

**CENTRO ESTADUAL DE EDUCAÇÃO TECNOLÓGICA PAULA SOUZA
FACULDADE DE TECNOLOGIA DE BOTUCATU
CURSO SUPERIOR DE TECNOLOGIA EM RADIOLOGIA**

FERNANDA CRISTINA MURBACK

**APLICAÇÃO DO ENSAIO NÃO DESTRUTIVO RADIOGRÁFICO NA INSPEÇÃO
DA SOLDAGEM INDUSTRIAL**

Botucatu – SP
Dezembro – 2018

**CENTRO ESTADUAL DE EDUCAÇÃO TECNOLÓGICA PAULA SOUZA
FACULDADE DE TECNOLOGIA DE BOTUCATU
CURSO SUPERIOR DE TECNOLOGIA EM RADIOLOGIA**

**ALUNO: FERNANDA CRISTINA MURBACK
ORIENTADOR: AMANDA BRAVIM DE OLIVEIRA
COORIENTADOR: REJANE DE LIMA E SILVA**

**APLICAÇÃO DO ENSAIO NÃO DESTRUTIVO RADIOGRÁFICO NA INSPEÇÃO
DA SOLDAGEM INDUSTRIAL**

Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado à FATEC – Faculdade de
Tecnologia de Botucatu, como
exigência para cumprimento de término
do curso superior de Radiologia.

Botucatu – SP
Dezembro – 2018

APLICAÇÃO DO ENSAIO NÃO DESTRUTIVO RADIOGRÁFICO NA INSPEÇÃO DA SOLDAGEM INDUSTRIAL

APPLICATION OF THE NON-DESTRUCTIVE RADIOGRAPHIC TEST IN INDUSTRIAL WELDING INSPECTION

Fernanda Cristina Murback¹ Rejane de Lima e Silva² Amanda Bravim de Oliveira²

RESUMO

A soldagem tornou-se uma das principais técnicas utilizadas nas indústrias capaz de reunir duas ou mais partes que passam a constituir um todo, em que se assegura a continuidade do material e suas características mecânicas e químicas. Durante a fabricação, construção, montagem e manutenção de equipamentos e peças por meio da soldagem, podem ocorrer falhas e, para que haja uma peça com alta qualidade e confiança e sem descontinuidades, são realizadas inspeções nesses materiais, denominados ensaios não destrutivos (END). Estes ensaios conseguem avaliar uma peça sem alterar as características de um material, sejam elas físicas, químicas, mecânicas ou dimensionais, e com isso analisar a sanidade desses materiais, peças ou mesmo equipamentos. Os ensaios não destrutivos utilizados nas indústrias são os líquidos penetrantes, as partículas magnéticas, os ultrassons e as radiografias. O objetivo desse trabalho foi ressaltar o uso do ensaio radiográfico na inspeção das descontinuidades da soldagem e suas vantagens sobre os demais ensaios empregados. O ensaio radiográfico é o único método não destrutivo capaz de projetar uma imagem no filme radiográfico, representando a fotografia interna de uma peça, sendo assim uma ferramenta importante na garantia da qualidade de materiais e equipamentos soldados dentro da indústria, além de permitir testar produtos industriais sem danificá-los e em poucos segundos. Com isso, é possível garantir um material de alta qualidade, não apresentando nenhuma descontinuidade ou defeito.

Palavras-chave: Descontinuidades da solda. Ensaios não destrutivos. Radiografia industrial. Soldagemnaíndústria.

¹ Graduanda em Radiologia da Faculdade de Tecnologia de Botucatu. End.: Av. José Ítalo Bacchi, S/N - Jd. Aeroporto, CEP: 18606-851 - Botucatu-SP. Fone: (14) 3814 – 3004. Email: fernandamurback@hotmail.com

² Professora da Faculdade de Tecnologia de Botucatu. Curso de Radiologia

ABSTRACT

Welding has become one of the main techniques used in industries, capable of assembling two or more parts that become a whole, where it ensures the continuity of the material and its mechanical and chemical characteristics. During the manufacture, construction, assembly and maintenance of equipment and parts by means of welding, faults can occur and, for a piece with high quality and reliability and without discontinuities, inspections are carried out on these materials, called non destructive tests (NDT). These tests can evaluate a part without changing the characteristics of a material, be they physical, chemical, mechanical or dimensional, and with that to analyze the sanity of these materials, parts or even equipment. Non-destructive tests used in industries are penetrating liquids, magnetic particles, ultrasound and radiographs. The objective of this work was to highlight the use of the radiographic test in the inspection of the weld discontinuities and its advantages over the other tests used. The radiographic test is the only non-destructive method capable of projecting an image onto the radiographic film, representing the internal photograph of a part, thus being an important tool in guaranteeing the quality of welded materials and equipment within the industry, in addition to testing industrial products without damaging them and in a few seconds. With this, it is possible to guarantee a high quality material, without any discontinuity or defect.

Keywords: Weld discontinuities. Non-destructive testing. Industrial radiography. Welding in industry.

¹ Graduanda em Radiologia da Faculdade de Tecnologia de Botucatu. End.: Av. José Ítalo Bacchi, S/N - Jd. Aeroporto, CEP: 18606-851 - Botucatu-SP. Fone: (14) 3814 – 3004. Email: fernandamurback@hotmail.com

² Professora da Faculdade de Tecnologia de Botucatu. Curso de Radiologia

1. INTRODUÇÃO

Nos últimos anos, as indústrias têm buscado várias maneiras de oferecerem produtos com uma melhor qualidade pelo menor valor, com o intuito de se manterem competitivas no mercado mundial. Em alguns casos, os processos de soldagem representam uma boa parte dos custos de fabricação de um produto, justificando assim, os crescentes esforços para se obter melhorias nessa área (SCHWEDERSKY et al., 2011).

A soldagem é definida como uma técnica capaz de reunir duas ou mais peças, em que se assegura a continuidade do material e suas características físicas, químicas e metalúrgicas (CASTRO et al., 2017). Durante a fabricação de equipamentos e peças por meio da soldagem, podem ocorrer falhas, sendo adquiridas através de condições críticas de operação, podendo ocasionar graves problemas, como perdas de vidas, danos ambientais, prejuízos materiais e financeiros. Tais falhas ou imperfeições devem ser inspecionadas o mais cedo possível para evitar possíveis danos futuros (QUITES, 2009).

A inspeção da solda é feita através de ensaios não destrutivos (END), cuja finalidade é realizar um ensaio no material sem alterar suas características, sejam elas físicas, químicas, mecânicas ou dimensionais. Com isso, analisar a sanidade de vários tipos de materiais, peças ou mesmo equipamentos fundidos, laminados, forjados, soldados, dentre outros (BENEDETTE; MONÇÃO NETO, 2013).

Alguns dos métodos de ensaios não destrutivos utilizados nas indústrias são os líquidos penetrantes, as partículas magnéticas, os ultrassons e as radiografias (SACCHI; SOUZA, 2017). Sendo a radiografia um dos principais métodos de ensaio não destrutivos usado nas indústrias. Pois, é capaz de detectar variações de espessuras, defeitos e falhas, baseando-se na diferente absorção da radiação penetrante (BENEDETTE; MONÇÃO NETO, 2013).

Nessas inspeções radiográficas são utilizados filmes que possuem uma melhor qualidade de imagem, havendo então, uma inspeção com maior contraste e com uma maior resolução espacial, porém sendo assim mais lentos (RABELLO et al., 2007). Neste caminho, para que ocorra uma imagem de fácil interpretação e localização de imperfeições é necessário que os arranjos e as disposições entre a fonte de radiação, a peça e o filme sigam algumas técnicas especiais (Parede Simples Vista Simples, Exposição Panorâmica, Parede Dupla Vista Simples, Parede Dupla Vista Dupla), onde as mesmas são recomendadas por normas nacionais e internacionais (QUITES, 2009).

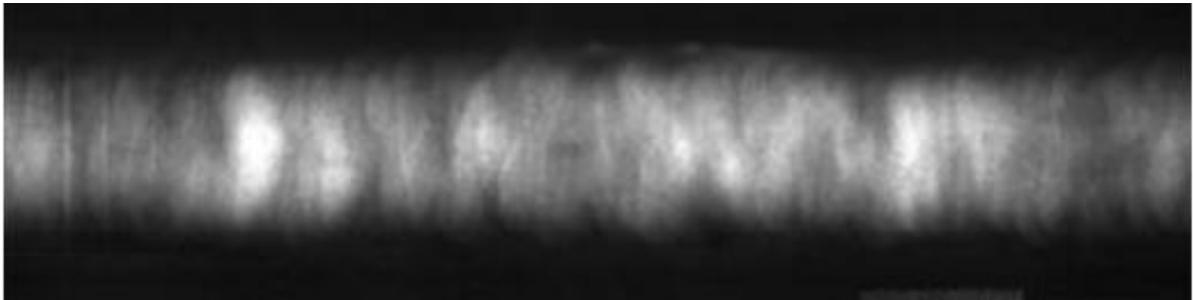
O presente trabalho tem por objetivo, através de uma revisão de literatura, apresentar o uso dos métodos de ensaios não destrutivos na inspeção da soldagem, dando ênfase nos ensaios radiográficos sobre as demais técnicas empregadas.

2. DESENVOLVIMENTO

2.1 Soldagem

A soldagem é amplamente utilizada nas indústrias como uma operação que visa obter a união de duas ou mais peças, proporcionando na junta soldada a continuidade de propriedades físicas, químicas e metalúrgicas (CASTRO et al., 2017). Segundo a *American Welding Society* (AWS), a solda pode ser definida como uma operação que visa obter uma coalescência produzida pelo aquecimento até uma temperatura adequada, com ou sem a aplicação de pressão de metal de adição (FIGURA 1) (FONSECA; SILVA; BRANT, 2017).

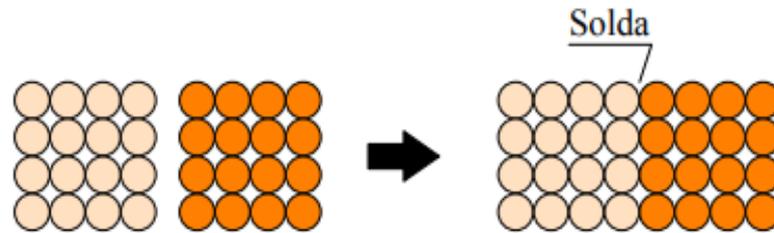
Figura 1. Radiografia de uma junta soldada sem imperfeições



Fonte: Quites, 2009.

Essa união de junta soldada ocorre por meio de peças metálicas, onde os átomos na parte interna são cercados por outros átomos, por pequenas distâncias, ligados a um número grande de vizinhos. Na superfície da peça metálica, o número de átomos é menor, apresentando assim, uma maior energia livre, podendo então se unir a outros átomos. Logo, aproximam-se duas peças metálicas a uma distância pequena, os átomos da superfície podem se ligar permanentemente, formando uma solda entre as peças (FIGURA 2) (CASTRO et al., 2017).

Figura 2. Formação da solda aproximando-se duas peças



Fonte: Modenesi; Marques; Santos, 2012.

Porém, se condições especiais (rugosidade superficial, presença de umidade, gordura, poeira e outros contaminantes) estiverem presentes, o efeito citado não ocorre nas peças metálicas, impedindo assim o contato real e as ligações entre elas (MODENESI; MARQUES; SANTOS, 2012). Devido a esse acontecimento, durante o processo de soldagem, as falhas podem aparecer, podendo ocasionar graves problemas, como perdas de vidas, danos ambientais, prejuízos materiais e financeiros. Essas falhas ou imperfeições devem ser inspecionadas o quanto antes para evitar possíveis danos futuros (QUITES, 2009).

2.2 Ensaios Não Destrutivos (END)

Os ENDs têm por intuito realizar uma avaliação de peças ou equipamentos, sendo capaz de prevenir e corrigir futuras falhas, evitando assim alguns acidentes (COSTA et al., 2015). Esse tipo de ensaio vem sendo utilizado nos processos de inspeção, a fim de assegurar que os equipamentos não apresentem nenhuma descontinuidade que possa comprometer sua aplicação, certificando-se assim, que a peça submetida ao ensaio esteja de acordo com os requisitos de qualidade (MAZZOCHI, 2015).

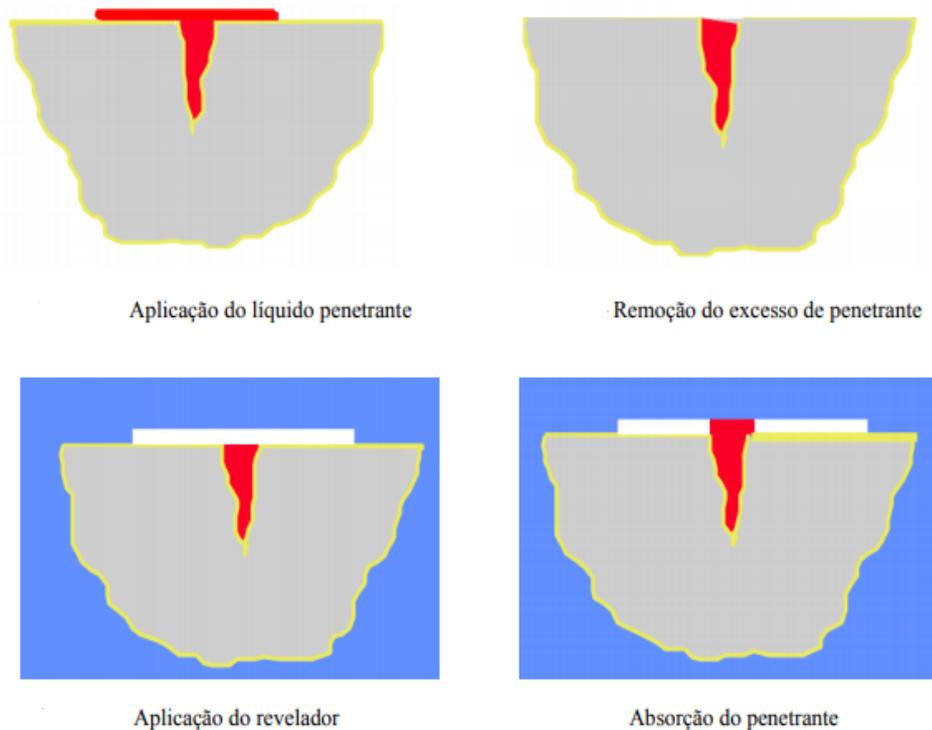
Na inspeção da solda, os ensaios são realizados sem alterar suas características, sejam elas físicas, químicas, mecânicas ou dimensionais (BENEDETTE; MONÇÃO NETO, 2013). A inspeção nas estruturas soldadas autentica os equipamentos, os procedimentos, as especificações requeridas, a qualificação do soldador e a metalurgia da soldagem, ocorrendo em vários momentos de um processo de fabricação, certificando as atividades consideradas nas exigências e norma (MAZZOCHI, 2015).

Alguns dos métodos END utilizados na indústria são os líquidos penetrantes, as partículas magnéticas, os ultrassons e as radiografias (SACCHI; SOUZA, 2017).

Os ensaios por líquidos penetrantes têm por intuito detectar algumas descontinuidades abertas na superfície das peças (SENAI, 2010). Antes de iniciar o ensaio, a área deve ser limpa e seca, evitando assim que fique qualquer resíduo, garantindo um ensaio

mais confiável. Logo após aplica-se sobre a abertura da descontinuidade um líquido, que ficará retido nessa descontinuidade (ANDREUCCI, 2017). Em seguida, é removido o excesso de líquido que está presente na superfície da peça (BARKOKÉBAS JUNIOR et al., 2010). Um filme uniforme de revelador (um pó branco e fino) é então aplicado sobre a superfície. Esse revelador age absorvendo o líquido penetrante das descontinuidades e acaba revelando-as. As indicações começam a serem observadas através da mancha causada pela absorção do penetrante contido nas aberturas, e essas indicações serão objetos de avaliação (FIGURA 3) (ANDREUCCI, 2017).

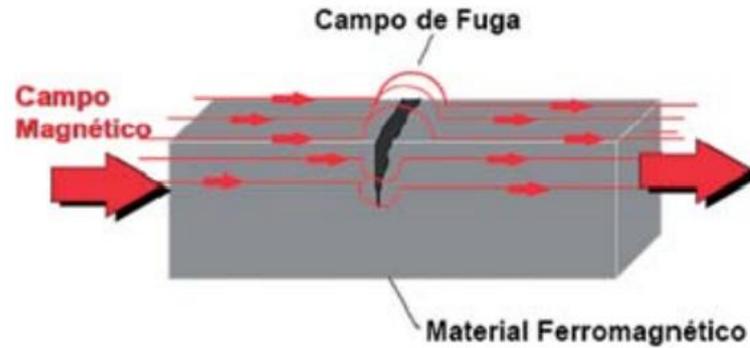
Figura 3. Etapas do ensaio por líquidos penetrantes



Fonte: Barkókebas Junior et al., 2010.

Já nos ensaios por partículas magnéticas, submete-se a peça a ser ensaiada a um campo magnético. Nas regiões magnetizadas, as descontinuidades irão causar um campo de fuga do fluxo magnético (NOGUEIRA; RODRIGUES NETTO, VIANNA; 2010). Nesse tipo de ensaio é exigido que se faça uma limpeza e uma preparação da superfície a ser ensaiada, retirando a sujeira, oxidação, carepas, respingos ou inclusões superficiais que façam com que o END seja prejudicado (FIGURA 4) (MAZZOCHI, 2015).

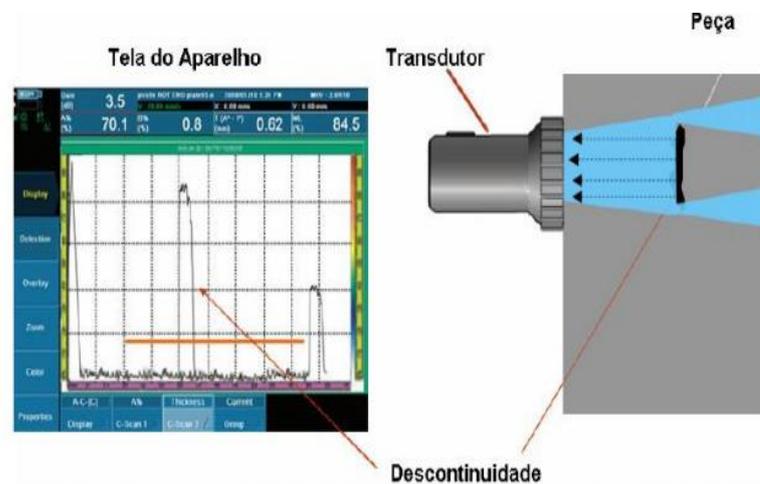
Figura 4. Ilustração da formação de um campo de fuga diante de uma descontinuidade



Fonte: Souza, 2012.

Nos ensaios por ultrassom, um feixe ultrassônico, com características iguais ao material, é colocado em direção à descontinuidade. Refletido pela descontinuidade, será apresentado então um pico na tela do aparelho, conhecido como eco, representado por gráficos (FIGURA 5) (SELLITTO; MORAIS, 2014). O eco é emitido através de um transdutor, conhecido por cabeçote, que é capaz de converter energia elétrica em energia mecânica de vibração ou vice-versa (SENAI – SP, 2010).

Figura 5. Inspeção por ultrassom



Fonte: Castro et al., 2017.

E por último, tem-se a radiografia, que permite testar produtos industriais, em poucos segundos, também sem danificá-los (PATRÍCIO; SILVA; MELO FILHO, 2012). Por esse motivo, torna-se então um dos principais métodos de ensaio não destrutivo utilizado em indústrias. Esse tipo de ensaio se baseia na diferença de absorção da radiação penetrante no material analisado, podendo ser materiais fundidos, soldaduras ou outros, a fim de poder - se

detectar algumas variações de espessuras, defeitos ou falhas (BENEDETTE; MONÇÃO NETO, 2013).

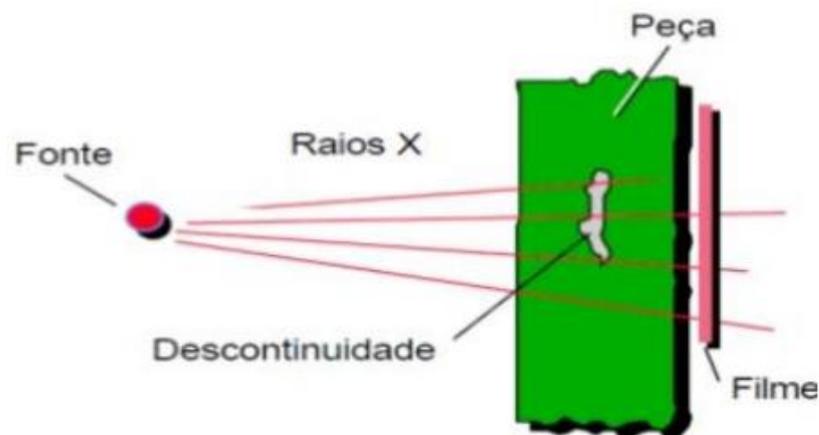
2.2.1 Radiografia Industrial

O ensaio de radiografia aplicado às juntas soldadas é um END que utiliza o poder das radiações ionizantes do tipo raios X para formar uma imagem do objeto de interesse. Com isso, na imagem que será analisada, será possível a realização de um diagnóstico sobre a integridade do material que foi radiografado (TROMBINI; DITYZ, 2013).

A radiografia é um dos melhores métodos de END empregados na área industrial, pois é capaz de projetar uma imagem, no filme radiográfico, representando a fotografia interna de uma peça, desempenhando então um papel importante no processo de qualidade e, de certa forma, insuperável, pois nenhum método END é capaz de realizar o mesmo (BENEDETTE; MONÇÃO NETO, 2017).

No ensaio radiográfico a radiação emitida é composta de raios X ou radiação gama, que penetram nas juntas soldadas sólidas, fazendo com que haja uma interação com a matéria, sendo então mais absorvida por corpos mais densos do que nos menos densos. A radiação é captada então por um filme fotográfico de tela fluorescente. Portanto, nos vazios ou descontinuidade existe menos material para absorver a radiação, e com isso a quantidade de radiação que atravessa o material não é a mesma em todas as regiões (FIGURA 6) (CASTRO et al., 2017).

Figura 6. Ensaio radiográfico executado na indústria



Fonte: Castro et al., 2011.

Através das imagens radiográficas pode-se verificar imperfeições em uma solda, como excesso de porosidade, falta de fusão, trincas e falta de penetração. Nesse tipo de ensaio, uma imagem de alta qualidade é importante para que se possa realizar um diagnóstico adequado do objeto examinado (TROMBINI; DITYS, 2013).

2.2.2 Técnicas de Exposição Radiográfica

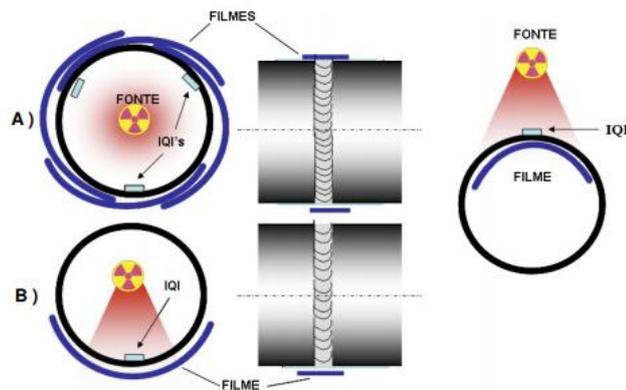
2.2.2.1 Técnica de Parede Simples Vista Simples (PSVS)

É uma técnica em que somente a seção da peça que está próxima ao filme será inspecionada e a projeção acaba sendo em apenas uma espessura do material. É uma das principais técnicas e a mais fácil de ser interpretada (FIGURA 7) (ANDREUCCI, 2017).

2.2.2.2 Exposição Panorâmica

A exposição panorâmica é uma técnica particular da PSVS, porém proporciona com maior agilidade os exames de juntas circulares com acesso interno. A fonte de radiação deve ser posicionada no centro do ponto geométrico equidistante das peças e dos filmes. Em juntas soldadas, deve ser posicionada no centro da circunferência. Neste caminho, todos os filmes serão inspecionados e igualmente irradiados (FIGURA 7) (QUITES, 2009).

Figura 7. Ensaio da técnica panorâmica (A), Ensaio da técnica PSVS (B)



Fonte: Andreucci, 2017.

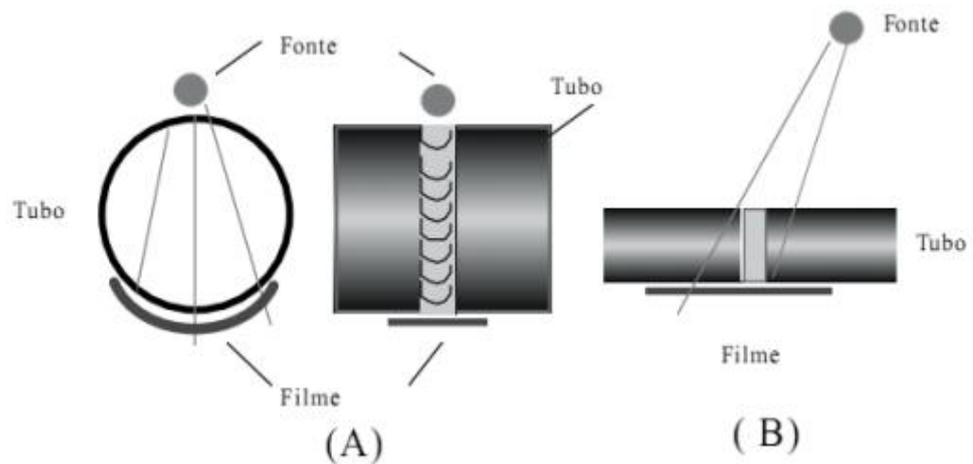
2.2.2.3 Técnica de Parede Dupla Vista Simples (PDVS)

O feixe de radiação atravessa duas espessuras da peça, porém projeta no filme somente a seção da peça que está próxima do mesmo. Nessa técnica o tempo de exposição é maior, pois é necessário que a radiação atravesse duas espessuras da peça (FIGURA 8) (ANDREUCCI, 2017).

2.2.2.4 Técnica de Parede Dupla Vista Dupla (PDVD)

O feixe de radiação proveniente da fonte atravessa duas espessuras e projeta no filme a imagem de duas seções da peça. Neste caso, as duas seções da peça são objetos de interesse. Essa técnica é usada em tubulações com diâmetros menores que 90 mm (FIGURA 8) (QUITES, 2009).

Figura 8. Ensaio da técnica parede dupla vista simples (A) e parede dupla vista dupla (B)



Fonte: Quites, 2009.

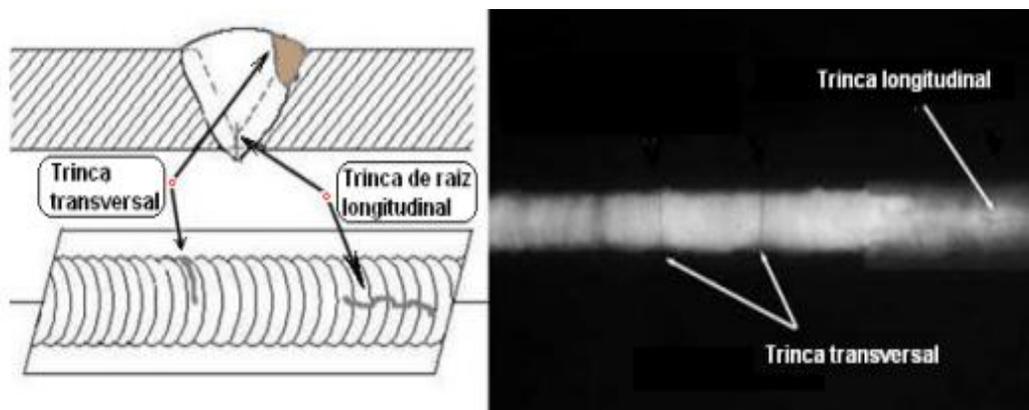
2.3 Descontinuidades em Soldagem apresentadas em Imagens Radiográficas

As descontinuidades são caracterizadas por interrupções macroscópicas ou microscópicas na estrutura de uma peça, sendo as mesmas suscetíveis a serem notadas em um ensaio não destrutivo (SALVADOR; FERREIRA; SILVA, 2010).

2.3.1 Trincas

As trincas são descontinuidades geradas a partir de rupturas no metal como conseqüências de tensões que foram produzidas nele durante a soldagem, sendo visível na radiografia a partir do momento em que o feixe de radiação incide sobre a peça numa direção paralela ao plano que contém a trinca, produzindo assim, uma imagem radiográfica de uma linha escura com direção irregular (FIGURA 9) (BENEDETTE; MONÇÃO NETO, 2013).

Figura 9. Radiografia de uma solda com trincas (setas)

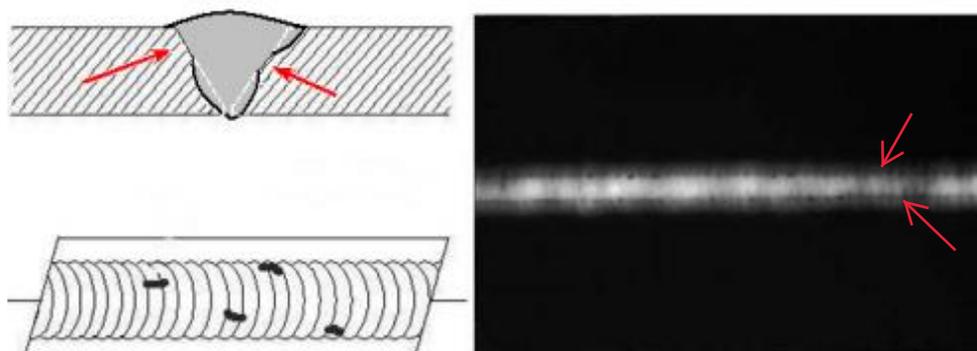


Fonte: Quites, 2009.

2.3.2 Falta de Fusão

É uma descontinuidade que ocorre devido à falta de fusão entre o metal depositado e o metal base e é determinada quando o feixe incidente coincide com o plano do defeito. Na imagem radiográfica, a falta de fusão aparece como uma linha escura, estreita, paralela ao eixo da solda, em um ou em ambos os lados (FIGURA 10) (BENEDETTE; MONÇÃO NETO, 2013).

Figura 10. Radiografia de uma solda com falta de fusão (setas)

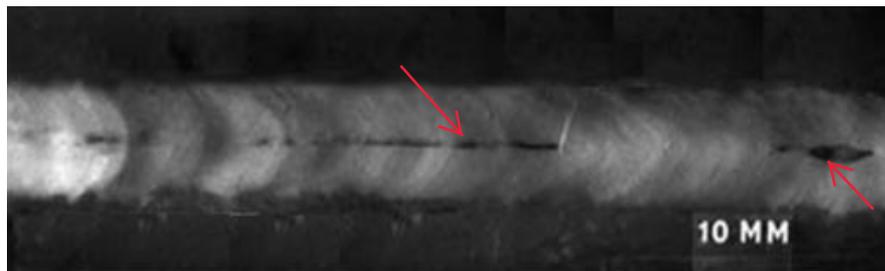


Fonte: Quites, 2009.

2.3.3 Falta de Penetração

A falta de penetração é a falta de material na raiz da solda em consequência do material não ter chegado até essa raiz. Na radiografia ela aparece como uma linha escura, intermitente ou contínua, sendo visível no centro (FIGURA 11) (BENEDETTE, MONÇÃO NETO, 2013).

Figura 11. Radiografia de uma solda com falta de penetração (setas)



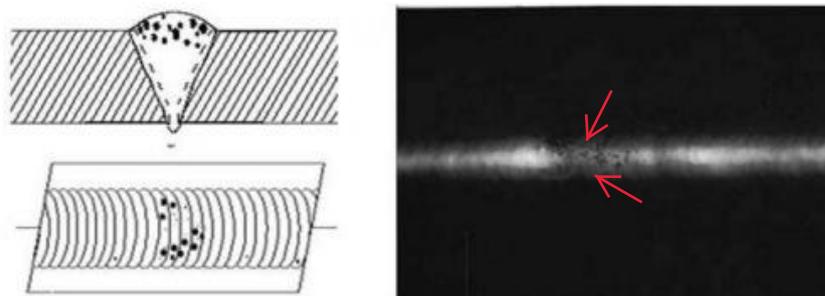
Fonte: Quites, 2009.

2.3.4 Porosidades

A porosidade é formada pela evolução de gases, geralmente na parte posterior da peça de fusão, durante a solidificação da solda. Os poros podem ser em formato esférico, porém se associados com o hidrogênio, podem apresentar poros alongados, conhecido como porosidade vermiforme (SENAI - SP, 2010).

Na imagem radiográfica essas porosidades aparecem como pontos escuros com um contorno nítido. Algumas dessas podem apresentar uma forma alongada ou cilíndrica, dependendo assim de uma orientação em relação ao feixe de radiação incidente (FIGURA 12) (BENEDETTE; MONÇÃO NETO, 2013).

Figura 12. Radiografia de uma solda com porosidades (setas)



Fonte: Quites, 2009.

3. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A inspeção de soldagem é uma etapa importante e indispensável para o controle e a qualidade dos equipamentos e peças dentro da indústria. No entanto, algumas dessas peças e equipamentos podem apresentar falhas, sendo assim inspecionadas com a ajuda dos ensaios não destrutivos. Os líquidos penetrantes, as partículas magnéticas, o ultrassom e a radiografia fazem parte desses ensaios, cada um desempenhando um papel e tendo o seu modo de ser aplicado. Porém, dentre esses ensaios, a radiografia tornou-se o principal método de inspeção, pois é capaz de fotografar uma peça internamente, identificando imperfeições em uma solda. Ainda se comparada aos outros tipos de técnicas, a radiografia é um ensaio mais rápido em relação aos demais, por não ter a necessidade de fazer uma limpeza na superfície da peça a ser inspecionada. Além disso, se utilizada a técnica de exposição radiográfica correta, é possível realizar um estudo de classificação de descontinuidades volumétricas, garantindo à peça produzida uma alta taxa de qualidade e confiabilidade.

REFERÊNCIAS

- ANDREUCCI, R. **Líquidos Penetrantes: Ensaios por líquidos penetrantes**. São Paulo: Abendi, 2017. 51p. Disponível em: <http://www.abendi.org.br/abendi/Upload/file/biblioteca/apostila_lp_2017.pdf>. Acesso em: Outubro 2018.
- ANDREUCCI, R. **Radiologia Industrial**. São Paulo: Abendi, 2017. 122p. Disponível em: <http://www.abendi.org.br/abendi/Upload/file/radiologia_maio_2017.pdf>. Acesso em: Novembro 2018
- BARKÓKEBAS JUNIOR, B. B. et al. Ensaios não destrutivos por líquido penetrante como ferramenta de auxílio à manutenção preditiva de equipamentos de elevação da construção civil. In: ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, 30., 2010, São Carlos. **ABEPRO**, 2010.p. 1 – 15. Disponível em: <http://www.abepro.org.br/biblioteca/enegep2010_tn_sto_116_761_17564.pdf>. Acesso em: Outubro 2018.
- BENEDETTE, C.E. P.; MONÇÃO NETO, M. R. Controle de qualidade em juntas soldadas: Um estudo de caso em fabricante de equipamentos criogênicos. In: SIMPÓSIO ACADÊMICO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, 8., 2013, Viçosa. **SAEPRO**, 2013.p. 1 – 12. Disponível em: <<http://www.saepr.ufrv.br/wp-content/uploads/2013.13.pdf>>. Acesso em: Setembro 2018.
- CASTRO, N. L. et al. Ensaios para determinação de resistência em juntas soldadas. **Revista Constituinte**, Belo Horizonte, v. 9, n. 2, p. 57-67, jul./dez. 2017. Disponível em:

<<http://www.fumec.br/revistas/construindo/article/view/5759/3011>>. Acesso em: Setembro 2018.

COSTA, D. M. et al. Inspeção de estruturas soldadas por meio de ensaios não destrutivos: Líquidos Penetrantes e Partículas Magnéticas. In: CONGRESSO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PETRÓLEO, GÁS NATURAL E BIOCOMBUSTÍVEIS, 1., 2015, Rio Grande do Norte. **CONEPETRO**, 2015. Disponível em: <http://www.editorarealize.com.br/revistas/conepetro/trabalhos/Modalidade_4datahora_08_04_2015_23_19_15_idinscrito_1582_2fa87b3e2c90f442fe4115121cbc37a1.pdf>. Acesso em: Setembro 2018.

FONSECA, C. S.; SILVA, I. P. P.; BRANT, G. S. C. Influência do aporte térmico sobre a microestrutura em juntas soldadas de aço inoxidável AISI 304. **Engevista**, v. 19, n.1, p. 1 – 8, jan. 2017. Disponível em: <<http://periodicos.uff.br/engevista/article/download/9082/6555>>. Acesso em: Outubro 2018.

MAZZOCHI, G. Aplicações dos ensaios de líquido penetrante e partícula magnética. In: **CONGRESSO DE PESQUISA E EXTENSÃO DA FSG**, 3., v.3, n. 3, p. 30 – 42, nov. 2015, Disponível em: <<http://ojs.fsg.br/index.php/pesquisaextensao/article/view/1591>>. Acesso em: Agosto 2018.

MODENESI, P. J.; MARQUES, P. V.; SANTOS, D.B. **Introdução à Metalurgia da Soldagem**. Belo Horizonte/ MG, 2012. 209p. Disponível em: <<http://demet.eng.ufmg.br/wp-content/uploads/2012/10/metalurgia.pdf>>. Acesso em: Agosto 2018.

NOGUEIRA, R. B. A.; RODRIGUES NETTO, A.; VIANNA, L. R. Avaliação da dispersão magnética em ensaios não destrutivos. **Bolsista de Valor**, v. 1, p. 191 – 195, 2010. Disponível em: <<http://www.essentiaeditora.iff.edu.br/index.php/BolsistaDeValor/article/view/1813>>. Acesso em: Outubro 2018.

PATRÍCIO, M. C. M.; SILVA, V. M. A.; MELO FILHO, A. A. A radioatividade e suas utilidades. **Polêmica**, v. 11, n.2, p. 252 – 260, abr./jun. 2012. Disponível em: <<http://www.e-publicacoes.uerj.br/index.php/polemica/article/view/3097/2218>>. Acesso em: Agosto 2018.

QUITES, A. **Inspeção de juntas soldadas por radiografia**. Maio, 2009. 28p. Disponível em: <<http://www.soldasoft.com.br/portal/generalidades/INSPE%C3%87%C3%83O%20DE%20JUNTAS%20SOLDADAS%20POR%20RADIOGRAFIA.pdf>>. Acesso em: Agosto de 2018.

RABELLO, J.M. et al. Utilização da técnica de radiografia computadorizada na inspeção de soldas circunferenciais na técnica de parede dupla – vista simples. In: CONFERÊNCIA PANAMERICANA DE END, 5., 2007, Buenos Aires. **AAENDE**, 2007. p. 1 -12. Disponível em: <<https://www.ndt.net/article/panndt2007/papers/157.pdf>>. Acesso em: Setembro 2018.

SACCHI, C. C.; SOUZA, A. S. C. Manifestações patológicas e controle de qualidade na montagem e fabricação de estruturas metálicas. **Revista Eletrônica de Engenharia Civil**, São Carlos, v. 12, n. 1, p. 20 – 34, jan./jun. 2017. Disponível em: <<https://www.revistas.ufg.br/reec/article/viewFile/41214/pdf>> Acesso em: Setembro 2018.

SALVADOR, J. S.; FERREIRA, M. S.; SILVA, R. S. Tratamentos de efluentes e destinação dos resíduos de ensaios por líquidos penetrantes. **Bolsista de Valor: Revista de divulgação do Projeto Universidade Petrobras e IF Fluminense**, v. 1, p. 295 – 299, 2010. Disponível em:<<http://www.essentiaeditora.iff.edu.br/index.php/BolsistaDeValor/article/viewFile/1833/1012>>. Acesso em: Setembro 2018.

SCHWEDERSKY, M. B. et al. Soldagem TIG de elevada produtividade: influência dos gases de proteção na velocidade limite para formação de defeitos. **Soldag. Insp**, São Paulo, v. 16, n. 4, p.333 – 340, out./dez. 2011. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/si/v16n4/v16n4a04.pdf>>. Acesso em: Setembro 2018.

SELLITTO, M. A.; MORAIS, R. A. Aplicação do ensaio por ultrassom no controle de qualidade de processo de soldagem a ponto em operação industrial. **Tecnologias para Competividade Industrial**, v. 7, n. 2, p. 45 – 68, 2014. Disponível em: <<http://etech.sc.senai.br/index.php/edicao01/article/download/357/358/>>. Acesso em: Setembro 2018.

SERVIÇO NACIONAL DE APRENDIZAGEM INDUSTRIAL (SENAI-SP). **Soldador: Controle de qualidade da soldagem**. 1. ed. São Paulo: SENAI, 2010. 204p.

SOUZA, C. D. Ensaio Não Destrutivos: Partículas Magnéticas. **Bolsista de Valor: Revista de divulgação do Projeto Universidade Petrobras e IF Fluminense**, v. 2, n. 1, p. 271 –275, 2012. Disponível em: <<http://essentiaeditora.iff.edu.br/index.php/BolsistaDeValor/article/view/2426/1314>>. Acesso em: Novembro 2018.

TROMBINI, H.; DYTZ, A. G. Imagens em radiografia industrial: Fatores que alteram a qualidade da imagem. **Vetor**, v.23, p. 71 – 81, 2013. Disponível em:<<http://repositorio.furg.br/bitstream/handle/1/7073/3797-11449-1-PB.pdf?sequence=1>>. Acesso em: Setembro 2018.