180 ± 7
	4	-124 ± 24	-80 ± 18	-80 ± 5	-50 ± 7
	5	107 ± 2	138 ± 0	-	-

Na condição inicial, as amostras apresentaram valores de tensões residuais tanto compressivas quanto trativas em todas as posições.

Observou-se que após o desbaste realizado para suprimir a numeração original, todos os pontos, de todas as mostras, apresentaram resultados de tensões residuais compressivas (sinal negativo). Esse fenômeno pode ser explicado pelo aquecimento ocasionado pelo desbaste na superfície do material, que em chapas de fina espessura e longo comprimento (grande área superficial), ocasionam em dilatação térmica superficial. Qualquer operação mecânica ou térmica iria provocar modificação nas tensões residuais reinantes, portanto uma alteração já era suposta (LU, 2005).

As Figuras 46 e 47 exibem os resultados obtidos na etapa de ataque químico com reagente Fry. Em todas as amostras não foram reveladas as gravações suprimidas.



Figura 46 - Amostras do grupo A após a etapa de ataque químico.

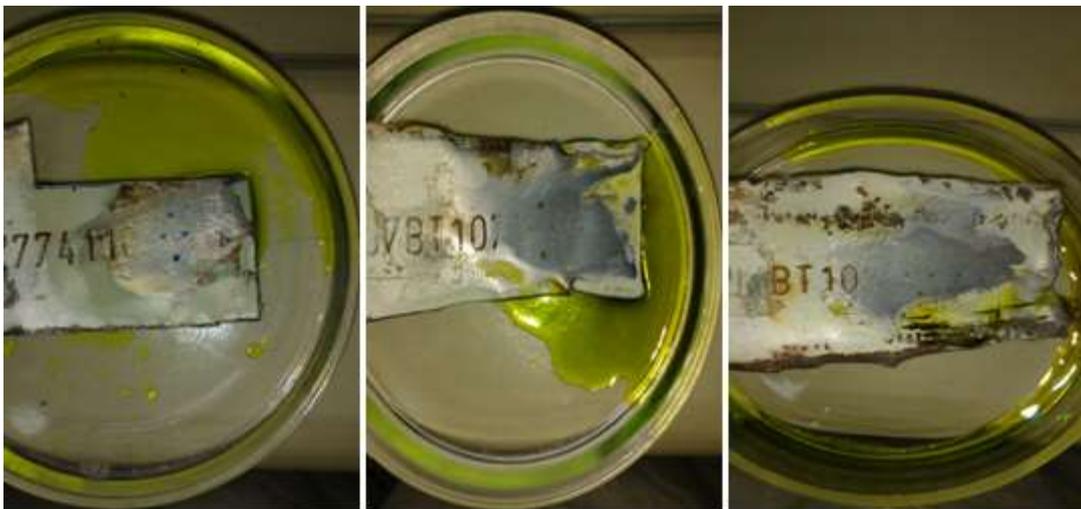


Figura 47 - Amostras do grupo B após a etapa de ataque químico.

Dados os resultados obtidos pela difração de Raios-X, em que todas as amostras apresentaram tensão residual compressiva na superfície e os resultados obtidos pelo ataque químico, em que não foram reveladas as numerações suprimidas, sugere-se que as tensões geradas pelo aquecimento e resfriamento posterior ocasionado no desbaste superaram em intensidade as tensões residuais geradas pela deformação plástica latente do puncionamento de gravação do NIV.

CONCLUSÕES

Os resultados obtidos neste trabalho são restritos ao grupo de amostras utilizadas, não podendo ser generalizados nem considerados para veículos de outros modelos, marcas ou ano de fabricação.

O resultado da aplicação do método de difração de Raios-X na gravação do NIV original e após a supressão da gravação, demonstrou que há uma mudança significativa no comportamento das tensões residuais, que deixaram de ser aleatórias (compressivas e trativas, variando ponto a ponto em cada amostra) adotando um certo padrão (compressivas em todos os pontos de todas as amostras).

O fato de que um leve desgaste (de profundidade aproximada 0,3 mm) eliminou por completo a gravação NIV visível e a gravação NIV latente (não revelada após o ataque químico) indica que a profundidade mínima de gravação de 0,2 mm exigida pela norma ABNT NBR 6066 não proporciona alternativas de identificação de um veículo que teve sua gravação NIV original suprimida. Um desgaste de 0,3mm pode facilmente se tornar imperceptível a olho nu após um tratamento superficial de polimento e pintura, o que geralmente ocorre nos casos de adulteração de NIV.

Sugere-se que a norma ABNT NBR 6066 seja reformulada, de modo que a profundidade mínima de gravação do NIV seja no mínimo 0,5 mm. Uma gravação mais profunda ocasionaria em um desgaste mais profundo no processo de adulteração, tornando mais fácil a identificação até mesmo à vista desarmada. Isso também ocasionaria em vestígios latentes (tensão residual) de maiores intensidades, fazendo com que os métodos de revelação químicos sejam mais efetivos.

SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

- Utilizar outros reagentes para tentar revelar a gravação do NIV eliminado. A Tabela 3 indica diversos reagentes que podem ser utilizados, em função da composição química do metal de base onde é gravado o NIV.
- Medir e analisar as tensões residuais ocasionadas por outros processos de gravação de NIV, como riscagem (Processo utilizado pela montadora Citroën) e microfusão (Processo utilizado pela montadora Toyota em veículos do tipo caminhonete).
- Realizar tratamento térmico de alívio de tensões na gravação NIV original e, na sequência, realizar medições de tensão residual. É importante verificar se um aquecimento controlado na superfície de gravação NIV é capaz de eliminar a tensão residual da região adjacente à superfície, tornando ineficaz o método de revelação químico metalográfico.

REFERÊNCIAS

ANFAVEA. Disponível em <http://www.anfavea.com.br/50anos.html> - Consulta realizada em 03/02/2015).

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 6066: Veículos rodoviários: Número de identificação de veículo (VIN). São Paulo, 1980.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 6066: Veículos rodoviários: Número de identificação de veículo (VIN). São Paulo, 2009.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 6067: Veículos rodoviários automotores, seus rebocados e combinados: Classificação, terminologia e definições. São Paulo, 2007.

ASM. METALS HANDBOOK. Metallography and Microstructures. vol. 9, 10. ed. Ohio, OH. Metals Park – ASM International, 2004.

ASTM E1019-11, Standard Test Methods for Determination of Carbon, Sulfur, Nitrogen, and Oxygen in Steel, Iron, Nickel, and Cobalt Alloys by Various Combustion and Fusion Techniques, ASTM International, West Conshohocken, PA, 2011.

ASTM E572-12, Standard Test Method for Analysis of Stainless and Alloy Steels by Wavelength Dispersive X-ray Fluorescence Spectrometry, ASTM International, West Conshohocken, PA, 2012.

BAHARUM, M.; KUPPUSWAMY, R.; RAHMAN, A. Recovering obliterated engraved marks on aluminium surfaces by etching technique. Forensic Science International. Vol 177 2008. pp 221-227.

BIDU. 2015. Disponível em [http:// https://www.bidu.com.br/blog/saiba-mais-sobre-o-chassi-do-seu-carro/](http://https://www.bidu.com.br/blog/saiba-mais-sobre-o-chassi-do-seu-carro/). Consulta realizada em 28/07/2016.

BONG, Y.; KUPPUSWAMY, R. Revealing obliterated engraved marks on high strength aluminium alloy (AA7010) surfaces by etching technique. *Forensic Science International*. Vol 195. 2010. pp 86-92.

CECERE, A. V. Estudo de medidas para a melhoria da identificação veicular no Brasil. Trabalho de Conclusão de Curso. Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo. 2010.

CEGLIAS, R. B. Análise de tensão residual em tubo de aço API 5L X70. Dissertação de mestrado. Instituto Militar de Engenharia, 2012.

CERÓN R.; et al. Examen químico-metalográfico con ácido nítrico en carrocerías y chasis en acero de vehículos. *Revista Criminalidad*. Vol 56. 2014. pp 309-317.

COLLINS, M. Modern marking and serial numbering methods. *AFTE Journal*. Vol 31. 1999. pp 309-317.

CULLITY, B. D. *Elements of X-Ray Diffraction*. 2nd Edition, Addison-Wesley Publishing Company Inc., Phillipines, 1978.

CONTRAN. Disponível em:

www.denatran.gov.br/download/Resolucoes/resolucao024_98.doc

DIAS, V. W.; et al. Análise das transformações nas tensões residuais durante o processo de fabricação de eixos automotivos. 22º Congresso Brasileiro de Engenharia e Ciência dos Materiais, 2016.

CINDRA FONSECA, M. P. C.; et al. Estudo das tensões residuais geradas na usinagem de aço AISI 4340. 19º Congresso Brasileiro de Engenharia e Ciência dos Materiais, 2010.

CINDRA FONSECA, M. P. C. Princípios básicos da metodologia da tensometria por difração de Raios-X, 2015.

FENALTO. 2013. Disponível em: <http://slideplayer.com.br/slide/1791477/> - Consulta realizada em 28/07/2016.

GURTEQ. Poliraider: A Tecnologia. 2014. Disponível em <http://www.gurteq.com/poliraider.html> - Consulta realizada em 13/04/2017.

HAUK, V. Structural and residual stress analysis by nondestructive methods. Elsevier, Amsterdam. 1997.

HOGAN, B .E.; et al. MAPP gas: An alternative to oxyacetylene, Journal of Forensic Ident. Vol 56. 2006. pp. 232-241.

International Organization for Standardization. ISO 3779:1977 Road vehicles - Vehicle identification number (VIN) - content and structure.

International Organization for Standardization. ISO 3780:1977 Road vehicles - World manufacturer identifier (WMI) code.

JIANG, D.; et al. Residual stresses in hardmetals caused by grinding and EDM machining and their influence on the flexural strength, Austria, 2005.

JIN, Y. Recovering obliterated engraved vehicle identification number on vehicle frame surfaces by etching technique. Advanced Materials Research. Vol 503. 2012. pp 56-60.

KATTERWE, H. Restoration of serial numbers. Forensic investigation of stolen-recovered and other crime-related vehicles. Academic Press. Amsterdam. 2006. pp 177-205.

KESHARWANI, L.; GUPTA, A.; MISHRA, M. Development of new reagent for restoration of erased serial number on metal plates. Egyptian Journal of Forensic Sciences. Vol 3. 2013. pp 26-34.

KUPPUSWAMY, R. Metallographic etching of aluminium and its alloys for restoration of obliterated marks in forensic science practice and investigations. Intech. 2011. pp 331-352.

LU, J. Handbook of Measurements of Residual Stress. NJ: Fairmont Press. 1996.

LU, J. Handbook of Measurements of Residual Stress, Vol. 2, Ed. SEM, 2ed. 2005.

MACHERAUCH, E.; KLOOS, K. H. Origin, Measurements and Evaluation of Residual Stress in Science and Technology. Ed. by Macherauch, V. Hauk, DGM VERLAG, 1987.

MIZIARA, A. N.; BARROS, G. A. Identificação Veicular I. Secretaria Nacional de Segurança Pública. 2008.

MOLINARI, L. D.; et al. Relatório sobre o uso da tecnologia Poliraid e Magraider na análise das adulterações de gravações em superfícies metálicas e ligas metálicas em veículos a motor, armas de fogo e na recuperação dos dados das marcações primárias destruídas por desbastamento. Polícia Científica do Paraná. Paraná. 2006.

OSPINA T., W.; et al. Revenido químico de marcas seriales en motores de aluminio con hipoclorito de sodio. Identificación de Automotores. Policía Nacional de Colombia, Dirección Nacional de Escuelas, Escuela de Investigación Criminal. 2012. pp 28-36.

PETTERD, C. Serial number. Encyclopedia of Forensic Sciences. Academic Press. San Diego. 2000. pp 1205-1210.

POLK, D. E.; GIESSEN, B. C. Metallurgical aspects of serial number recovery. AFTE Journal. Vol 21. 1989. pp 174-181.

PUENTES, R.; et al. Desarrollo de una pasta de revelado basada en el reactivo de Fry. Avances en Ciencias e Ingeniería. 2012. pp 115-120.

PURDY, S. M. Macroetching, Metallography and Microstructures. ASM Handbook, ASM International. Vol. 9. 2004. pp 313-324.

QUINTELA, O.; LAITANO, V. M. Veículos Automotores - Vistoria E Pericia. Sagra Luzzatto. São Paulo. 1998.

SAE J403-09, Chemical Compositions of SAE Carbon Steels, Society of Automotive Engineers, Warrendale, PA, 2009.

SANTOS, C. Z. Estudo da tensão residual através de difração de Raios-X em aço inoxidável duplex submetido a diferentes tratamentos térmicos. Dissertação de mestrado. Universidade Federal do Espírito Santo, 2012.

SOARES, A. C. Avaliação dos efeitos da plasticidade na medição de tensões residuais pela técnica do furo cego. Tese de Doutorado. Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro, 2003.

SOUSA, D. A. Determinação de Tensões Residuais em Materiais Metálicos por meio de Ensaio de Dureza. Dissertação de mestrado. Universidade Federal de São João Del Rei, 2012.

TERCEIRA VISÃO. 2009. Disponível em: http://pt.slideshare.net/Paula_G/apresentao-3-visao - Consulta realizada em 28/07/2016.

TURLEY, D. M. Restoration of stamp marks on steel components by etching and magnetic techniques. *Journal of Forensic Sciences*. Vol 32. 1987. pp 640–649.

WAHAB, M. F. A.; GHANI, N. I. M.; KUPPUSWAMY, R. An investigation into the suitability of some etching reagents to restoring obliterated stamped numbers on cast iron engine blocks of cars. *Forensic Science International*. Vol 223. 2012. pp 53-63.

WIGHTMAN, G. MATTHEW, J. Restoration of stamp marks on steel components. *Forensic Science International*. Vol 180. 2008. pp 32-36.

WITHERS, P. J. Residual stress and its role in failure. *Reports on Progress in Physics*. Manchester. 2007. pp 2211–2264.

WITHERS, P. J.; et al. Recent Advances in Residual Stress Measurement. *The International Journal of Pressure Vessels and Piping*. 2008. pp 118-127.

YIN, S. H.; KUPPUSWAMY R. On the sensitivity of some common metallographic reagents to restoring obliterated marks on medium carbon (0.31% C) steel surfaces. *Forensic Science International*. Vol 183. 2009. pp 50-3.

ZAILI, M. A.; KUPPUSWAMY, R.; HAFIZAH, H. Restoration of engraved marks on steel surfaces by etching technique. *Forensic Science International*. Vol 171. 2006. pp 27-32.