



1. OBJETIVO

Este procedimento deve ser utilizado na qualificação e recertificação de inspetores subaquáticos e tem por objetivo fixar as condições exigíveis para a realização da medição de potencial eletroquímico durante os exames práticos.

Este procedimento foi elaborado e desenvolvido para ser utilizado **somente** nos exames de qualificação e nos treinamentos do Sistema Nacional de Qualificação e Certificação de pessoal em Ensaios Não destrutivos para o setor Subaquático (SNQC/END-SUB). O profissional nível 3 é o responsável pela elaboração e qualificação dos procedimentos nas empresas, atendendo aos requisitos de normas, especificações do cliente e adequações as necessidades relacionadas a fabricação ou ao uso.

2. NORMAS APLICÁVEIS

- ABENDI NA-003 - Qualificação e Certificação de Pessoal em Ensaios não Destrutivos – Setor Subaquático
- Manual de Operações do Medidor de Potencial Eletroquímico com voltímetro acoplado
- ABNT NBR 16482 – Ensaios Não Destrutivos – Medição de Potencial Eletroquímico – Inspeção Subaquático

3. APARELHOS E ACESSÓRIOS

- Medidor de Potencial Eletroquímico com voltímetro acoplado;
- Semicélula de Prata/Cloreto de Prata;
- Bloco de Zinco de acordo com a norma ABNT NBR 16482
- Três eletrodos de Calomelano Saturados;
- Multímetro digital de alta impedância conforme a norma ABNT NBR 16482;
- Recipiente não metálico;
- Lixas finas, panos, limpa contatos.

NOTA: Para fins de exames de qualificação, podem ser utilizados equipamentos próprios desde que calibrados e com a validade das calibrações em vigor. A calibração deve ser comprovada através da apresentação dos certificados de calibração dos equipamentos que devem ainda atender aos requisitos da norma ABNT NBR 16482.

4. CONDIÇÃO REQUERIDA DAS SUPERFÍCIES E MÉTODO DE PREPARAÇÃO

4.1 A limpeza deve ser efetuada para garantir o contato elétrico adequado e apenas no local onde devem ser efetuadas as medições.

4.2 Utilizar lixa fina para efetuar a limpeza da superfície a ser examinada.

5. SISTEMÁTICA DE TESTE DO APARELHO

5.1 Este procedimento destina-se a verificar se o medidor de potencial está apto a realizar as medições de potencial eletroquímico.

5.2 A verificação é efetuada comparando-se as diferenças entre as leituras de potencial eletroquímico efetuadas sobre um bloco de zinco com um sistema padrão constituído por um Eletrodo de Calomelano Saturado (ECS) e um voltímetro calibrado e as leituras efetuadas sobre o bloco de zinco com o medidor de potencial como se segue.

5.3 Esta verificação se aplica ao Medidor de Potencial com voltímetro acoplado à Semicélula de Prata/Cloreto de Prata.



5.4 Antes de iniciar este procedimento, verificar se a documentação (certificados de calibração e de qualidade) está no prazo de validade e se é a documentação correspondente ao equipamento que é utilizado. Caso haja alguma divergência, paralisar o ensaio e informar a situação ao examinador ou ao N3. Qualquer divergência deve ser registrada no relatório de registro de resultados.

5.5 Seleção do Eletrodo de Calomelano (ECS) a ser utilizado

- a) Verificar antes da utilização se os ECS's estão cheios com solução saturada de cloreto de potássio. Deve haver cristais visíveis e não deve haver bolhas de ar na solução.
- b) O ECS, quando não utilizado, deve ser mantido em condição seca, com o orifício de enchimento fechado e a sua ponta imersa em solução de KCl.
- c) O ECS deve ser manuseado com cuidado e após o uso, lavado com água doce e acondicionado em invólucro apropriado a fim de protegê-lo de choques.
- d) Observar que o nível de solução de KCl deve estar sempre acima do nível do eletrólito em que o eletrodo está imerso durante as medições.
- e) Identificar os ECS's como 1, 2 e 3, remover os seus protetores e lavar suas pontas com água potável.
- f) Imergir as pontas dos três ECS's em recipiente não metálico contendo água do mar ou uma solução de 3 a 3,5% de NaCl por um período mínimo de 15 min. Antes de iniciar a avaliação.
- g) Conectar o ECS 1 ao pólo positivo do voltímetro e o ECS 2 ao pólo negativo, ler a diferença de potencial (ddp) entre os dois e anotar o resultado. Ajustar a escala do voltímetro para mV CC se aplicável.
- h) Substituir o ECS 2 pelo ECS 3 e repetir o procedimento da alínea g).
- i) Substituir o ECS 1 pelo ECS 2 e repetir o procedimento da alínea g).
- j) São aceitáveis leituras compreendidas na faixa de 0 +/- 2mV entre os ECS's.
- k) Se todas as leituras estiverem na tolerância indicada em j), qualquer dos três ECS's pode ser utilizado.
- l) Se uma das leituras estiver fora da tolerância especificada em j), o ECS não utilizado nesta leitura deve ser empregado.
- m) Se apenas uma das leituras estiver na tolerância especificada em j), qualquer dos dois ECS's empregados nesta leitura pode ser utilizado.
- n) Para a verificação da aparelhagem, deve permanecer imerso apenas o ECS a ser utilizado, devendo os demais ser lavados e guardados em seus recipientes.

5.6 Teste do Medidor de Potencial com voltímetro e/ou semicélula conectada a um multímetro:

- a) O teste do medidor de potencial deve ser efetuado antes do início das medições, após o seu término, nas interrupções e em caso de suspeita de mau funcionamento do aparelho.
- b) Imergir o bloco padrão de zinco e o medidor de potencial eletroquímico em recipiente não metálico com água do mar ou água doce com solução de 3 a 3,5% de NaCl por no mínimo uma hora. A ponta de medição do aparelho deve ser colocada sobre a superfície do bloco de zinco. Observar que o ECS selecionado conforme 5.5 permanece imerso no eletrólito. Certificar-se de todo o ar do interior do medidor de potencial foi extraído.
- c) Após o tempo mínimo de uma hora de imersão, efetuar a leitura de potencial eletroquímico entre o bloco de zinco e o medidor de potencial e anotar o valor.
- d) Afastar a ponta de leitura do medidor de potencial da superfície do bloco de zinco, Conectar o bloco de zinco ao pólo positivo do voltímetro e conectar o ECS selecionado em 5.5 ao pólo negativo. Ajustar a escala do voltímetro para 2VCC caso necessário.
- e) Aproximar o bloco de zinco do ECS selecionado até uma distância de 50 mm, durante o tempo necessário à estabilização da leitura e anotar o valor considerando o sinal.
- f) Subtrair o valor lido entre o ECS e o bloco de zinco do valor lido entre o medidor de potencial e o bloco de zinco: (Leitura medidor de potencial /bloco de zinco) – (Leitura ECS/bloco de zinco).
- g) A diferença entre as leituras deve estar compreendida na faixa entre -13 a -3 mV (-8 +/- 5mV).
- h) Considerar para efeito as leituras estabilizadas quando não houver variação das mesmas num período de no mínimo 15 segundos.
- i) Observar que durante a leitura do potencial eletroquímico do bloco de zinco com o medidor de potencial, tanto o ECS selecionado quanto o bloco de zinco devem estar desconectados do voltímetro.
- j) No caso de semicélula com multímetro não acoplado, o seu conector deve ser conectado ao pólo negativo do multímetro e o bloco de zinco ao seu pólo positivo. Aproximar a semicélula da superfície do



- bloco de zinco encostando a sua extremidade no bloco, anotando o valor registrado no visor do multímetro sem considerar o sinal.
- k) Proceder conforme item f) para verificar se as diferenças entre as leituras ECS x Zinco e SemiCélula x Zinco estão de acordo com a tolerância do item g).

6. SEQUÊNCIA DE ENSAIO

6.1 Medidor de Potencial Eletroquímico com voltímetro acoplado.

- 6.1.1 Conectar o plug na parte traseira do medidor de potencial (cabo) para ligá-lo. Conectar o anel para vedação firmemente, porém tomando cuidado para não danificar a rosca. Este anel tem como função evitar a retirada do plug de ligação enquanto o medidor de potencial estiver imerso. Verificar se o medidor de potencial está com carga. Bateria fraca é indicada através de um símbolo de bateria no visor. Verificar também se a ponta de aço inoxidável está conectada na ponta do medidor de potencial. Caso não esteja, aplicar uma fina camada de graxa de silicone na rosca e conectar.
- 6.1.2 Após a limpeza dos pontos a serem ensaiados, conforme o item 4, e do teste da aparelhagem conforme item 5, o aparelho de medição de potencial eletroquímico deve permanecer imerso em água do mar ou em solução de água e cloreto de sódio a entre 3 e 3,5 % por, no mínimo, 1 hora antes do início das medições e permanecer imerso até o final da jornada de trabalho.
- 6.1.3 Devem ser efetuadas duas medidas em cada corpo de prova, afastando-se a ponta de contato da superfície e em seguida voltando a estabelecer o contato elétrico. As duas medidas devem ser registradas no formulário de registro de resultados (FM-154), registrando a medida de menor valor absoluto no campo observações do registro de resultados.
- 6.1.4 Caso a diferença entre as duas medidas seja maior que 10 mV, refazer o teste do aparelho no campo e repetir as medições no corpo de prova.
- 6.1.5 Persistindo a diferença, registrar os dois valores e efetuar uma observação no formulário de registro de resultados informando a ocorrência.
- 6.1.6 Observar que as leituras devem estar estabilizadas para efetuar o registro. Considerar estabilizadas as leituras que não sofram variação em no mínimo 15 segundos a partir do contato elétrico.
- 6.1.7 Após a conclusão do ensaio, efetuar a verificação do medidor de potencial conforme 5.6, comparando as leituras de potencial no bloco de zinco efetuadas com o medidor de potencial com as leituras efetuadas entre o bloco de zinco e o mesmo eletrodo de calomelano saturado utilizado na verificação inicial para verificar se a tolerância atende ao item 5.6 g), ou seja, -8 ± 5 mV, ou entre -13 e -3 mV. Caso haja divergência, registrar no campo observações do formulário de registro de resultados.
- 6.1.8 Lavar o equipamento, o bloco de zinco e o eletrodo de calomelano com água doce, retirar o plug de ligação do medidor de potencial cuidadosamente, limpar com pano seco todo o equipamento, aplicar limpa contato ou óleo tipo WD-40 nos contatos e guardá-lo na sua embalagem.

6.2 Semicélula e Multímetro Separados (anexo A figura 1)

- 6.2.1 Conectar a ponta de teste do multímetro ao pólo positivo deste e o plugue da semicélula ao pólo negativo na escala de VCC. Aproximar a semicélula do CP até encostar sua extremidade na superfície do CP e tocar a outra extremidade da ponta de teste no CP. Aguardar a estabilização da leitura (mínimo de 15s) e registrar o valor lido.
- 6.2.2 Certificar-se de que o contato elétrico entre a ponta de teste e o CP está adequado.
- 6.2.3 As tolerâncias a serem observadas são as mesmas do teste com o medidor de potencial eletroquímico com voltímetro acoplado.



6.2.4 Após a utilização, proceder como em 6.1.7 e 6.1.8.

6.3 Medições de potencial eletroquímico utilizando o ECS selecionado

6.3.1 Conectar o ECS selecionado no item 5.5 ao terminal negativo do multímetro e a ponta de medição no terminal positivo. Ajustar a escala para medição de tensão (V) CC. Aproximar o CP do ECS mantendo-os a uma distância de aproximadamente 50 mm. Encostar a outra extremidade da ponta de medição conectada ao multímetro no CP e após certificar-se que obteve um bom contato elétrico, efetuar as leituras conforme 6.1.3 a 6.1.8.

6.3.2 O ECS é considerado um padrão, portanto se estiver dentro da tolerância não é necessário comparar as suas leituras com outro aparelho ou com o bloco de zinco.

6.3.3 Após a utilização, proceder como em 6.1.7 e 6.1.8.

6.4 O ensaio de acordo com os itens 6.2 e 6.3 deve ser efetuado somente se no teste da aparelhagem as leituras entre o ECS e o bloco de zinco e o Bathycorrometer e o bloco de zinco estiverem fora da tolerância estabelecida no item 6.2 ou por determinação do examinador.

7. SISTEMÁTICA DE REGISTRO DOS RESULTADOS

7.1 Os resultados das medições de potencial eletroquímico devem ser registrados no formulário FM-154.

7.2 Todos os campos do formulário devem ser preenchidos conforme instruções a seguir:

- a) Preencher os campos nome, número SNQC ou SEQUI, data, horário de início e final da prova, número do procedimento, revisão, data da certificação e assinalando no quadro se a prova é emersa ou submersa.
- b) No campo Verificação da aferição, registre os valores encontrados na verificação inicial e final da aparelhagem.
- c) No campo Corpo de Prova registre a identificação das peças de teste que compõe a sua prova.
- d) No campo Leituras, registre as leituras e acordo com o item 6 do procedimento.
- e) No campo observação, registre a medida de menor valor absoluto, que é a medida considerada para efeito de registro.
- f) Nas observações da página 2 do formulário devem ser registradas quaisquer anormalidades ocorridas durante o teste

8. REQUISITOS DE SEGURANÇA E MEIO AMBIENTE

8.1 Requisitos de Segurança

8.1.1 Observar rigorosamente as prescrições da NR-15 anexo 6 (quando aplicável).

8.1.2 Utilizar suprimento de ar de reserva para emergências (quando aplicável)

8.1.3 Portar faca de mergulho, lanterna, luvas de malha e profundímetro (quando aplicável)

8.1.4 Não mergulhar se não estiver em plenas condições físicas (quando aplicável).

8.1.5 Seguir as recomendações de segurança informadas nas palestras de SMS do órgão.

8.1.6 Seguir a orientação da fiscalização, operação e do examinador da Petrobras.



8.2 Requisitos de Meio Ambiente

8.2.1 Não descartar resíduos no mar ou na área de exames. Os resíduos devem ser acondicionados em sacos de lixo e descartados nos locais apropriados.

8.2.2 Observar a limpeza e a higiene do local de trabalho.

9. ANEXOS

ANEXO A – FIGURAS 1 e 2

ANEXO A

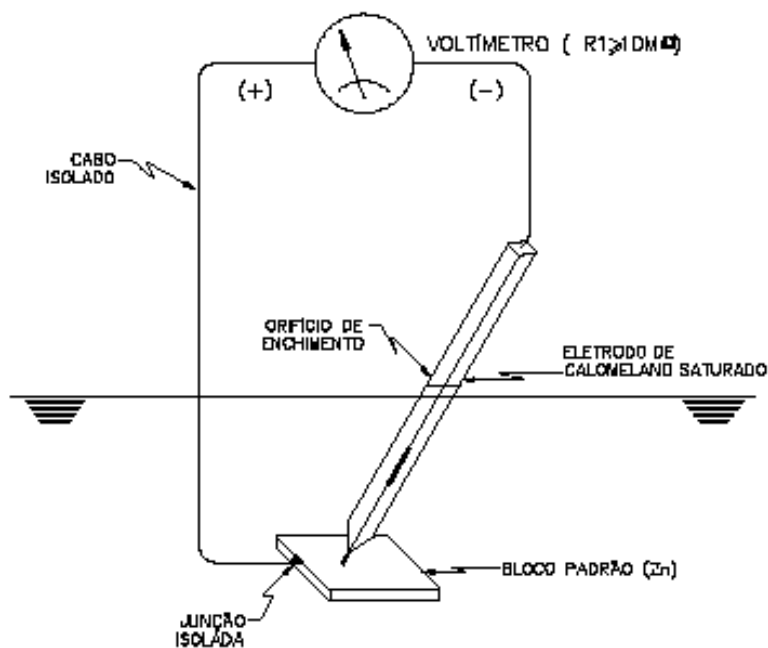


FIGURA 1 -ESQUEMA PARA MEDIÇÃO DE POTENCIAL COM ECS

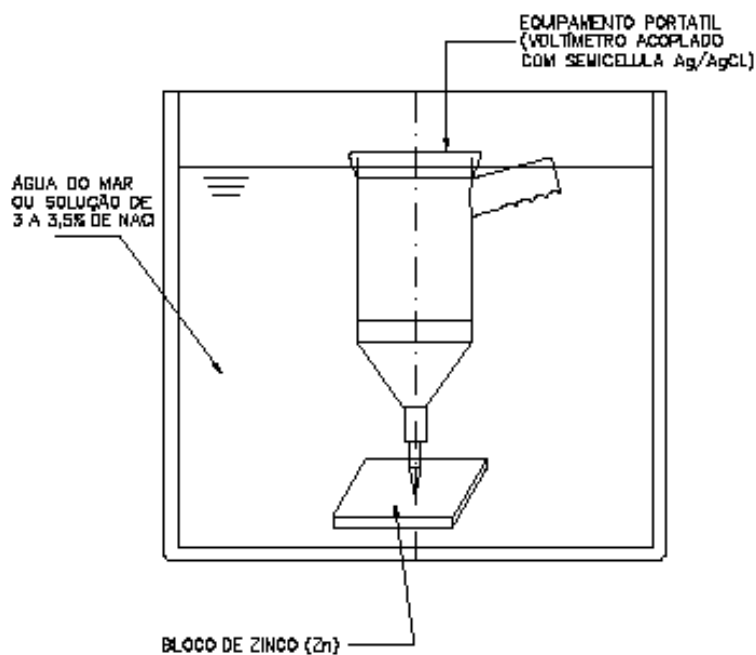


FIGURA 2 -ESQUEMA PARA MEDIÇÃO DE POTENCIAL COM EQUIPAMENTO PORTÁTIL