



## **Deteção de descontinuidades em chapa de aço sae 1020 utilizando técnica ultrassônica**

**Angêlo Antonio Carvalho Aragão<sup>1</sup>, Cláudia Teresa Teles Farias, Matheus Souza Sales Araújo, Ygor**

**Tadeu Bispo dos Santos.**

<sup>1</sup> Graduando técnico em Química- IFBA/GPEND/LEUS. E-mail: [aragaolangelo@gmail.com](mailto:aragaolangelo@gmail.com)

<sup>2</sup> Doutora em Engenharia Metalúrgica e de Materiais – IFBA/GPEND/LEUS. E-mail: [cfarias@ifba.edu.br](mailto:cfarias@ifba.edu.br)

<sup>3</sup> Graduando em Engenharia Mecânica – IFBA/GPEND/LEUS. E-mail: [matheusaraujo@ifba.edu.br](mailto:matheusaraujo@ifba.edu.br)

<sup>4</sup> Graduando em Engenharia Mecânica – IFBA/GPEND/LEUS. E-mail: [ygortadeu@ifba.edu.br](mailto:ygortadeu@ifba.edu.br)

**Resumo:** Devido às suas características de resistência mecânica e baixo custo, a liga metálica mais utilizada na indústria é o aço-carbono. Dentre os danos que podem levar a falhas neste material, a corrosão é a principal causa do mau funcionamento dos equipamentos, necessitando, portanto, de monitoramento periódico. Ensaios não destrutivos (ENDs) contribuem para garantir qualidade, reduzir custos e aumentar confiabilidade de equipamentos, produtos e estruturas industriais, proporcionando informações a respeito do teor de defeitos, como a localização, dimensionamento, e a monitoração da degradação em serviço. A técnica não destrutiva ultrassônica é interessante para a deteção e acompanhamento de deteriorações como perda de espessura e falhas estruturais localizadas em chapas metálicas uma vez que não requer a parada do processo e não altera as características do corpo de prova. Neste trabalho foram realizados ensaios não destrutivos ultrassônicos em chapa de aço carbono SAE 1020, a fim de determinar a perda de espessura simulando corrosão, utilizando a técnica convencional pulso-eco por contato.

**Palavras-chave:** B-Scan, C-Scan, corrosão, perda de espessura, ultrassom

### **1. INTRODUÇÃO**

O aço carbono é facilmente obtido e soldável, além de ser encontrado sob todas as formas de apresentação. É o material metálico de menor preço em relação à sua resistência mecânica. Por esses motivos, o aço carbono é o material mais utilizado na construção da maioria dos equipamentos de processo, sendo que só é lançado mão de outro material quando não é possível o emprego do aço carbono. Como o ferro é um metal facilmente oxidável e dificilmente passivável, muitas vezes não existe, para o aço carbono, um serviço industrial no qual a corrosão não seja um fator considerável (TELLES, 2003).

A corrosão pode causar perda de espessura das paredes de equipamentos, além de falhas estruturais localizadas. A avaliação destes danos é interessante, pois tais deteriorações podem levar ao comprometimento das características mecânicas do material, fazendo com que este fique fora das especificações exigidas para o trabalho e, conseqüentemente, seja retirado de serviço, ocasionando perda de produção, assim, o ensaio ultrassônico apresenta-se útil para inspeções não destrutiva em indústrias.

O ensaio por ultrassom é uma das técnicas não destrutivas mais utilizadas na avaliação de estruturas para deteção e avaliação de descontinuidades internas. As ondas utilizadas nesta técnica são mecânicas, sendo assim, precisam de meio elástico para se propagar. Quando se fornece energia ultrassônica às partículas de um material, estas apresentam variação temporária de posição. A mudança de posição é efêmera uma vez que as forças que mantêm estas partículas unidas atuam no sentido de atrair as partículas para a posição inicial, de menor energia. A velocidade da onda sonora é característica para cada material (SANTIN, 2003).

A determinação precisa da posição da descontinuidade na peça possibilita a execução correta do eventual reparo e também fornece informações que ajudam na identificação do tipo de descontinuidade existente. A localização das descontinuidades, no caso do ensaio por ultrassom refere-se à posição desta no plano de emissão do feixe, de modo que o local onde se encontra a mesma possa ser corretamente localizado (localização longitudinal) (SANTIN, 2003).

O ensaio para inspeção de chapas é de grande importância para as usinas siderúrgicas como ferramenta de controle de qualidade. A inspeção de chapas busca principalmente a deteção de

descontinuidades planares (SANTIN, 2003). A apresentação dos dados obtidos nos ensaios pode ser em diferentes formatos, os mais conhecidos são o A-scan, B-scan e C-scan.

A exibição no modo A-Scan corresponde a um ecograma que apresenta em sua escala horizontal a posição dos picos com relação ao tempo decorrido do pulso sônico, e na escala vertical as amplitudes dos ecos que indicam a quantidade de energia recebida pelo transdutor. As informações do mostrador A-Scan permitem observar parâmetros úteis na avaliação de medições de espessura, e caracterização de descontinuidades (ANDREUCCI, 2008; SANTIN, 2003). Para exibição gráfica da espessura da chapa em função da posição do transdutor utiliza-se o formato B-Scan, que fornece o perfil de profundidade da peça, esse formato contribui para avaliar danos internos de corrosão detectados com a técnica (CERQUEIRA, 2009; NDT, 2010). O uso do C-scan permite a visualização da área inspecionada em duas dimensões. A partir da medida do tempo entre os sinais emitidos e recebidos é possível obter a espessura da superfície analisada.

No presente trabalho foi realizada inspeção ultrassônica na configuração pulso eco por contato para detecção de descontinuidades em chapa de aço carbono 1020. Seguido de processamento computacional em Matlab® para visualização gráfica dos resultados em A, B e C-Scan. A escolha dessa técnica de ensaio não destrutivo deve-se primeiro ao fato deste ensaio não necessitar o acesso à parede oposta para a sua execução, o que permite o acompanhamento do desgaste de um equipamento sem a necessidade da interrupção do seu funcionamento. Além da rapidez de execução e obtenção de resultados.

## 2. MATERIAL E MÉTODOS

### 2.1 Materiais

A chapa metálica utilizada foi confeccionada em aço-carbono SAE 1020, cuja composição é mostrada na Tabela 1, as dimensões do corpo de prova estão apresentadas na figura 1. Os furos e regiões de menor espessura foram produzidos artificialmente para simular defeitos reais. Os sinais ultrassônicos foram adquiridos em três regiões distintas: sem defeito (espessura nominal), apresentando perda de espessura, e com furo transversal, conforme a figura 2.

Tabela 1- Composição química do corpo de prova utilizado. (MORO, 2012)

ABNT/SAE/AISI	C (%)	Mn (%)	P (%)	S (%)
1020	0.18 – 0.23	0.30 – 0.60	0.040	0.050

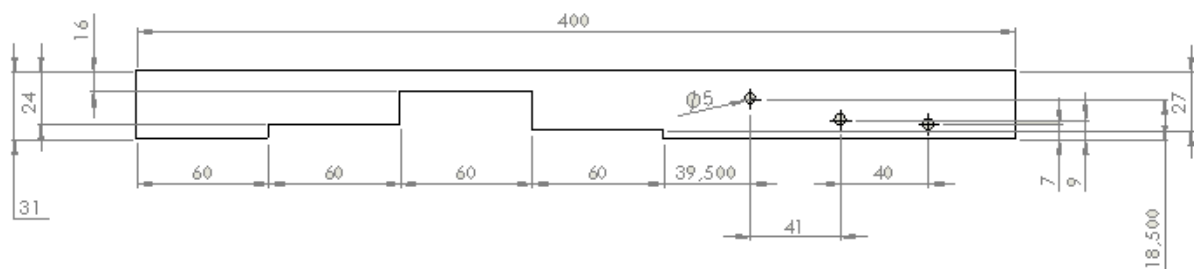


Figura 01- Vista lateral do corpo de prova com as dimensões

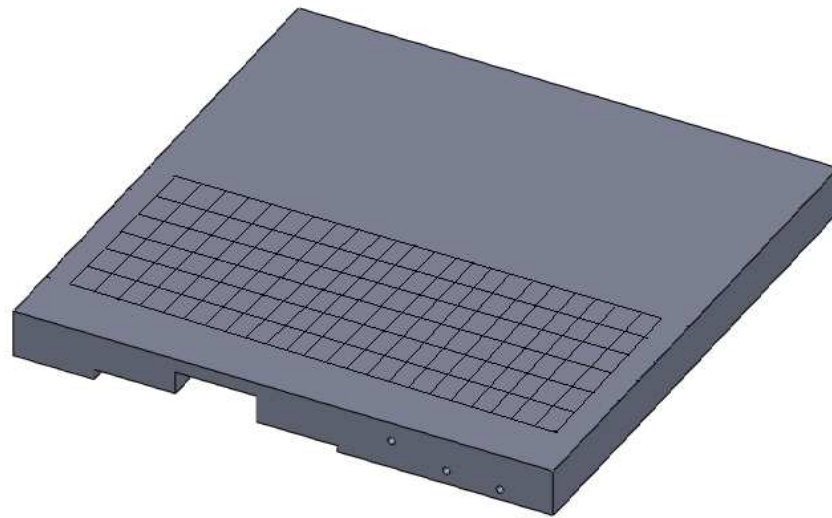


Figura 02- Vista em perspectiva do corpo de prova com a malha de inspeção.

## 2.2. Configuração experimental

Foram realizados ensaios ultrassônicos na configuração pulso-eco para obtenção de sinais. Utilizando os seguintes equipamentos para a inspeção: Gerador de pulso Olympus® modelo 5077PR; osciloscópio digital Tektronix® modelo TDS 2024B, com frequência de amostragem de 250 MHz com interface para um microcomputador para armazenagem dos sinais e transdutor Krautkramer MB4S 57749,4 MHz, diâmetro do cristal igual a 10 mm.

Excluiu-se linhas da malha num limite de 2,5 cm devido aos possíveis efeitos por interferência da borda. Determinou-se uma malha de 7 linhas e 36 colunas formando quadrados de um centímetro quadrado, para varredura. Utilizou-se frequência do gerador de pulsos na faixa de 3,5-4,0 MHz, tensão de 200 V e ganho de 16dB. Uma representação do sistema de inspeção pode ser observado na figura 3.

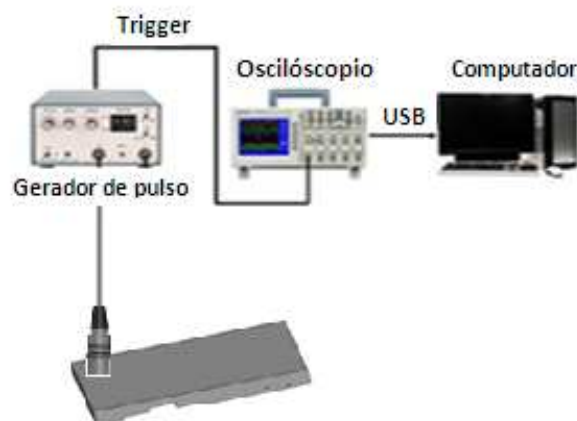


Figura 03- Representação do sistema de inspeção.

### 2.3. Processamento Digital de Sinais

Após o armazenamento dos sinais ultrassônicos foi necessário o uso de processamento digital de sinais (PDS) para obtenção das visualizações B-Scan e C-scan, a partir do A-Scan, modo como é visualizado na tela do osciloscópio e conseqüentemente armazenado.

Para o processamento digital descrito, foram utilizados algoritmos computacionais na plataforma MATLAB<sup>®</sup>. O PDS se baseou no A-Scan, que foi janelado de forma a apresentar dois ou mais ecos de fundo. Através do *software* MATLAB<sup>®</sup>, foram localizadas as máximas amplitudes da onda e a partir dos tempos associados a estes valores de amplitude foram calculadas a diferença de tempo entre dois ecos consecutivos, sendo assim o tempo necessário para a onda realizar o percurso na peça. Conhecendo a velocidade que a onda longitudinal se propaga no aço carbono (5920 m/s) (SANTIN, 2003), as espessuras foram calculadas através da equação 01.

$$E = v \cdot t \quad \text{Equação 01}$$

Onde E representa a espessura, v a velocidade sônica no material e t o tempo entre dois ecos consecutivos.

Os valores de espessuras encontrados foram armazenados como uma variável no MATLAB<sup>®</sup> em uma matriz de acordo a posição linha e coluna estabelecida na malha e logo depois foram feitos os respectivos gráficos B-Scan e C-Scan.

### 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A visualização em A-Scan proporciona avaliação dos sinais recebidos pelo transdutor. Esses dependem diretamente do espaço percorrido (espessura da chapa). O sinal da região sem perda de espessura apresentou três picos, enquanto o sinal obtido da região com maior perda de espessura apresentou quatro. Este resultado ocorreu porque num mesmo intervalo de tempo (25ms) o sinal percorre seis vezes a espessura da chapa sem defeito e oito vezes a espessura da região com maior perda de espessura. Para identificação das simulações de trinca fez-se necessário posicionar o transdutor exatamente em cima dessas, uma vez que sua pequena extensão e geometria não são favoráveis ao ensaio. Os sinais provenientes desses defeitos são de baixa amplitude, pois ocorre grande perda de energia ultrassônica devida à reflexão do feixe em diferentes direções, não sendo, a maioria, detectada pelo transdutor. Esses sinais podem ser vistos na figura 4.

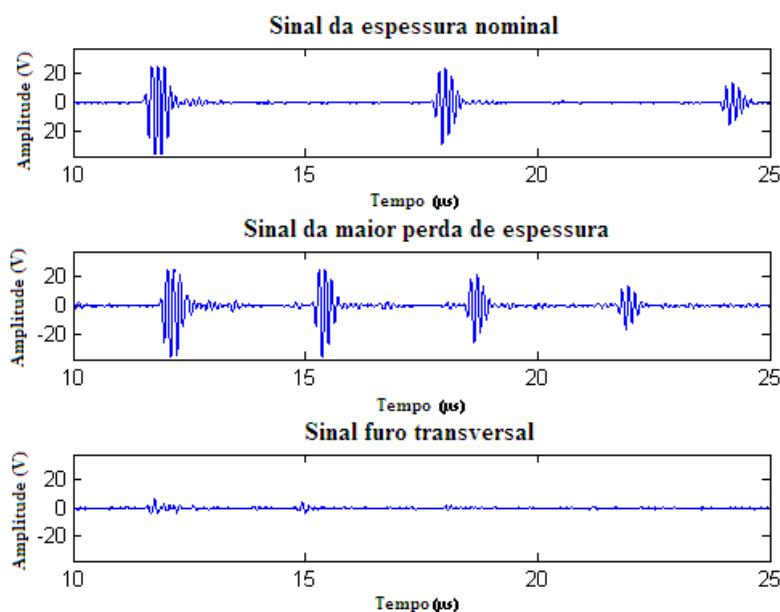


Figura 04- Representação em A-Scan das regiões sem perda de espessura, com perda de espessura e com simulação de trinca.



Na visualização em B-Scan têm-se uma visão transversal da peça inspecionada, como mostra a figura 5. Pode-se observar perda de espessura pela imagem e a profundidade da superfície refletora através da legenda que relaciona a cor na imagem com a respectiva espessura da chapa, em milímetros.

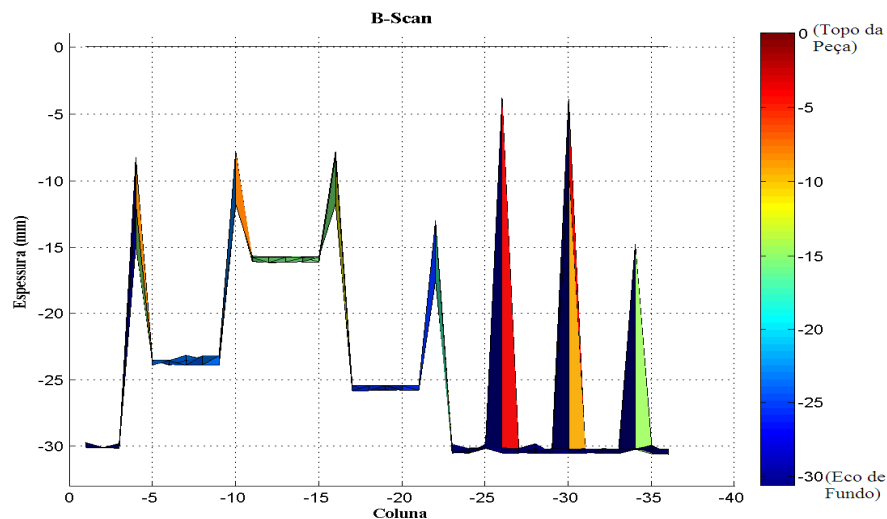


Figura 5- Visualização em B-Scan da área inspecionada.

Para melhor visualização adicionou-se um plano para representar a superfície de inspeção, como mostra a figura 6. A partir dessa visualização é possível localizar verticalmente a posição da descontinuidade. A representação em perspectiva facilita a visualização das cores e assim a leitura da espessura, além de evidenciar a extensão da corrosão localizada.

Os picos observados entre as regiões de diferentes espessuras são devidos ao efeito de borda. O sinal recebido pelo transdutor é “misto”, isto é, é proveniente das duas superfícies refletoras. Esse efeito pode ser minimizado com uma inspeção na qual os pontos de aquisição de sinais sejam mais próximos, porém este não é o foco do presente artigo.

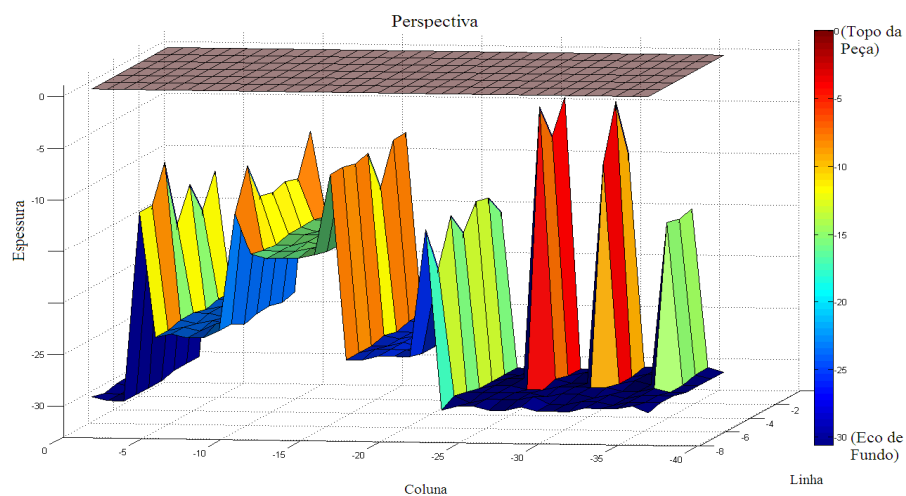


Figura 6- Visualização B-Scan em perspectiva da área inspecionada.

Após tratamento computacional obteve-se a representação C-Scan da área inspecionada. Nesse modo de apresentação pode-se observar a planta da espessura da chapa metálica. Regiões com diferente espessura são representadas em cores diferentes, como pode-se observar na figura 7.

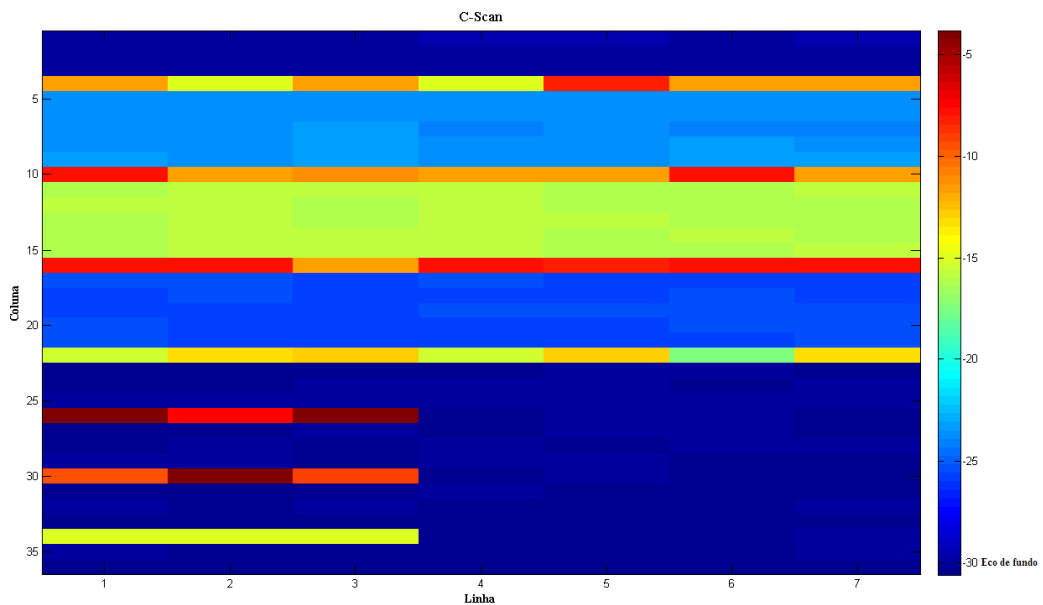


Figura 7- Visualização em C-Scan da área inspecionada.

Entre duas regiões com diferença de espessura o sinal recebido pelo transdutor tem origem na reflexão tanto pela superfície mais distante da qual se faz ensaio quanto da mais próxima. Devido esse efeito de borda e a distância entre os pontos de aquisição, aparecem listras entre regiões de diferente espessura.

As faixas entre as regiões de diferente espessura são equivalentes aos picos da figura 5 e sua origem já foi discutida. A diferença de tons numa região de mesma espessura pode ser explicada pela diferença de pressão aplicada ao transdutor, deficiência de acoplamento ou, até mesmo, movimentação involuntária do transdutor no momento de captação do sinal ultrassônico.

Para identificação das discontinuidades simulando processos corrosivos fez-se necessário posicionar o transdutor exatamente em cima desse dano, uma vez que sua pequena extensão e geometria não são favoráveis ao ensaio. Os sinais provenientes desses defeitos são de baixa amplitude, pois ocorre grande perda de energia ultrassônica devida a reflexão do feixe em diferentes direções, não sendo, a maioria, detectada pelo transdutor.

## 6. CONCLUSÕES

O ensaio ultrassônico, na configuração pulso eco possibilitou a detecção da perda de espessura e da trinca, simuladas na chapa de aço carbono SAE 1020. A representação em A-Scan permite visualização do sinal proveniente de cada tipo de deterioração presente na chapa em estudo. As apresentações em B e C-Scan permitiram melhor visualização e análise desses defeitos.

## AGRADECIMENTOS

Ao IFBA, pela infraestrutura e ao GPEND, pelo apoio técnico.

## REFERÊNCIAS

ANDREUCCI, R., **Aplicação Industrial: Ensaio por Ultra-Som**. ABENDE. Ed. Jul. 2008



CERQUEIRA, A S., **Avaliação da Técnica de Ultrassom Phased Array na Inspeção de Juntas Soldadas Dissimilares e Cladeadas com Diferentes Espessuras de Amanteigamento.** 2009. 106p. Dissertação (Mestre em Engenharia), Escola de Engenharia, Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Minas, Metalúrgica e de Materiais, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2009.

MORO, M. M. **Aços para construção mecânica.** Disponível em: <[http://www.cofercan.net.br/images/industria/acos\\_construcao\\_mecanica.pdf](http://www.cofercan.net.br/images/industria/acos_construcao_mecanica.pdf)> Acesso em: 31 julho 2012.

NDT RESOURCE CENTER, Data Presentation. Disponível em: <<http://www.ndted.org/EducationResources/CommunityCollege/Ultrasonics/EquipmentTrans/DataPre s.htm>>. Acesso em: 11 jun 2010.

SANTIN, J. L., **Ultra-som: técnica e aplicação.** 2 ed. Curitiba: Artes Gráficas e Editora Unificado, 2003

TELLES, P.C.S.; **Materiais para equipamentos de processo.** 6º edição. Rio de Janeiro. Editora Interciência. 2003.