

# LIGAS METÁLICAS E METAIS - IDENTIFICAÇÃO ATRAVÉS DE TESTES PELO IMÃ E POR PONTOS

## Método de Ensaio

Esta Norma substitui e cancela a sua revisão anterior.

Cabe à CONTEC - Subcomissão Autora, a orientação quanto à interpretação do texto desta Norma. O Órgão da PETROBRAS usuário desta Norma é o responsável pela adoção e aplicação dos seus itens.

**Requisito Técnico:** Prescrição estabelecida como a mais adequada e que deve ser utilizada estritamente em conformidade com esta Norma. Uma eventual resolução de não segui-la ("não-conformidade" com esta Norma) deve ter fundamentos técnico-gerenciais e deve ser aprovada e registrada pelo Órgão da PETROBRAS usuário desta Norma. É caracterizada pelos verbos: "dever", "ser", "exigir", "determinar" e outros verbos de caráter impositivo.

**Prática Recomendada:** Prescrição que pode ser utilizada nas condições previstas por esta Norma, mas que admite (e adverte sobre) a possibilidade de alternativa (não escrita nesta Norma) mais adequada à aplicação específica. A alternativa adotada deve ser aprovada e registrada pelo Órgão da PETROBRAS usuário desta Norma. É caracterizada pelos verbos: "recomendar", "poder", "sugerir" e "aconselhar" (verbos de caráter não-impositivo). É indicada pela expressão: [Prática Recomendada].

Cópias dos registros das "não-conformidades" com esta Norma, que possam contribuir para o seu aprimoramento, devem ser enviadas para a CONTEC - Subcomissão Autora.

As propostas para revisão desta Norma devem ser enviadas à CONTEC - Subcomissão Autora, indicando a sua identificação alfanumérica e revisão, o item a ser revisado, a proposta de redação e a justificativa técnico-econômica. As propostas são apreciadas durante os trabalhos para alteração desta Norma.

***"A presente Norma é titularidade exclusiva da PETRÓLEO BRASILEIRO S.A. - PETROBRAS, de uso interno na Companhia, e qualquer reprodução para utilização ou divulgação externa, sem a prévia e expressa autorização da titular, importa em ato ilícito nos termos da legislação pertinente, através da qual serão imputadas as responsabilidades cabíveis. A circulação externa será regulada mediante cláusula própria de Sigilo e Confidencialidade, nos termos do direito intelectual e propriedade industrial."***

## Apresentação

As Normas Técnicas PETROBRAS são elaboradas por Grupos de Trabalho - GTs (formados por especialistas da Companhia e das suas Subsidiárias), são comentadas pelas Unidades da Companhia e das suas Subsidiárias, são aprovadas pelas Subcomissões Autoras - SCs (formadas por técnicos de uma mesma especialidade, representando as Unidades da Companhia e as suas Subsidiárias) e homologadas pelo Plenário da CONTEC (formado pelos representantes das Unidades da Companhia e das suas Subsidiárias). Uma Norma Técnica PETROBRAS está sujeita a revisão em qualquer tempo pela sua Subcomissão Autora e deve ser reanalisada a cada 5 anos para ser revalidada, revisada ou cancelada. As Normas Técnicas PETROBRAS são elaboradas em conformidade com a norma PETROBRAS N-1. Para informações completas sobre as Normas Técnicas PETROBRAS, ver Catálogo de Normas Técnicas PETROBRAS.

## 1 OBJETIVO

1.1 Esta Norma prescreve o método de ensaio de identificação de metais e ligas metálicas mais usadas na indústria do petróleo e petroquímica por meio de ímã e reações químicas que podem ser aceleradas eletroliticamente.

Nota: A identificação de ligas metálicas e metais por esta Norma adequa-se a materiais recocidos ou normalizados. Materiais com tratamento térmico superficial, témpera ou com mudanças decorrentes das condições de serviços (como por exemplo: carbonatação, descarbonatação, desbalanceamento químico, difusão) podem modificar o resultado do ensaio (QS ou PE).

1.2 Esta Norma se aplica a projetos iniciados a partir da data de sua edição.

1.3 Esta Norma contém Requisitos Técnicos e Práticas Recomendadas.

## 2 DOCUMENTOS COMPLEMENTARES

Os documentos relacionados a seguir são citados no texto e contêm prescrições válidas para a presente Norma.

Portaria nº 3214, 08/06/78 - Norma Regulamentadora nº 6 (NR-06) - Equipamento de Proteção Individual;

PETROBRAS [N-1590](#) - Ensaio Não-Destrutivo - Qualificação de Pessoal;

PETROBRAS [N-1592](#) - Ensaio Não-Destrutivo - Teste pelo Ímã e por Pontos;

PETROBRAS [N-2162](#) - Permissão para Trabalho.

## 3 DEFINIÇÕES

Para os propósitos desta Norma são adotadas as definições da norma PETROBRAS [N-1592](#), complementadas pelos itens 3.1 a 3.6.

### 3.1 Ímã

Material ferromagnético com imantação, possuindo uma área de contato, dos 2 pólos somados, de 50 mm<sup>2</sup> a 150 mm<sup>2</sup>, capaz de levantar uma peça de aço-carbono de peso mínimo 2,5 N (0,25 kgf).

### 3.2 Vidro de Relógio

Vidro com uma superfície côncava com diâmetro de 75 mm a 100 mm.

### 3.3 Amostra

Material a ser identificado, podendo ser toda ou parte de uma peça.

### 3.4 Padrão Metálico

Amostra de material com composição química conhecida, que serve como elemento de referência para os testes.

### 3.5 Identificação por Ataque Químico Simples (QS)

Consiste na aplicação da solução química adequada a cada teste, sobre a superfície previamente preparada e observação da reação após a aplicação de um reagente específico, quando aplicável.

### 3.6 Identificação por Polarização Eletrolítica (PE)

Consiste em submeter o material à ação da solução química, associado a uma aceleração eletrolítica através de dispositivo apropriado e observação da coloração do papel-filtro ou da peça ensaiada após a aplicação de um reagente específico, quando aplicável.

## 4 MATERIAIS IDENTIFICÁVEIS

Podem ser identificadas as seguintes classes de materiais:

- a) ferro fundido;
- b) aço-carbono;
- c) aços ligas:
  - AISI 4140 (aço com 1,00 % Cr - 0,25 % Mo);
  - AISI 4340 (aço com 0,80 % Cr - 0,25 % Mo - 1,80 % Ni);
  - grau 1 (aço com 0,50 % Mo);
  - grau 11 (aço com 1,25 % Cr - 0,50 % Mo);
  - grau 22 (aço com 2,25 % Cr - 1,00 % Mo);
  - grau 5 (aço com 5,00 % Cr - 0,50 % Mo);
  - grau 7 (aço com 7,00 % Cr - 0,50 % Mo);
  - grau 9 (aço com 9,00 % Cr - 1,00 % Mo);
  - AISI D3 (aço com 2,20 % C - 12,00 % Cr);
  - aço níquel com 2,00 % a 4,00 % de Ni;
- d) aços inoxidáveis austeníticos (AISI série 300):
  - AISI 304 (aço com 18,00 % Cr - 8,00 % Ni);
  - AISI 316 (aço com 18,00 % Cr - 12,00 % Ni - 2,00 % a 3,00 % Mo);
  - AISI 317 (aço com 19,00 % Cr - 13,00 % Ni - 3,00 % a 4,00 % Mo);
  - AISI 309 (aço com 25,00 % Cr - 12,00 % Ni);
  - AISI 310 (aço com 25,00 % Cr - 20,00 % Ni);
  - AISI 321 (aço com 18,00 % Cr - 10,00 % Ni - Ti);
  - AISI 347 (aço com 18,00 % Cr - 11,00 % Ni - Nb);
- e) AISI série 400 (aços inoxidáveis ferríticos ou martensíticos);
- f) ligas de cobre:
  - cupro-níquel (70 % Cu e 30 % Ni ou 90 % Cu e 10 % Ni);
  - latão não inibido (70 % Cu e 30 % Zn);
  - latão inibido (70 % Cu e 30 % Zn com Sb ou As ou P);

- g) ligas patenteadas:
  - <sup>1)</sup>Monel® (63 % Ni e 27 % Cu);
  - <sup>1)</sup>Inconel® (72 % Ni e 16 % Cr);
  - <sup>1)</sup>Stellite® (60 % Co e 28 % Cr);
  - <sup>1)</sup>Hastelloy B® (60 % Ni, 28 % Mo e 1 % Cr);
  - <sup>1)</sup>Hastelloy C® (55 % Ni, 15 % Mo e 16 % Cr);
- h) níquel.

Notas: 1) Não é possível por este método distinguir os vários tipos de liga dentro da mesma classe, como por exemplo:

- a) os aços AISI 304, AISI 304L, pertencentes à classe 18 % Cr - 8 % Ni;
- b) os aços AISI da série 400.

2) O percentual dos elementos químicos das ligas patenteadas citadas no Capítulo 4 são valores de referência.

## 5 CONDIÇÕES GERAIS

### 5.1 Aparelhagem

Os principais equipamentos, ferramentas e materiais utilizados são os seguintes:

- a) escova de aço inoxidável;
- b) escova de aço-carbono;
- c) esmerilhadeira portátil;
- d) lima chata murça;
- e) ímã;
- f) pinça com 100 mm de comprimento;
- g) padrão metálico para cada material que se pretende identificar;
- h) dispositivo para eletrólise, similar ao da FIGURA A-1 do ANEXO A;
- i) lixas diversas;
- j) bastão de vidro;
- k) vidro de relógio;
- l) papel-filtro;
- m) frascos de vidro de 100 mL, de cor âmbar;
- n) frascos de polietileno de 10 mL com conta-gotas;
- o) algodão.

### 5.2 Requisitos de Segurança e Ambientais

5.2.1 Devem ser considerados os aspectos e impactos ambientais e riscos e perigos causados pela atividade de inspeção em serviço.

<sup>1)</sup> MONEL®, INCONEL®, STELLITE®, HASTELLOY B® e HASTELLOY C® são nomes comerciais dos materiais. Esta informação é dada para facilitar aos usuários na utilização desta Norma e não significa uma recomendação do produto citado por parte da PETROBRAS. É possível ser utilizado produto equivalente, desde que conduza a resultado igual.

5.2.2 Antes do início dos trabalhos de inspeção em campo, dentro das instalações PETROBRAS, deve ser obtida uma permissão de trabalho, conforme a norma PETROBRAS [N-2162](#), onde são definidos os requisitos de segurança para a execução dos trabalhos de inspeção. Em caso de não-conformidade, comunicar ao órgão gestor da segurança industrial e meio ambiente.

5.2.3 Utilizar os EPIs necessários para execução dos serviços de inspeção, conforme a norma regulamentadora nº 6 (NR-6).

5.2.4 Considerando que alguns dos reagentes causam queimaduras e/ou irritações, estes reagentes devem ser manipulados com precaução. Caso haja contato do reagente, a pele deve ser lavada imediatamente com água.

5.2.5 Os resíduos líquidos (como por exemplo: ácidos e bases) e sólidos (como por exemplo: papel-filtro, algodão, frascos) utilizados no ensaio de teste por pontos devem ser recolhidos e descartados em local apropriado, conforme estabelecido pelo órgão gestor da segurança industrial e meio ambiente.

### 5.3 Qualificação de Pessoal

Deve ser qualificado de acordo com a norma PETROBRAS [N-1590](#).

## 6 SOLUÇÕES QUÍMICAS

### 6.1 Condições Gerais

6.1.1 Todas as soluções, conforme descritas no item 6.2, devem ser preparadas mediante o uso de reagentes grau p.a., pesados com precisão de 0,01 g e água destilada.

6.1.2 As soluções devem ser mantidas em vidros de cor âmbar, hermeticamente fechados, exceto a solução 04 (hidróxido de sódio) que deve ser mantida em frasco plástico.

6.1.3 A qualidade das soluções deve ser verificada, antes do início dos trabalhos por meio dos padrões metálicos. Atenção maior deve ser dada ao prazo de validade das soluções 06, 13, 15, 17, 19, 23, 24, 25 e 26 que se deterioraram rapidamente.

6.1.4 Os frascos de vidro não devem ser usados para execução do teste e sim apenas para armazenamento das soluções. As sobras de soluções dos frascos plásticos usadas para execução dos testes não devem retornar para os frascos de vidro.

6.1.5 A identificação dos diversos materiais pode ser feita utilizando-se os fluxogramas de identificação de ligas metálicas (ver FIGURAS A-2, A-3 e A-4 do ANEXO A). **[Prática Recomendada]**

6.1.6 Deve ser feita, visualmente, uma classificação preliminar no caso específico de latões e ligas Cu-Ni.

6.1.7 Em todos os métodos (QS ou PE), a avaliação do resultado deve ser executada comparativamente, através de padrões metálicos.

## 6.2 Preparação e Identificação das Soluções

### 6.2.1 Solução 01

Solução saturada de sulfato cúprico: dissolver 50,0 g de sulfato cúprico penta hidratado ( $\text{CuSO}_4 \cdot 5 \text{H}_2\text{O}$ ) em 100 mL de água aquecida a 50 °C.

### 6.2.2 Solução 02

Solução de ácido nítrico a 85 % em volume: adicionar vagarosamente 85 mL de ácido nítrico concentrado ( $\text{HNO}_3 - d = 1,40 \text{ g/cm}^3$ ) a 15 mL de água.

### 6.2.3 Solução 03

Solução ácida nitroclorídrica: adicionar 30 mL de ácido clorídrico concentrado ( $\text{HCl} - d = 1,18 \text{ g/cm}^3$ ) e 30 mL de ácido nítrico concentrado ( $d = 1,40 \text{ g/cm}^3$ ) a 30 mL de água.

### 6.2.4 Solução 04

Solução de hidróxido de sódio de 333 g/L: dissolver 33,3 g de hidróxido de sódio ( $\text{NaOH}$ ) em 100 mL de água. Armazenar em frasco plástico.

### 6.2.5 Solução 05

Solução de ácido clorídrico a 67 % em volume: adicionar vagarosamente 67 mL de ácido clorídrico concentrado ( $d = 1,18 \text{ g/cm}^3$ ) a 33 mL de água.

### 6.2.6 Solução 06

Solução de xantogenato de potássio a 2 %: dissolver 2,0 g de xantogenato de potássio ( $\text{KS}_2\text{CO}_2\text{H}_5$ ) em 100 mL de água.

### 6.2.7 Solução 07

Solução ácida cloro-nitro-fosfórica: dissolver 2,5 g de cloreto de sódio ( $\text{NaCl}$ ) em 20 mL de água; adicionar 25 mL de ácido fosfórico concentrado ( $d = 1,69 \text{ g/cm}^3$ ) e agitar; em seguida adicionar 6 mL de ácido nítrico concentrado ( $d = 1,40 \text{ g/cm}^3$ ).

### 6.2.8 Solução 08

Solução de cloreto férrico: dissolver 6,0 g de  $\text{FeCl}_3 \cdot 6 \text{ H}_2\text{O}$  em 6 mL de HCl concentrado e acrescentar 60 mL de água.

### 6.2.9 Solução 09

Ácido nítrico concentrado ( $d = 1,40 \text{ g/cm}^3$ ).

### 6.2.10 Solução 10

Solução de ácido nítrico a 47 % em volume: adicionar vagarosamente 47 mL de ácido nítrico concentrado ( $d = 1,40 \text{ g/cm}^3$ ) a 53 mL de água.

### 6.2.11 Solução 11

Solução de ácido nítrico a 35 % em volume: adicionar vagarosamente 35 mL de ácido nítrico concentrado ( $d = 1,40 \text{ g/cm}^3$ ) a 65 mL de água.

### 6.2.12 Solução 12

Solução de ácido clorídrico a 8 % em volume: diluir 8 mL de ácido clorídrico concentrado ( $d = 1,18 \text{ g/cm}^3$ ) a 92 mL de água.

### 6.2.13 Solução 13

Solução de ferrocianeto de potássio a 10 %: dissolver 10,0 g de ferrocianeto de potássio  $[\text{K}_3\text{Fe}(\text{CN})_6]$  em 100 mL de água.

### 6.2.14 Solução 14

Solução de ácido sulfúrico a 20 % em volume: adicionar vagarosamente 20 mL de ácido sulfúrico concentrado ( $\text{H}_2\text{SO}_4 - d = 1,84 \text{ g/cm}^3$ ) em 80 mL de água.

### 6.2.15 Solução 15

Solução de nitrato de prata a 2 %: dissolver 2,0 g de nitrato de prata em 100 mL de água.

### 6.2.16 Solução 16

Solução de ácido rubeânico a 1 %: dissolver 1,0 g de ácido rubeânico ( $\text{C}_2\text{H}_4\text{N}_2\text{S}_2$ ) em 100 mL de álcool etílico.

### 6.2.17 Solução 17

Solução de cloreto estanoso a 20 %: dissolver 20 g de cloreto estanoso em 100 mL de água destilada.

**6.2.18 Solução 18**

Solução ácida nitro-ortofosfórica: adicionar 100 mL de ácido nítrico concentrado ( $d = 1,40 \text{ g/cm}^3$ ) e 25 mL de ácido ortofosfórico concentrado a 85 % em 125 mL de água.

**6.2.19 Solução 19**

Solução amoniacal de dimetilgioxima: dissolver 10,0 g de acetato de amônia em 39 mL de hidróxido de amônia concentrado ( $\text{NH}_4\text{OH} - d = 0,90 \text{ g/cm}^3$ ); dissolver 1 g de dimetilgioxima em 30 mL de álcool etílico à quente; esfriar e acrescentar 60 mL de ácido acético glacial ( $\text{CH}_3\text{COOH}$ ); misturar ambas as soluções.

**6.2.20 Solução 20**

Solução de nitrato cúprico: adicionar 50 g de nitrato cúprico  $\text{Cu}(\text{NO}_3)_2$  saturado em água, a 50 mL de água.

**6.2.21 Solução 21**

Ácido clorídrico concentrado ( $d = 1,18 \text{ g/cm}^3$ ).

**6.2.22 Solução 22**

Solução ácida nitro-sulfúrica: adicionar 15 mL, de ácido nítrico concentrado ( $d = 1,40 \text{ g/cm}^3$ ) em 20 mL de água; nesta solução adicionar 15 mL de ácido sulfúrico concentrado ( $d = 1,84 \text{ g/cm}^3$ ).

**6.2.23 Solução 23**

Solução de água oxigenada a 15 % em volume.

**6.2.24 Solução 24**

Solução de hidróxido de amônia ( $\text{NH}_4\text{OH}$  concentrado).

**6.2.25 Solução 25**

Solução de tiocianato de amônia a 10 %: dissolver 10 g de tiocianato de amônia em 100 mL de água.

**6.2.26 Solução 26**

Solução de xantogenato de potássio saturada em álcool etílico.

### 6.2.27 Solução 27

Solução de mercuritiocianato de amônia: dissolver 8,0 g de  $\text{HgCl}_2$  e 9,0 g de  $\text{NH}_4\text{SCN}$  em 100 mL de água.

### 6.2.28 Solução 28

Ácido cromatrópico.

Nota: O ácido cromatrópico trata-se de um reagente puro.

## 7 EXECUÇÃO DO ENSAIO

### 7.1 Preparação da Superfície

7.1.1 Remover incrustações, pintura, carepa de laminação, óxidos e materiais estranhos, em uma área aproximada de 30 mm x 30 mm, até que fique exposta uma superfície limpa e brilhante.

7.1.2 Cada novo teste requer uma nova limpeza da área de ensaio, de modo a evitar a contaminação pelos reagentes já utilizados.

7.1.3 Para obtenção da superfície requerida, pode-se fazer uso de esmerilhadeira portátil, lima ou lixa, seguido de limpeza com água ou, de preferência, com álcool etílico absoluto. **[Prática Recomendada]**

7.1.4 O grau de acabamento final da superfície a ser ensaiada pode influenciar na velocidade das reações. Recomenda-se a utilização de lixas de grana 150 a 220. **[Prática Recomendada]**

7.1.5 Para preparação de superfícies de aços inoxidáveis e ligas de níquel, devem ser usadas ferramentas de aço inoxidável ou com revestimento deste material. Os discos de corte e esmerilhamento devem ter alma de náilon ou similar.

### 7.2 Separação dos Materiais pelo Magnetismo (Ver FIGURA A-2 do ANEXO A)

7.2.1 Verificar o magnetismo do material a ser testado através do ímã, tomando o cuidado para que tal propriedade não seja afetada pela interferência de outros materiais próximos.

### 7.2.2 Classificação dos materiais:

- a) magnéticos:
  - ferro fundido;
  - aço-carbono;
  - aços-liga;
  - aços inoxidáveis ferríticos e martensíticos;
  - níquel;
- b) levemente magnéticos:
  - Monel®;
- c) não magnéticos:
  - aços inoxidáveis austeníticos;
  - ligas de cobre;
  - Inconel®;
  - Stellite®;
  - Hastelloy B®;
  - Hastelloy C®.

Notas: 1) Os aços inoxidáveis austeníticos podem ter suas propriedades magnéticas alteradas para levemente magnéticas ou até magnéticas, devido ao processo de fabricação ou de trabalho.  
2) O Monel® pode ter sua propriedade magnética alterada pela temperatura ou pela presença de teores de Si acima de 1,5 %.

### 7.3 Identificação de Materiais Através das Reações Químicas

#### 7.3.1 Condições Gerais

7.3.1.1 Deve ser evitado o contato da extremidade do frasco conta-gotas com o líquido na superfície da peça, bem como com a própria superfície, no sentido de evitar a contaminação da solução contida no interior do frasco.

7.3.1.2 Deve-se tomar cuidados especiais a fim de evitar que gotas de solução entrem em contato com impurezas e óxidos, devendo o contato ocorrer apenas entre a solução e a superfície limpa e brilhante do metal, já preparada para o teste.

7.3.1.3 Recomenda-se que a temperatura da amostra seja de no máximo 30 °C. **[Prática Recomendada]**

Nota: 1) A temperatura da superfície da peça influí no resultado do teste (o calor acelera a reação).  
2) Ensaios realizados com temperatura da amostra superior a 30 °C devem ter sua eficácia comprovada através de padrão metálico na mesma temperatura da amostra.

### 7.3.2 Identificação por Ataque Químico Simples (QS)

#### 7.3.2.1 (QS.01) Teste para Identificação de Ligas Ferrosas

- a) aplicação:
  - separar os materiais ferrosos dos não ferrosos;
- b) procedimento:
  - aplicar 1 gota da solução 12 (HCl a 8 % em volume), aguardar 1 minuto e adicionar 1 gota da solução 13 (ferrocianeto de potássio a 10 %);
- c) resultados: conforme TABELA 1.

**TABELA 1 - RESULTADO DO TESTE PARA IDENTIFICAÇÃO DE LIGAS FERROSAS**

Tipo de Reação	Material
Coloração verde azulado escuro	- ligas ferrosas.
Não houver coloração verde azulado escuro	- ligas de Cu-Ni; latões; Hastelloy B <sup>®</sup> ; - Hastelloy C <sup>®</sup> ; - Inconel <sup>®</sup> ; - Stellite <sup>®</sup> .

#### 7.3.2.2 (QS.02) Teste da Passividade ao Ácido Nítrico

- a) aplicação:
  - pré-seleção dos materiais;
- b) procedimento:
  - aplicar 1 gota da solução 02 (HNO<sub>3</sub> a 85 % em volume) cuidando para não deixar escorrer;
- c) resultados: conforme TABELA 2.

**TABELA 2 - RESULTADO DO TESTE DA PASSIVIDADE AO ÁCIDO NÍTRICO**

Tipo de Reação	Material
Instantânea com coloração verde ou marrom	- ferro fundido; - aço-carbono; - aço-carbono-molibdênio; - aço com 2,20 % C - 12,00 % Cr (AISI D3); - aço com 1,00 % Cr - 0,25 % Mo (AISI 4140); - aço com 0,80 % Cr - 0,25 % Mo - 1,80 % Ni (AISI 4340); - aço com 1,25 % Cr - 0,50 % Mo; - aço níquel com 2,00 % a 4,00 % de Ni.
Violenta esverdeada, com desprendimento de vapor marrom	- Monel <sup>®</sup> ; - Hastelloy B <sup>®</sup> .
Violenta azulada com desprendimento de vapor marrom	- latão; - cupro níquel.
Fraca com coloração verde clara	- níquel.
Se não houver reação	- aços com teor igual ou maior que 2,25 % de Cr.

- Notas:
- 1) Teores elevados de carbono favorecem o ataque da solução 02 ( $\text{HNO}_3$  a 85 % em volume) a ligas de cromo (exemplo: AISI D3).
  - 2) Recolhendo o produto da reação no papel de filtro evidencia-se melhor a coloração azulada ou esverdeada.

#### 7.3.2.3 (QS.03) Teste para Estimativa do Teor de Cromo

- a) aplicação:
  - serve para estimar o teor de cromo em aços-liga cromo-molibdênio e aços inoxidáveis ferríticos e martensíticos;
- b) procedimento:
  - aplicar 1 gota das soluções 09 ( $\text{HNO}_3$  concentrado), 10 ( $\text{HNO}_3$  a 47 % em volume) e 11 ( $\text{HNO}_3$  a 35 % em volume) em locais distintos do material;
- c) resultados:
  - avaliação das reações conforme a TABELA 3.

**TABELA 3 - RESULTADO DO TESTE PARA ESTIMATIVA DO TEOR DE CROMO**

Solução	Tipo de Reação	Cromo
09 10 11	Reação fraca Reação vigorosa com cor escura Reação vigorosa com cor escura	$\approx 1\%$
09 10 11	Não reage Reação vigorosa com cor escura Reação vigorosa com cor escura	$\approx 2\%$
09 10 11	Não reage Reação rápida, torna-se marrom-escuro, depois permanece sem cor Reage, permanecendo com cor escura	$\approx 5\%$
09 10 11	Não reage Não reage Reação rápida, torna-se marrom-escuro, depois permanece sem cor	$\approx 7\%$
09 10 11	Não reage Não reage Reage muito fraca, deixando uma leve mancha após 2 minutos	$\approx 9\%$
09 10 11	Não reage Não reage Não reage	$\approx 11\%$

#### 7.3.2.4 (QS.04) Teste do Sulfato de Cobre

- a) aplicação:
  - serve para separar os aços com teores de até 7 % de cromo dos aços com teores acima de 7 %;

b) procedimento:

- aplicar 1 gota da solução 01 (solução saturada de sulfato cúprico) e aguardar a deposição de cobre até 10 minutos;

c) resultados: conforme TABELA 4.

#### **TABELA 4 - RESULTADO DO TESTE DO SULFATO DE COBRE**

<b>Tipo de Reação</b>	<b>Material</b>
Com deposição de cobre metálico	- aço com teor de cromo de até 7 %.
Sem deposição de cobre metálico	- aço com teor de cromo acima de 7 %.

Nota: A velocidade da deposição do cobre está inversamente ligada ao teor de cromo do material e também ao preparo da superfície. Quanto maior o polimento, maior o tempo de deposição.

#### **7.3.2.5 (QS.05) Teste para Estimativa do Alto Teor de Cromo**

a) aplicação:

- serve para distinguir os aços inoxidáveis austeníticos com 18 % de cromo dos aços inoxidáveis austeníticos com 25 % de cromo;
- AISI 304, 321, 347 dos AISI 309 e 310; ou
- AISI 316 do AISI 317;

b) procedimentos:

- aplicar 2 gotas da solução 07 (solução ácida cloro-nitro-fosfórica);

c) resultados: conforme TABELA 5.

#### **TABELA 5 - RESULTADO DO TESTE PARA ESTIMATIVA DO ALTO TEOR DE CROMO**

<b>Reação</b>	<b>Material</b>
<b>Distinção entre AISI 304, 321 e 347 dos AISI 309 e 310</b>	
Reação com formação de líquido verde escuro com desprendimento de gás após 5 minutos	- AISI 304; - AISI 321; - AISI 347.
Reação fraca com formação de líquido verde-azulado claro após 5 minutos	- AISI 309 ou AISI 310.
<b>Distinção entre AISI 316 e AISI 317</b>	
Reação com formação de líquido verde escuro com desprendimento de gás tornando-se verde claro após 5 minutos.	- AISI 316.
Reação fraca com formação de líquido verde claro, tornando-se incolor após 3 minutos.	- AISI 317.

### 7.3.2.6 (QS.06) Teste para Identificação de Ferro Fundido

- a) aplicação:
  - serve para separar ferro fundido de aço-carbono e aço-liga;
- b) procedimento:
  - aplicar 1 gota da solução 15 (solução de nitrato de prata a 2 %);
- c) resultados: conforme TABELA 6.

**TABELA 6 - RESULTADO DO TESTE PARA IDENTIFICAÇÃO DE FERRO FUNDIDO**

Tipo de Reação	Material
Se houver a formação de uma mancha escura na peça	- ferro fundido.
Se não houver formação de uma mancha escura na peça	- aço-carbono; - aço-liga.

Notas: 1) Como alternativa, pode ser usada a solução 20 (solução de nitrato cúprico) no lugar da solução 15 (solução de nitrato de prata a 2 %). Se houver depósito de cobre e a coloração mudar de azul para preta imediatamente, trata-se de ferro fundido.  
 2) Aços-carbono-manganês ou silício-manganês podem apresentar reação semelhante a do ferro fundido.

### 7.3.2.7 (QS.07) Teste para Identificação do Baixo Teor de Molibdênio

- a) aplicação:
  - serve para identificar a presença de molibdênio com teor maior ou igual a 0,15 % em aços com até 2,25 % de cromo;
- b) procedimento:
  - aplicar 1 gota da solução 11 ( $\text{HNO}_3$  a 35 % em volume); absorver a gota no papel-filtro, sem esfregar a peça;
  - aplicar na mancha escura da peça 1 gota da solução 14 ( $\text{H}_2\text{SO}_4$  a 20 % em volume) e deixar reagir;
  - absorver esta gota em novo papel-filtro e aplicar na mancha úmida deste papel, algumas gotas da solução 26 (solução de xantogenato de potássio saturada em álcool etílico);
- c) resultados:
  - a coloração rósea no papel indica a presença de molibdênio.

### 7.3.2.8 (QS.08) Teste para Identificação do Molibdênio

- a) aplicação:
  - serve para detectar presença de molibdênio com teor maior que 0,3 %;
- b) procedimento:
  - aplicar 1 gota da solução 03 (solução ácida nitro-clorídrica);
  - cessada a reação, adicionar 1 gota da solução 04 (hidróxido de sódio de 333 g/L, misturando as soluções 03 e 04);
  - aplicar 1 gota ou 2 gotas da solução 05 ( $\text{HCl}$  a 67 % em volume);
  - recolher a solução formada através de absorção pelo papel-filtro;
  - adicionar então a solução 06 (xantogenato de potássio a 2 %) sobre a área umedecida do papel;
- c) resultados: conforme TABELA 7.

## TABELA 7 - RESULTADO DO TESTE PARA IDENTIFICAÇÃO DO MOLIBDÊNIO

Tipo de Reação	Material
Coloração rósea	<ul style="list-style-type: none"> <li>- aço-carbono molibdênio;</li> <li>- aços-liga com molibdênio;</li> <li>- aços inoxidáveis com molibdênio;</li> <li>- Hastelloy B®.</li> </ul>
Se não houver coloração rósea	<ul style="list-style-type: none"> <li>- material com menos de 0,3 % de molibdênio ou material sem molibdênio.</li> </ul>

### 7.3.2.9 (QS.09) Teste para Identificação do Baixo Teor de Níquel

- a) aplicação:  
 - serve para identificar a presença de níquel com teor maior ou igual que 0,6 % nas ligas ferrosas;
- b) procedimento:  
 - aplicar 1 gota da solução 22 (solução ácida nitro-sulfúrica); deixar reagir e aplicar 2 gotas da solução 23 (água oxigenada a 15 % em volume); misturar o resultado da reação e adicionar 2 gotas da solução 24 (hidróxido de amônia concentrado);  
 - em seguida, misturar novamente a solução formada e recolher através de duplo papel-filtro; desprezar o papel que esteve em contato com o precipitado da reação e pingar sobre o papel superior (sem precipitado) 1 gota da solução 19 (solução amoniacial de dimetilgioxima);
- c) resultados:  
 - a coloração rósea permanente no papel indica a presença de níquel.

### 7.3.2.10 (QS.10) Teste para Identificação do Níquel

- a) aplicação:  
 - para detectar presença de níquel com teores maiores que 1,8 % em aços com até 2 % de cromo;
- b) procedimento:  
 - aplicar 1 gota da solução 18 (solução ácida nitro-ortofosfórica);  
 - após 2 minutos, absorver a gota com papel-filtro;  
 - na mancha formada no papel, aplicar algumas gotas da solução 19 (solução amoniacial de dimetilgioxima);
- c) resultados, após a secagem do papel: conforme TABELA 8.

## TABELA 8 - RESULTADO DO TESTE PARA IDENTIFICAÇÃO DO NÍQUEL

Tipo de Reação	Material
Havendo a formação de coloração rósea	<ul style="list-style-type: none"> <li>- níquel;</li> <li>- cupro-níquel;</li> <li>- Monel®;</li> <li>- aço níquel (de 2 % a 4 % de Ni);</li> <li>- AISI 4340;</li> <li>- Hastelloy B®.</li> </ul>
Se não houver coloração rósea	<ul style="list-style-type: none"> <li>- material não possui níquel ou possui teor menor que 1,8 % de níquel.</li> </ul>

### 7.3.2.11 (QS.11) Teste para Identificação de Níquel em Ligas com Alto Teor de Cromo

- a) aplicação:
  - para detectar presença de níquel em aços inoxidáveis austeníticos, Inconel®, Hastelloy B® e Hastelloy C®;
- b) procedimento:
  - aplicar 1 gota da solução 21 (ácido clorídrico concentrado), em seguida aplicar 1 gota da solução 09 (ácido nítrico concentrado) e deixar reagir por 1 minuto;
  - absorver a gota com papel-filtro;
  - na mancha formada no papel-filtro, aplicar, no mínimo, 3 gotas da solução 19 (solução amoniacal de dimetilgioxima);
- c) resultados:
  - a coloração rósea permanente no papel indica a presença de níquel.

### 7.3.2.12 (QS.12) Teste de Identificação do Cobre

- a) aplicação:
  - serve para identificar a presença de cobre em ligas cupro-níquel, latões e Monel®;
- b) procedimento:
  - aplicar 1 gota da solução 10 ( $\text{HNO}_3$  a 47 % em volume) e deixar reagir;
  - cessada a reação, absorver o produto da reação em papel-filtro;
  - aplicar gotas da solução 24 ( $\text{NH}_4\text{OH}$  concentrado);
- c) resultado:
  - a coloração azul no papel-filtro indica a presença de cobre.

Nota: Como alternativa, podem ser aplicadas 2 gotas da solução 16 (ácido rubeânico a 1 %) no lugar da solução 24 ( $\text{NH}_4\text{OH}$  concentrado). A presença de cobre fica evidenciada através da coloração preta no papel-filtro.

### 7.3.2.13 (QS.13) Teste para Classificação do Monel®

- a) aplicação:
  - serve para separar o Monel® K-500 do Monel® 400;
- b) procedimento:
  - aplicar 1 gota da solução 09 ( $\text{HNO}_3$  concentrado);
- c) resultados: conforme TABELA 9.

**TABELA 9 - RESULTADO DO TESTE PARA CLASSIFICAÇÃO DO MONEL®**

Tipo de Reação	Material
Se após a reação houver a formação de mancha preta na superfície do material	- Monel® K-500.
Se após a reação houver a formação de mancha verde-azulada	- Monel® 400.

**7.3.2.14 (QS.14) Teste para Identificação de Elemento Estabilizante do Cromo em Aços Inoxidáveis AISI 321 (Titânio) e AISI 347 (Nióbio)**

- a) aplicação:
  - serve para distinguir o aço inoxidável AISI 304 dos aços inoxidáveis AISI 321 e AISI 347;
- b) procedimento:
  - aplicar 1 gota da solução 09 ( $\text{HNO}_3$  concentrado); adicionar 1 gota da solução 21 ( $\text{HCl}$  concentrado); mexer e deixar reagir;
  - após cessada a reação, absorver o produto da reação num papel-filtro;
- c) resultados: conforme TABELA 10.

**TABELA 10 - RESULTADO DO TESTE PARA IDENTIFICAÇÃO DE ELEMENTO ESTABILIZANTE DO CROMO EM AÇOS INOXIDÁVEIS AISI 321 (TITÂNIO) E AISI 347 (NIÓBIO)**

Tipo de Reação	Material
Mancha verde-amarelada no papel	- aço inoxidável AISI 304.
Mancha verde-amarelada com mancha acinzentada	- aço inoxidável AISI 321 ou AISI 347.

**7.3.2.15 (QS.15) Teste para a Identificação do Elemento Inibidor do Latão (Antimônio, Fósforo ou Arsênico)**

- a) aplicação:
  - serve para identificar a presença de elemento inibidor nos latões;
- b) procedimento:
  - aplicar 1 gota da solução 10 ( $\text{HNO}_3$  a 47 % em volume);
  - deixar reagir por 15 segundos;
  - remover o produto da reação com papel-filtro, evitando o contato com a superfície da peça;
- c) resultados: conforme TABELA 11.

**TABELA 11 - RESULTADO DO TESTE PARA A IDENTIFICAÇÃO DO ELEMENTO INIBIDOR DO LATÃO (ANTIMÔNIO, FÓSFORO OU ARSÊNICO)**

Tipo de Reação	Material
Mancha cinza escura na peça	- latão com elemento inibidor.
Mancha amarela na peça	- latão sem elemento inibidor.

Nota: Como alternativa, pode-se utilizar a solução 08 ( $\text{FeCl}_3 \cdot 6 \text{ H}_2\text{O}$ ) no lugar da solução 10 ( $\text{HNO}_3$  a 47 % em volume), obtendo-se os mesmos resultados.

### 7.3.3 Identificação por Polarização Eletrolítica (PE)

#### 7.3.3.1 Seqüência Básica para Execução do Ensaio por Polarização Eletrolítica

- a) tomar 1 tira de papel-filtro de aproximadamente 20 mm x 60 mm;
- b) depositar 2 gotas da solução definida no PE específico sobre uma das extremidades da tira de papel-filtro e colocá-lo sobre a superfície preparada do material em teste;
- c) pressionar levemente a área umedecida do papel-filtro com a ponta A do dispositivo mostrado na FIGURA A-1 do ANEXO A, fechando o circuito de passagem da corrente elétrica durante 30 segundos, contatando a ponta B com o material em teste;
- d) avaliar no papel-filtro a coloração resultante da reação.

Notas:

- 1) A intensidade da coloração é proporcional ao teor do elemento ensaiado.
- 2) Verificar, periodicamente, se a intensidade da corrente produzida pelo dispositivo é suficiente para produzir a reação, através da execução do exame em padrões metálicos.
- 3) Atentar para a posição correta da polaridade da bateria do dispositivo, conforme a FIGURA A-1.

#### 7.3.3.2 (PE.01) Teste para Identificação do Cromo

- a) aplicação:
  - serve para identificar a presença de cromo nas ligas com teor igual ou superior a 5 % de cromo;
- b) procedimento:
  - utilizar a solução 14 ( $H_2SO_4$  a 20 % em volume), conforme seqüência básica descrita no item 7.3.3.1;
- c) resultado:
  - se o papel-filtro apresentar coloração amarelada, está evidenciada a presença de cromo no material.

#### 7.3.3.3 (PE.02) Teste para Identificação do Molibdênio

- a) aplicação:
  - serve para identificar a presença de molibdênio nos aços carbono-molibdênio, cromo-molibdênio, AISI 316, AISI 317, Hastelloy B<sup>®</sup> e Hastelloy C<sup>®</sup>;
- b) procedimento:
  - utilizar a solução 14 ( $H_2SO_4$  a 20 % em volume), conforme seqüência básica descrita no item 7.3.3.1;
- c) aplicar, posteriormente, 2 gotas da solução 06 (xantogenato de potássio a 2 %) sobre o papel-filtro e aguardar surgimento da cor;
- d) resultado:
  - se o papel-filtro apresentar coloração rósea, está evidenciada a presença de molibdênio no material.

#### 7.3.3.4 (PE.03) Teste para Identificação do Níquel

- a) aplicação:
  - serve para identificar a presença de níquel nos aços ao níquel (2 % a 4 % de níquel), cupro-níquel, aços inoxidáveis austeníticos, níquel e suas ligas;
- b) procedimento:
  - utilizar a solução 14 ( $H_2SO_4$  a 20 % em volume), conforme seqüência básica descrita no item 7.3.3.1;
  - aplicar, posteriormente, 2 gotas da solução 19 (amoniacial de dimetilgioxima) sobre o papel-filtro e aguardar surgimento da cor;
- c) resultado:
  - se o papel-filtro apresentar coloração rósea, está evidenciada a presença de níquel no material.

#### 7.3.3.5 (PE.04) Teste para Identificação do Cobre

- a) aplicação:
  - serve para identificar a presença de cobre no Monel® e nas ligas de cobre;
- b) procedimento:
  - utilizar a solução 14 ( $H_2SO_4$  a 20 % em volume), conforme seqüência básica descrita no item 7.3.3.1;
  - aplicar, posteriormente, 2 gotas da solução 16 (solução de ácido rubeânico a 1 %), sobre o papel-filtro e aguardar o surgimento da cor;
- c) resultado:
  - se o papel-filtro apresentar coloração preta, está evidenciada a presença de cobre na liga.

Nota: Como alternativa, podem ser aplicadas 2 gotas da solução 24 ( $NH_4OH$  concentrado) no lugar da solução 16 (ácido rubeânico a 1 %). A presença de cobre fica evidenciada através da coloração azul no papel-filtro.

#### 7.3.3.6 (PE.05) Teste para Identificação do Cobalto

- a) aplicação:
  - serve para identificar a presença de cobalto no Stellite®;
- b) procedimento:
  - utilizar a solução 14 ( $H_2SO_4$  a 20 % em volume), conforme seqüência básica descrita no item 7.3.3.1;
  - aplicar, posteriormente, 1 gota da solução 17 (solução de cloreto estanoso a 20 %) sobre o papel-filtro;
  - aplicar 1 gota da solução 25 (tiocianato de amônia a 10 %) sobre o papel-filtro;
- c) resultado:
  - se o papel-filtro apresentar cor azul, está evidenciada a presença de cobalto.

Notas: 1) Como primeira alternativa, podem ser aplicadas 2 gotas da solução 06 (xantogenato de potássio a 2 %) diretamente sobre o papel-filtro, após a execução da seqüência básica descrita no item 7.3.3.1. A presença de cobalto fica evidenciada através da coloração esverdeada no papel-filtro.

- 2) Como segunda alternativa pode-se aplicar 1 gota da solução 27 (mercuritiocianato de amônia) diretamente sobre o papel-filtro, após a execução da seqüência básica descrita no item 7.3.3.1. A presença de cobalto fica evidenciada através da formação de uma mancha azul (lado da peça) após a secagem do papel-filtro (aproximadamente 2 minutos). **[Prática Recomendada]**

#### 7.3.3.7 (PE.06) Teste para Identificação do Teor de Carbono

- a) aplicação:
  - serve para avaliar o teor do carbono nos aços-carbono e baixa liga;
- b) procedimento:
  - utilizar a solução 12 (HCl a 8 % em volume), conforme a seqüência básica descrita no item 7.3.3.1, atentando para o tempo de aceleração da reação que deve ser de 15 segundos;
- c) resultado:
  - a superfície do material apresenta coloração de cinza-claro a preto; quanto maior o teor de carbono, mais intensa deve ser a mancha na peça.

Notas:

- 1) Comparar a tonalidade da cor cinza obtida na superfície da peça em exame, com a obtida ao aplicar o método no padrão metálico, determinando o teor de carbono no material.
- 2) Este ensaio deve ter resultados alterados, em função de tratamento térmico superficial.
- 3) Recomenda-se a utilização de algodão no lugar do papel-filtro. **[Prática Recomendada]**

#### 7.3.3.8 (PE.07) Teste para Identificação de Ferro

- a) aplicação:
  - identificar a presença de ferro;
- b) procedimento:
  - utilizar a solução 12 (HCl a 8 % em volume), conforme a seqüência básica descrita no item 7.3.3.1;
  - aplicar sobre o papel-filtro utilizado, 1 gota da solução 13 (solução de ferrocianeto de potássio a 10 %);
- c) resultado:
  - o aparecimento da coloração azul indica a presença de ferro no material.

#### 7.3.3.9 (PE.08) Teste para Identificação de Titânio

- a) aplicação:
  - serve para identificar a presença de titânio no aço inoxidável AISI 321;
- b) procedimento:
  - utilizar a solução 12 (HCl a 8 % em volume), conforme a seqüência básica descrita no item 7.3.3.1;
  - depositar sobre o papel-filtro uma pequena quantidade de cristais da solução 28 (ácido cromotrópico);
  - esfregar os cristais na área umedecida do papel-filtro utilizando-se um bastão de vidro;

c) resultado:

- a formação de uma mancha cor de salmão indica a presença de titânio no material, tratando-se do AISI 321.

Nota: A cor salmão pode ser ressaltada pela adição de 1 gota da solução 17 (cloreto estanoso a 20 %). **[Prática Recomendada]**

#### 7.4 Limpeza da Superfície após Realização do Ensaio

Após a realização do ensaio, deve ser efetuada a limpeza do local inspecionado utilizando, de preferência álcool ou água.

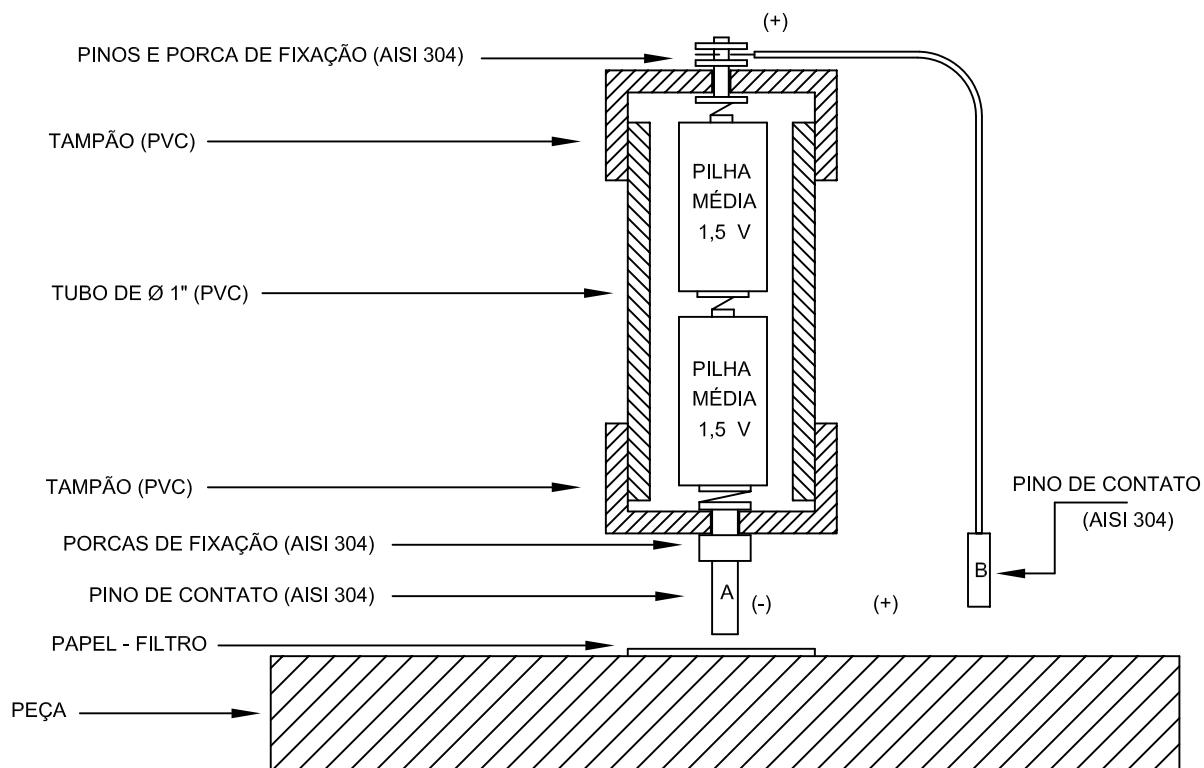
### 8 REGISTRO DE RESULTADOS

O registro de resultados deve ser de acordo com a norma PETROBRAS [N-1592](#).

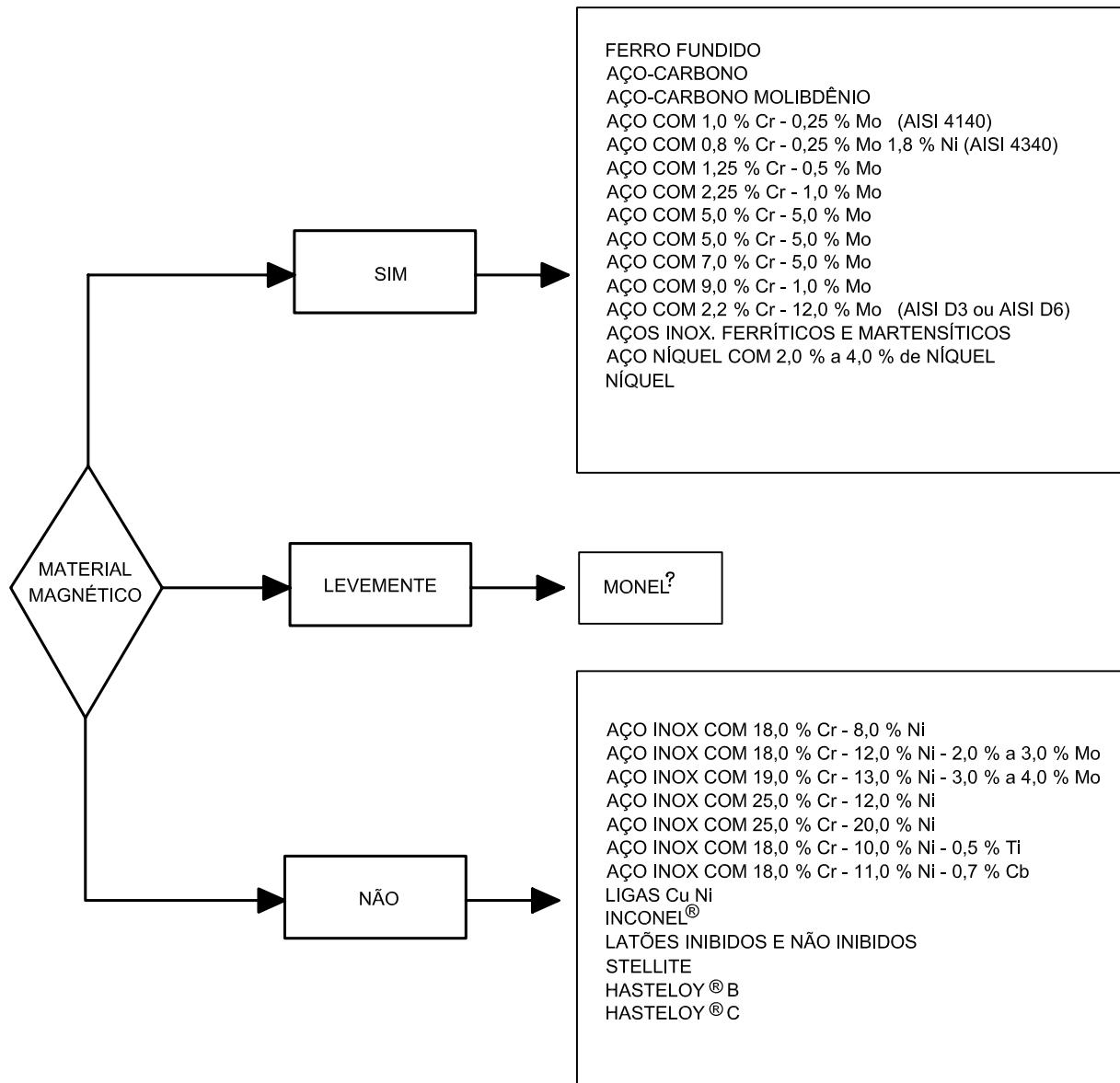
---

/ANEXO A

## ANEXO A - FIGURAS

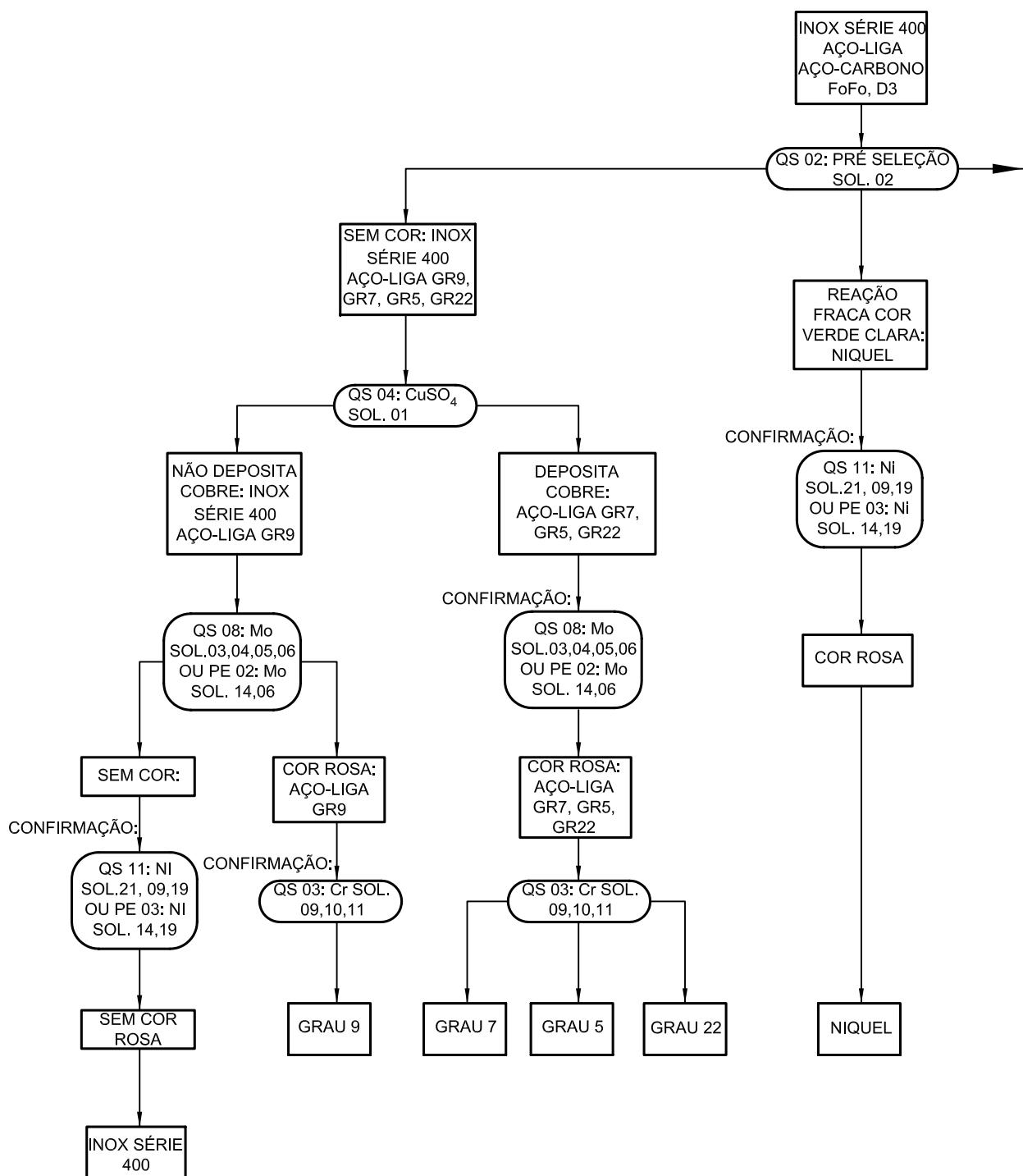


**FIGURA A-1 - DISPOSITIVOS PARA EXECUÇÃO DE ENSAIO POR POLARIZAÇÃO ELETROLÍTICA**



NOTA: VER NOTA DO ITEM 7.2.2.

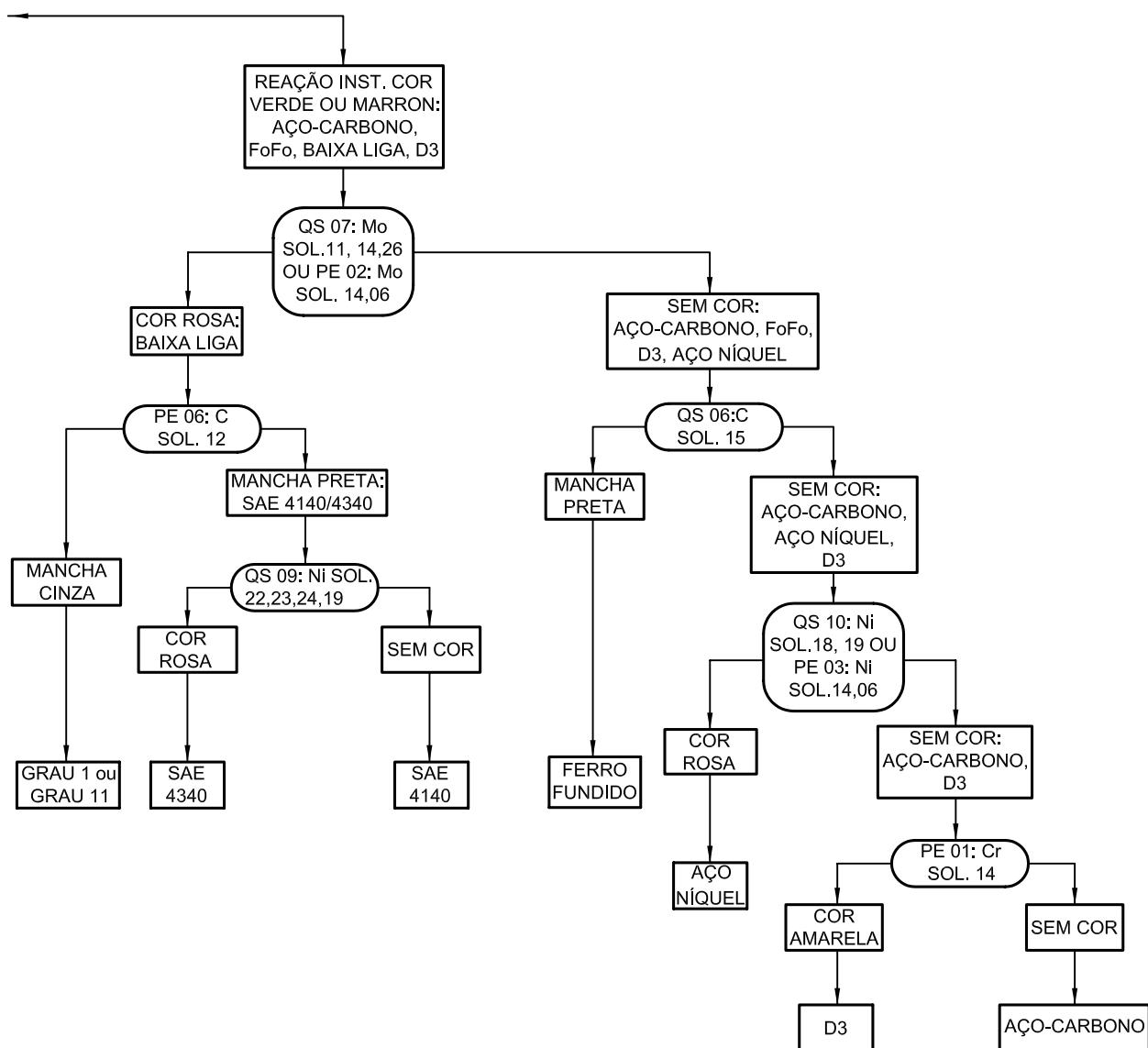
**FIGURA A-2 - IDENTIFICAÇÃO PELO MAGNETISMO**



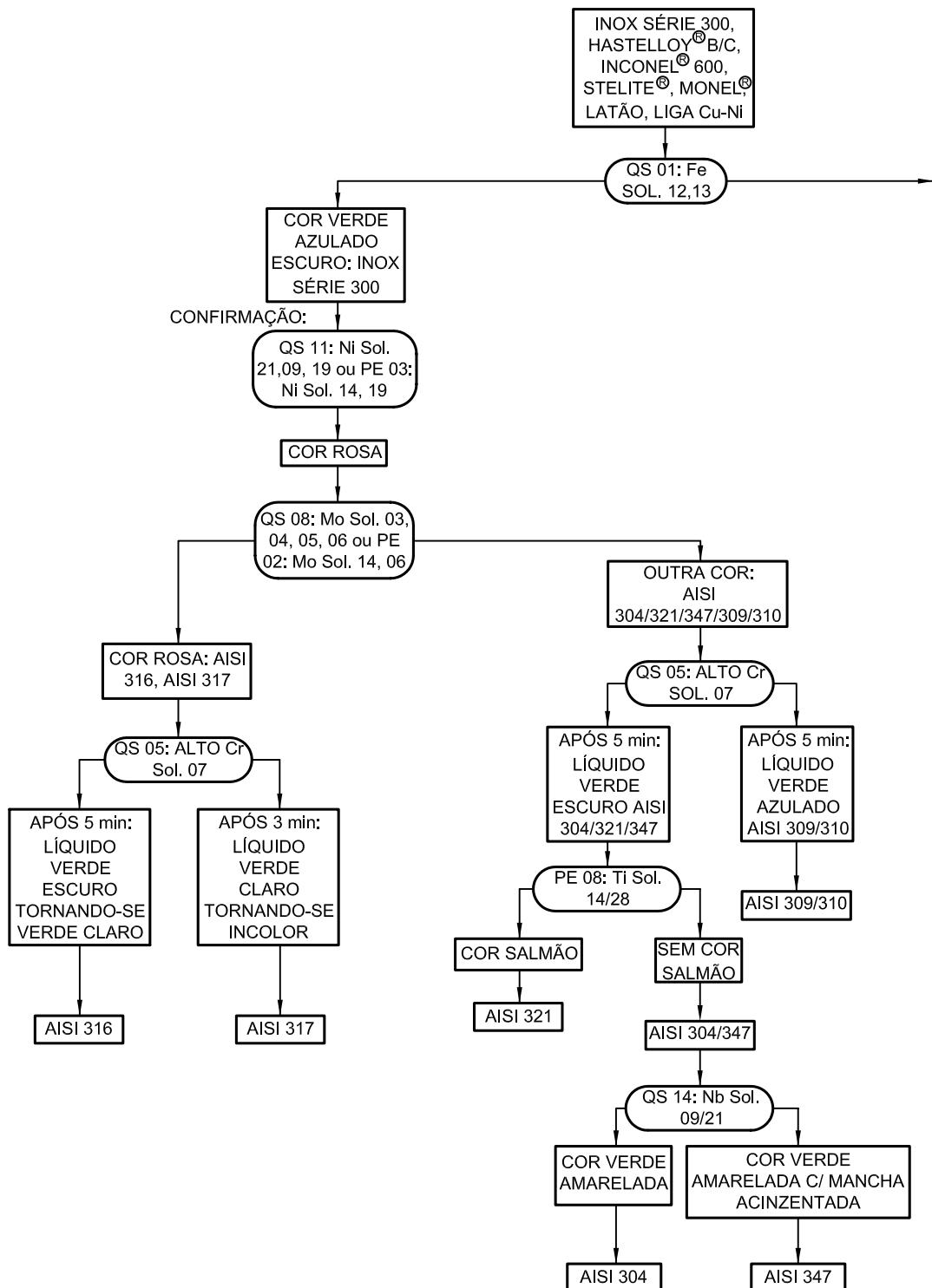
**FIGURA A-3 - FLUXOGRAMA PARA IDENTIFICAÇÃO DE MATERIAIS - MAGNÉTICOS (QS/PE)**

(CONTINUA)

(CONCLUSÃO)



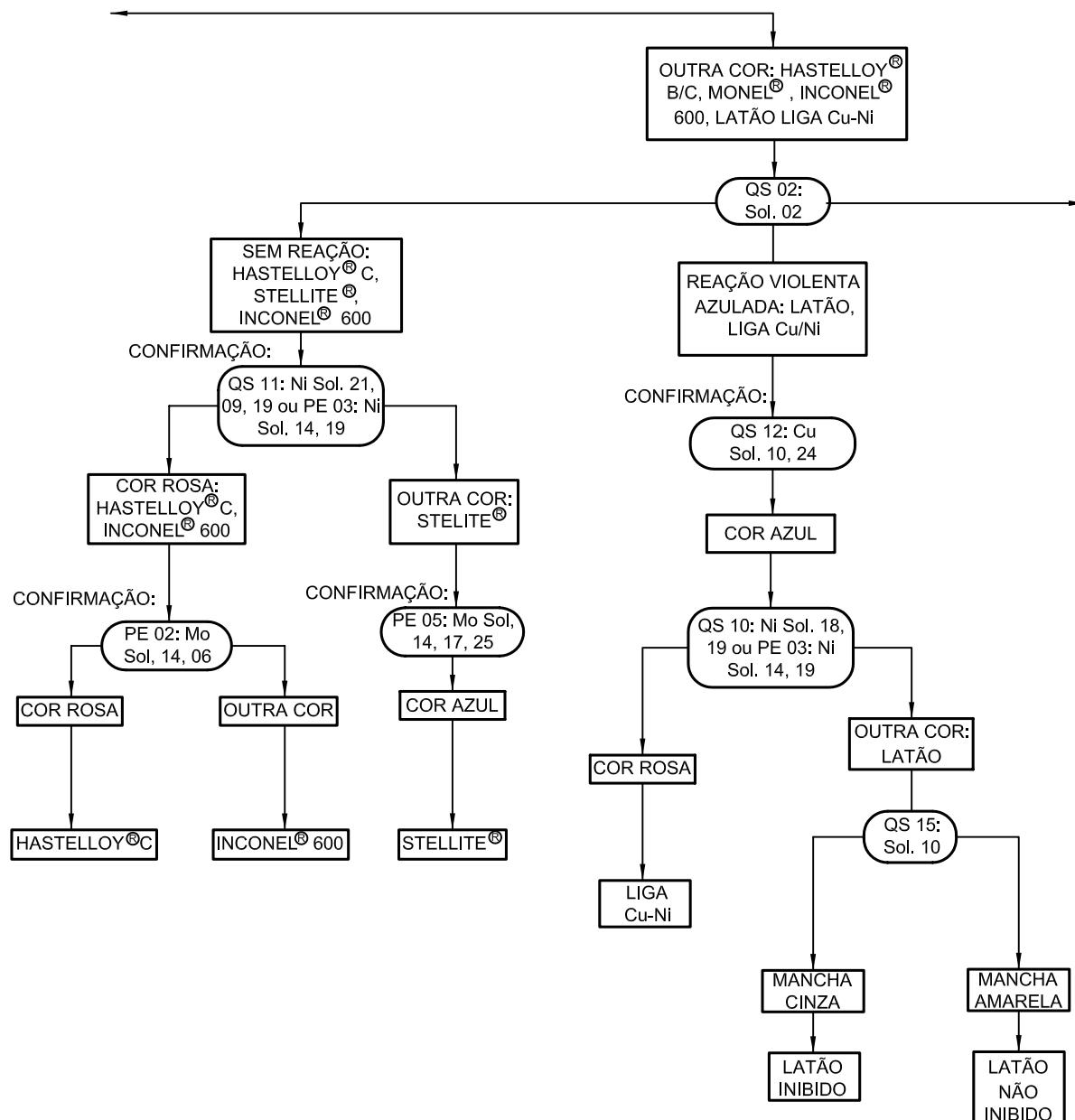
**FIGURA A-3 - FLUXOGRAMA PARA IDENTIFICAÇÃO DE MATERIAIS - MAGNÉTICOS (QS/PE)**



**FIGURA A-4 - FLUXOGRAMA PARA IDENTIFICAÇÃO DE MATERIAIS NÃO MAGNÉTICOS OU LEVEMENTE MAGNÉTICOS (QS/PE)**

(CONTINUA)

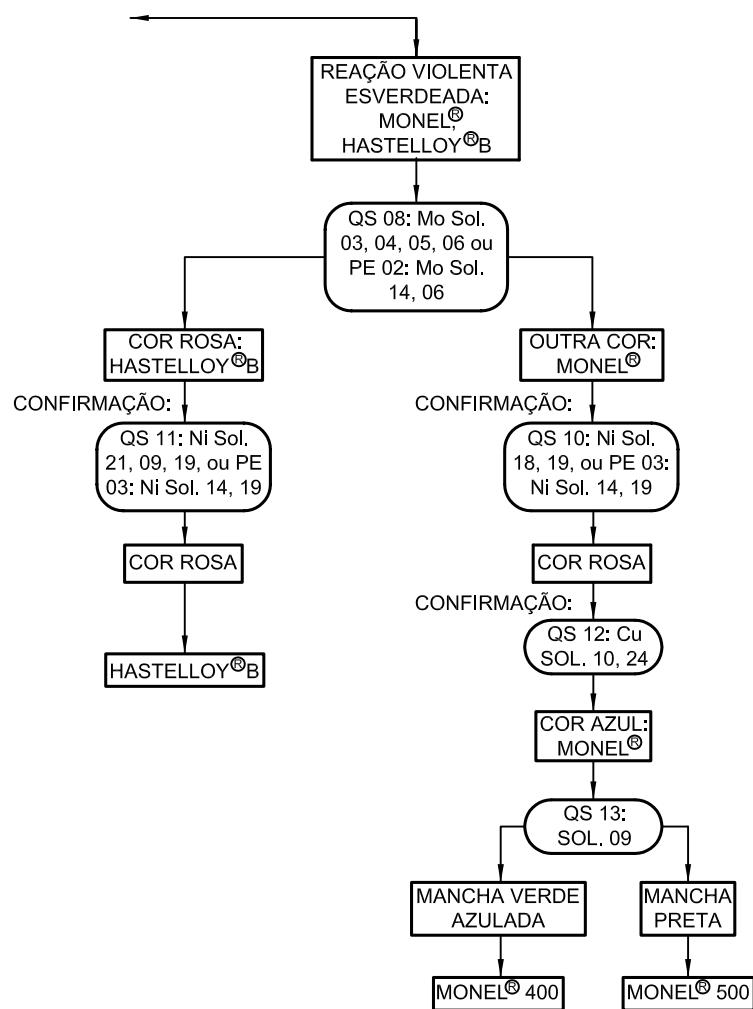
(CONTINUAÇÃO)



**FIGURA A-4 - FLUXOGRAMA PARA IDENTIFICAÇÃO DE MATERIAIS NÃO MAGNÉTICOS OU LEVEMENTE MAGNÉTICOS (QS/PE)**

(CONTINUA)

(CONCLUSÃO)



**FIGURA A-4 - FLUXOGRAMA PARA IDENTIFICAÇÃO DE MATERIAIS NÃO MAGNÉTICOS OU LEVEMENTE MAGNÉTICOS (QS/PE)**

## ÍNDICE DE REVISÕES

**REV. A, B, C e D**

Não existe índice de revisões.

REV. E

Partes Atingidas	Descrição da Alteração
Todas	Revisadas