

## Estudo do Tratamento de Alívio de Tensões Residuais por Vibração Mecânica em Juntas Soldadas de Aço AISI 316L

Miguel Gouveia<sup>1</sup>, [miguelunb@gmail.com](mailto:miguelunb@gmail.com)<sup>1</sup>

Tatiane Chuvas<sup>2</sup>, [tatiane.chuvas@gmail.com](mailto:tatiane.chuvas@gmail.com)<sup>2</sup>

Maria Cindra Fonseca<sup>1</sup>, [mcindra@vm.uff.br](mailto:mcindra@vm.uff.br)<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Departamento de Engenharia Mecânica/PGMEC – Escola de Engenharia, UFF – Universidade Federal Fluminense, Rua Passo da Pátria, 156, São Domingos, Niterói, RJ,

<sup>2</sup>Departamento de Engenharia Mecânica – CEFET/RJ, Rio de Janeiro, RJ.

**Resumo:** Na fabricação de estruturas, tubulações e componentes soldados são usados métodos convencionais de alívio das tensões residuais, tais como os tratamentos térmicos de alívio de tensão pós-soldagem. Contudo, novos métodos alternativos de baixo custo, capazes de reduzir as tensões residuais e manter o controle dimensional, vêm sendo desenvolvidos e o tratamento de alívio de tensões residuais por vibrações mecânicas se apresenta como uma técnica promissora, por ser de baixo custo, de rápida na aplicação e pela ausência de restrição quanto aos materiais a serem tratados. No presente trabalho foram estudadas juntas de aço inoxidável austenítico AISI 316L soldadas pelo processo GTAW (Gas Tungsten Arc Welding) autôgeno. As tensões residuais foram analisadas por difração de raios-X, pelo método  $\sin^2\psi$ , antes e após o tratamento de alívio de tensões por vibrações mecânicas, que foi realizado com frequências próximas às de ressonância. Os resultados mostraram que o método de vibrações mecânicas é eficaz quando empregados em juntas soldadas do aço austenítico AISI 316L em curto período de tempo de aplicação.

**Palavras-chave:** aço AISI 316L, soldagem GTAW, tensões residuais, difração de raios-X, vibrações mecânicas.

### 1. INTRODUÇÃO

Por apresentar boas propriedades mecânicas e resistência à corrosão, o aço inoxidável austenítico AISI 316L tem sido largamente utilizado em diversas aplicações nas indústrias nuclear, criogênica, construção naval e de petróleo e gás. E devido a essa ampla aplicação industrial, esses materiais passam por diversos processos de fabricação, em especial a soldagem.

Na indústria metal-mecânica as tensões residuais são consideradas um dos principais maiores problemas oriundos dos processos fabricação, pois essas tensões podem atingir valores em tração próximos ao limite de escoamento do material e tornar a vida em serviço do componente insegura. Nos processos de soldagem, que são amplamente utilizados na construção de estruturas e tubulações, a geração de tensões residuais, oriundas da contração associada aos elevados aportes térmicos é inerente a estes processos (Aoki *et al.*, 2005; Aoki *et al.*, 2008; Cindra Fonseca, 2000). Elas se desenvolvem com forte dependência dos parâmetros empregados no processo, tais como: geometria da junta, número de passes, composição química dos metais de base e de adição, e de outros fatores pertinentes ao processo de soldagem (Bhanu Prakash Mahur *et al.*, 2017). Dessa forma, busca-se aliviar as tensões residuais dos componentes e estruturas após as operações de soldagem.

Novos métodos de alívio de tensões têm sido desenvolvidos como alternativas aos processos tradicionais de alívio de tensões, tais como os tratamentos térmicos, que são de elevado custo. Neste âmbito, o tratamento de alívio de tensões por vibrações mecânicas vem sendo considerado como uma técnica promissora para provocar o alívio ou minimizar as tensões residuais, com baixo custo e sem causar alterações metalúrgicas, dimensionais ou provocar distorções nos componentes tratados (Hornsey, 2004).

O processo de alívio de tensões por vibração é aplicado à maioria dos metais trabalhados nas indústrias metalúrgicas e metal-mecânica em uma grande variedade de formatos e tamanhos. Dentre essa gama de metais ferrosos e não ferrosos estão incluídos os aços com baixo teor de carbono laminados a quente, aços com médio e alto teor de carbono, aços-ferramenta, ligas de alumínio, aços inoxidáveis, ferros fundidos, ligas especiais como titânio, magnésio, níquel e peças com revestimentos endurecidos, forjados e fundidos em geral (Giovanni e Danila, 2006; Jurčius *et al.*, 2010; Martins, 2014).

O método de alívio de tensões por vibrações mecânicas consiste na aplicação de uma força vibratória externa que induz tensões cíclicas a uma frequência e amplitude particular em um intervalo de tempo pré-determinado que interagem com as tensões residuais presentes no material, visando a redução e redistribuição das tensões residuais. (Walker *et al.*, 1994; Lin Kuang, 2002; Rao *et al.*, 2005; Giovanni e Danila, 2006; Askari R. *et al.*, 2014). Há duas grandes teorias que buscam justificar o mecanismo do alívio de tensão por vibração mecânica, conhecidas como as teorias metalúrgica e mecânica (Walker *et al.*, 1994; Lin Kuang, 2002). A teoria metalúrgica atribui o alívio de tensão residual às mudanças microscópicas do material enquanto é vibrado e a teoria mecânica propõe que as tensões dinâmicas causam uma deformação plástica que proporciona alívio da tensão residual, sendo que as tensões dinâmicas combinam-se com as tensões residuais e podem exceder o limite de escoamento do material, induzindo deformações plásticas e realinhando a estrutura cristalina, provocando redução dos campos de tensões residuais (Rao *et al.*, 2005; Kuo *et al.*, 2007; Askari *et al.*, 2014; Chuvvas, 2012).

O presente trabalho tem por objetivo avaliar a eficácia do método de tratamento de alívio de tensões por vibração mecânica em juntas soldadas do aço inoxidável austenítico AISI 316L, pelo processo GTAW autógeno.

## 2. MATERIAIS E MÉTODOS

Neste trabalho foi estudado o aço inoxidável austenítico AISI 316L, fornecido pela empresa APERAM na forma de chapa laminada com espessura de 3,5 mm. A composição química e as propriedades mecânicas segundo o fabricante do aço estão nas Tab. 1 e 2 respectivamente.

**Tabela 1. Composição química do aço AISI 316L (% em peso) (Fonte: APERAM).**

| C      | Mn     | Si     | P      | S      | Cr      | Ni     | Mo     | Al     |
|--------|--------|--------|--------|--------|---------|--------|--------|--------|
| 0,0207 | 1,3588 | 0,4471 | 0,0313 | 0,0008 | 16,5831 | 10,034 | 2,0406 | 0,0035 |
| Cu     | Co     | V      | Nb     | Pb     | B       | Ti     | Sn     | W      |
| 0,1131 | 0,2332 | 0,0412 | 0,0161 | 0,0011 | 0,0016  | 0,0029 | 0,0083 | 0,0258 |

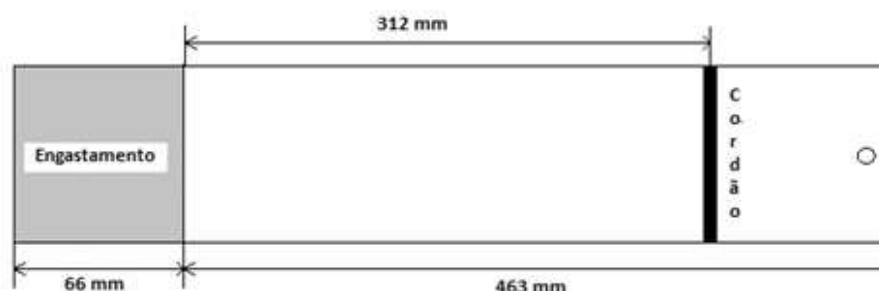
**Tabela 2. Propriedades mecânicas do aço AISI 316L a temperatura ambiente (Fonte: APERAM).**

| $\sigma_{YS}$ (MPa) | $\sigma_{UTS}$ (MPa) | $\varepsilon$ (%) | Dureza Rockwell B |
|---------------------|----------------------|-------------------|-------------------|
| 340                 | 650                  | 51                | 82                |

Foram produzidas 5 amostras de dimensões 376 x 42 mm pelo processo de corte a frio e posteriormente soldadas pelo processo GTAW autógeno com a máquina de solda Messer Griesheim UNTIG GW300. A soldagem foi realizada com chanfro reto, abertura de raiz 1,2 mm, usando eletrodo de tungstênio de diâmetro de 1/8", proteção de gás argônio, com vazão de 24 L/min, em dois passes, conforme os parâmetros médios de apresentados na Tab. 3. O croqui da amostra usada no tratamento de vibração mecânica estão ilustrados na Fig. 1.

**Tabela 3. Parâmetros médios de soldagem das amostras.**

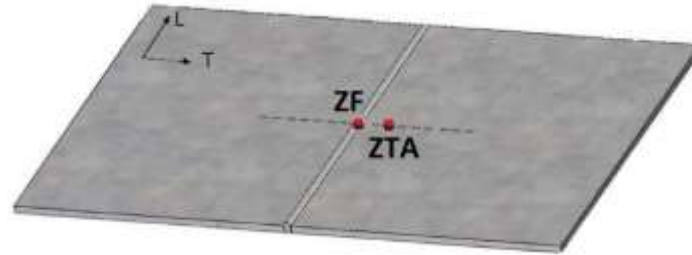
| Amostra | Corrente (A) | Tensão (V) | Velocidade (mm/min) | Aporte (kJ/mm) |
|---------|--------------|------------|---------------------|----------------|
| 1       | 90           | 10         | 73,8                | 0,43           |
| 2       | 85           | 10         | 64,2                | 0,47           |
| 3       | 75           | 10         | 45,0                | 0,60           |
| 4       | 90           | 10         | 82,8                | 0,39           |
| 5       | 75           | 10         | 52,8                | 0,51           |



**Figura 1. Detalhe da amostra com suas dimensões.**

Nas juntas soldadas, as tensões residuais foram analisadas na seção transversal (posição central do cordão de solda) na face e na raiz, na direção transversal (T). Para cada seção transversal foram avaliadas as tensões residuais na

zona fundida (ZF) e na zona termicamente afetada (ZTA) nas condições com e sem tratamento de vibração mecânica, conforme a Fig. 2.



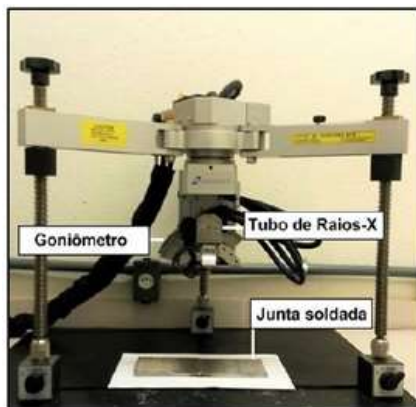
**Figura 2: Posições e direção das medições de tensões residuais das amostras.**

A análise das tensões residuais foi realizada por difração de raios-X, pelo método do  $\sin^2\psi$  com incerteza de  $\pm 15$  MPa, usando radiação  $\text{CrK}\beta$  e parâmetros de medição apresentado na Tab. 4. Foi utilizado o analisador de tensões da marca *XStress 3000*, fabricado pela *Stresstech*, apresentado na Fig. 3(a).

**Tabela 4. Parâmetros de análise de tensões residuais.**

|                                                |                    |
|------------------------------------------------|--------------------|
| <b>Diâmetro do colimador (mm)</b>              | 2,0                |
| <b>Ângulo de difração <math>2\theta</math></b> | 148,52°            |
| <b>Ângulo de inclinação <math>\psi</math></b>  | 0, 18, 27, 33, 45° |
| <b>Tempo de exposição (s)</b>                  | 15                 |
| <b>Corrente (mA)</b>                           | 6                  |
| <b>Tensão (kV)</b>                             | 30                 |

O tratamento de vibração mecânica foi realizado nas amostras soldadas na condição engastada-livre, submetendo-as à vibração por meio de um excitador eletromecânico, *shaker* apresentado na Fig. 3(b), com sinal de varredura de senos (*sinesweep*).



(a)



(b)

**Figura 3. (a) Analisador de tensões por difração de raios-X (Souza, 2017); (b) Equipamento excitador (*shaker*) vista lateral com amostra engastada.**

As frequências naturais na condição engastada-livre foram calculadas analiticamente, elementos finitos pelo *software* ANSYS 19.0 e obtidas experimentalmente por meio do *shaker* na amostra de teste (amostra 5), aplicando uma faixa de frequência de 0 a 2.000 Hz durante 3 min. Durante o ensaio foram adquiridos dados de aceleração por dois acelerômetros localizados na parte superior do *shaker* e na amostra em cima do cordão de solda. Através da comparação dos dados experimentais com os analíticos e numéricos, foi possível definir as frequências utilizadas no tratamento de vibrações mecânicas que foram utilizadas nas 4 amostras estudadas.

O estudo seguiu o roteiro apresentado na Fig. 4, aplicando em dois conjuntos de amostras de dimensões similares medições de tensões residuais e ensaio de vibrações mecânicas com duas frequências distintas. As medições foram realizadas nas condições sem vibração (como soldado) e com vibração (após vibração) durante um período de 5 min.

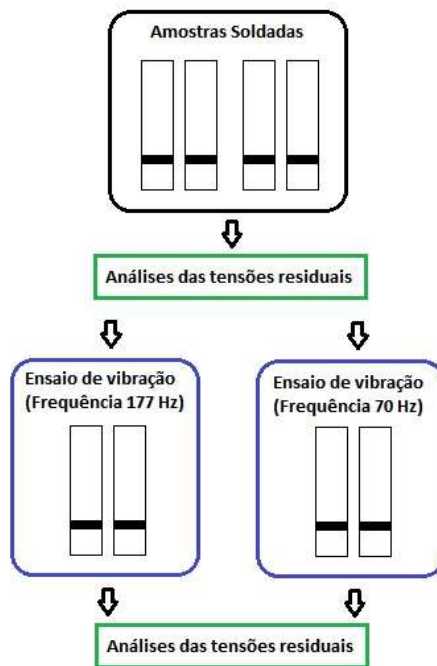


Figura 4. Roteiro de análise de tensões e tratamento mecânico de vibrações.

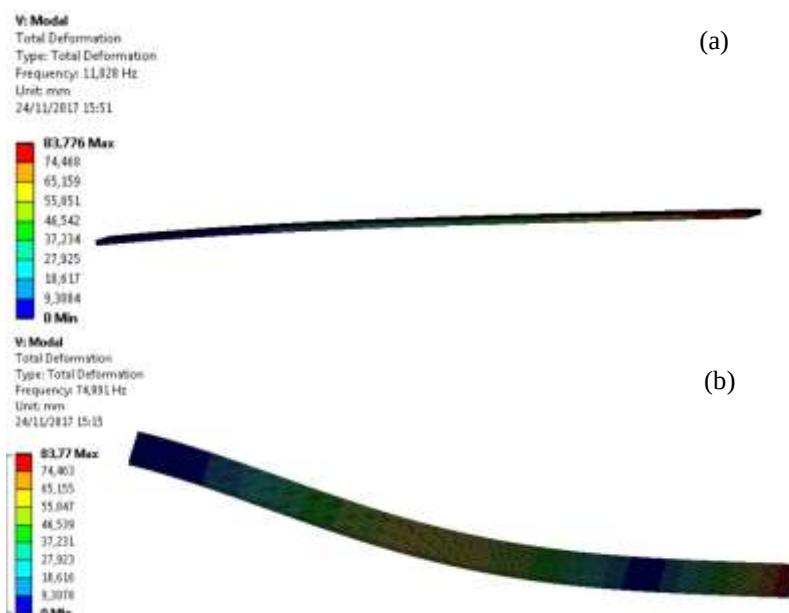
### 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Foram realizadas análises modais prévias, por método analítico e por elementos finitos das frequências naturais ( $W_n$ ) das amostras, o que possibilitou, conforme a Tab. 5, uma comparação com os resultados experimentais obtidos.

Tabela 5. Resultados das frequências naturais ( $W_n$ ).

| Modos | Analítico (Hz) | Elementos Finitos (Hz) | Experimental (Hz) |
|-------|----------------|------------------------|-------------------|
| Wn1   | 11,757         | 11,828                 | 47,62             |
| Wn2   | 73,682         | 74,091                 | 70,07             |
| Wn3   | 206,267        | 207,49                 | 176,7             |

A modelagem por elementos finitos (Fig. 5) possibilitou a análise dos modos de vibração de flexão da estrutura engastada-livre, o posicionamento dos nós da estrutura em relação ao cordão de solda e a determinação da frequência utilizada durante o tratamento de alívio tensões por vibrações mecânicas. Com base nos resultados apresentados na Tab. 5 e Fig. 5 foi possível estabelecer as frequências de 177 e 70 Hz empregadas nos conjuntos de amostras 1 e 2 respectivamente, conforme o roteiro de análise apresentado na Fig. 4.





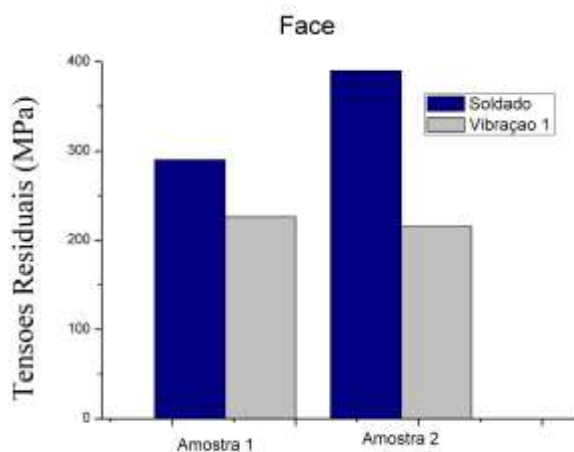
**Figura 5. Modos de vibração de flexão através da simulação por elementos finitos: (a) Wn1 11,828Hz; (b) Wn2 74,091Hz; (c) Wn3 207,49Hz.**

As análises das tensões residuais foram realizadas nas amostras na região do metal de base (MB), sendo obtido valor médio de -100 MPa. Os valores de tensões residuais médios da zona fundida das amostras analisadas estão apresentados na Tab. 6 e Fig. 6, e os valores de tensões residuais médios da zona termicamente afetada estão apresentados na Tab. 7 e Fig. 7.

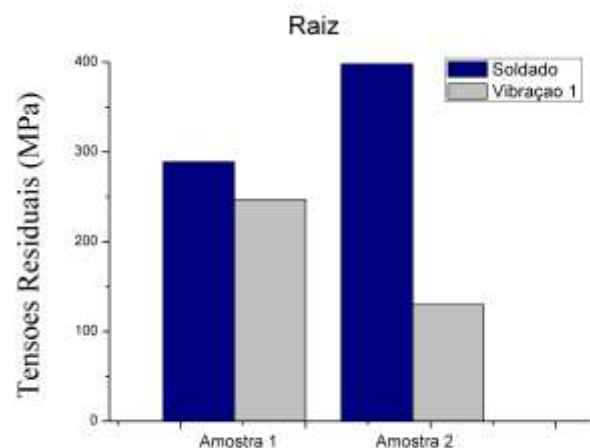
Devido ao caráter heterogêneo dos valores médios das tensões residuais na condição como soldado (sem tratamento de vibração), foi necessário obter os resultados de alívio de tensões em valores percentuais (Tab. 6 e 7), a fim de auxiliar nas análises quanto à eficiência do tratamento.

**Tabela 6. Tensões residuais transversais médias na zona fundida (ZF).**

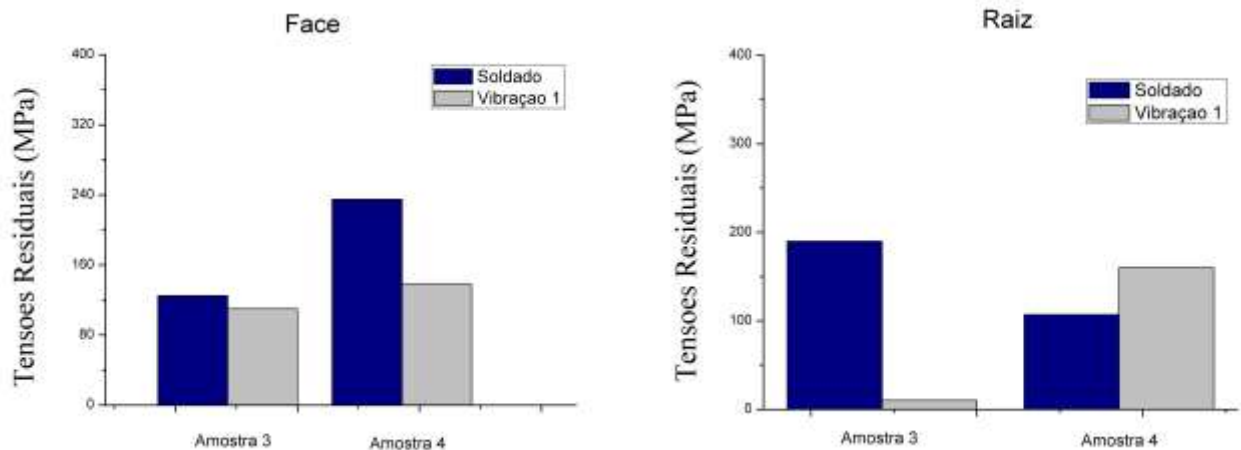
| Amostra Analisada | Local | Frequência (Hz) | Tensões Residuais (MPa) |               | Redução (%) |
|-------------------|-------|-----------------|-------------------------|---------------|-------------|
|                   |       |                 | Como soldado            | Após vibração |             |
| 1                 | Face  | 177             | 290                     | 226           | 22,0        |
|                   | Raiz  |                 | 289                     | 247           | 14,5        |
| 2                 | Face  |                 | 390                     | 215           | 45,0        |
|                   | Raiz  |                 | 398                     | 130           | 67,0        |
| 3                 | Face  | 70              | 125                     | 110           | 12,0        |
|                   | Raiz  |                 | 190                     | 10            | 95,0        |
| 4                 | Face  |                 | 235                     | 138           | 41,0        |
|                   | Raiz  |                 | 107                     | 160           | 0,0         |



**Face – 177Hz**



**Raiz – 177Hz**



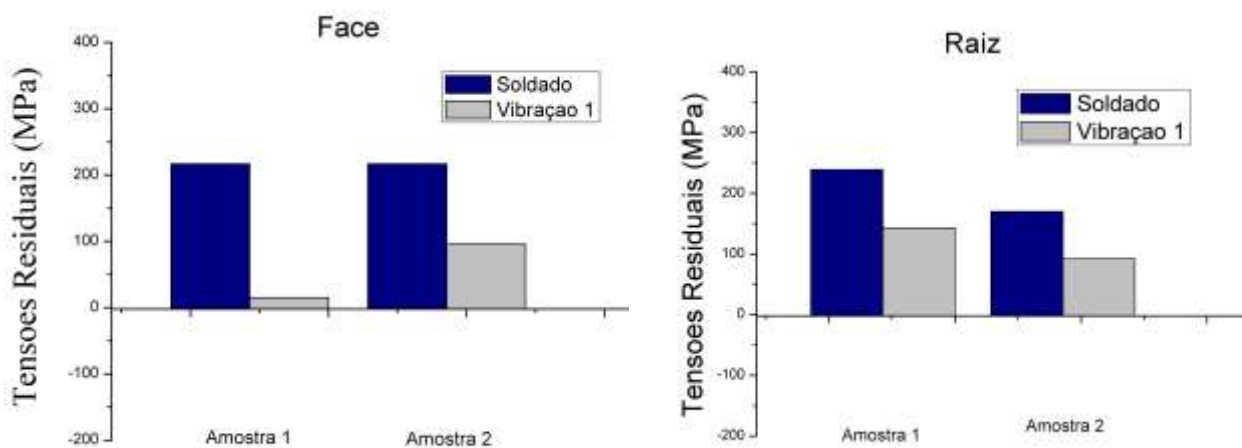
Face – 70Hz – ZF

Raiz – 70Hz – ZF

Figura 6: Tensões residuais transversais na zona fundida (ZF): Amostras 1 e 2 vibradas com 177 Hz e amostras 3 e 4 vibradas com 70 Hz durante 5min.

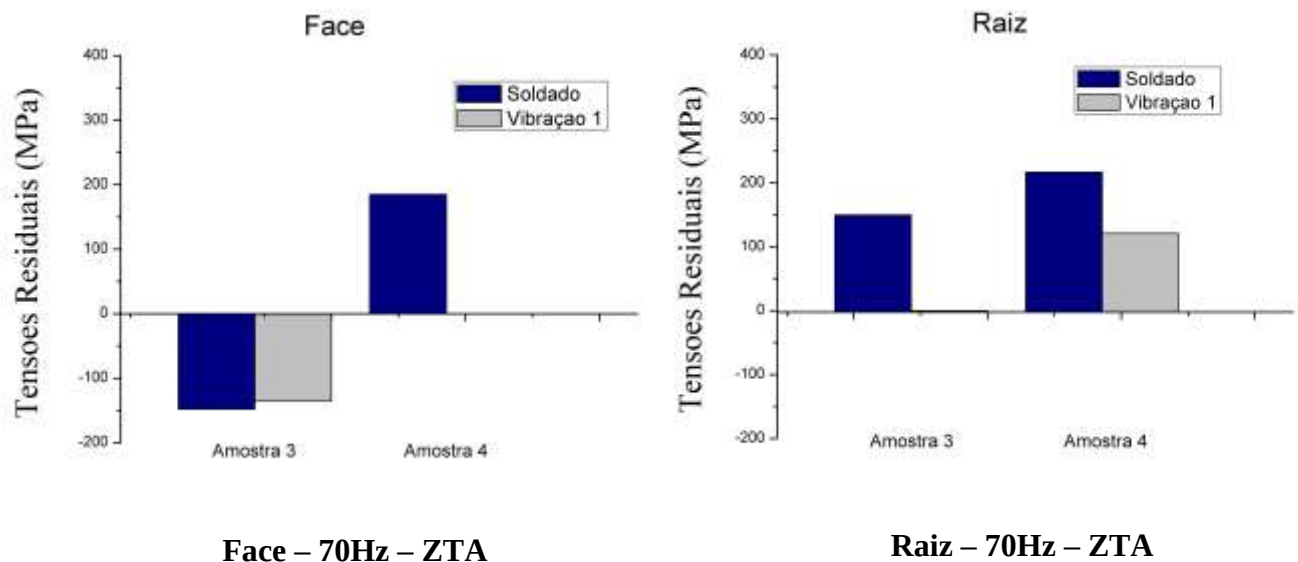
Tabela 7: Tensões residuais transversais médias na zona termicamente afetada (ZTA).

| Amostra Analisada | Local | Frequência (Hz) | Tensões Residuais (MPa) |               | Redução (%) |
|-------------------|-------|-----------------|-------------------------|---------------|-------------|
|                   |       |                 | Como soldado            | Após vibração |             |
| 1                 | Face  | 177             | 217                     | 15            | 93,0        |
|                   | Raiz  |                 | 239                     | 143           | 40,0        |
| 2                 | Face  |                 | 217                     | 96            | 56,0        |
|                   | Raiz  |                 | 170                     | 92            | 47,0        |
| 3                 | Face  | 70              | -148                    | -135          | 9,0         |
|                   | Raiz  |                 | 150                     | 0             | 100         |
| 4                 | Face  |                 | 185                     | 0             | 100         |
|                   | Raiz  |                 | 217                     | 121           | 44,0        |



Face – 177Hz – ZTA

Raiz – 177Hz – ZTA



**Figura 7: Tensões residuais transversais na zona termicamente afetada (ZTA): Amostras 1 e 2 vibradas com 177 Hz e amostras 3 e 4 vibradas com 70 Hz durante 5min.**

Analisando os resultados apresentados na Tab. 6 e Fig. 6 é possível perceber que as tensões residuais da zona fundida geradas pelo processo de soldagem são tensões trativas e quando os valores de tensões residuais médios obtidos aproximam-se do limite de escoamento do material, melhores percentuais de alívio são obtidos durante o tratamento de vibração mecânica.

Na zona fundida (Tab. 6 e Fig. 6) houve redução das tensões residuais médias em todas as condições analisadas. Nas amostras submetidas à frequência de 177Hz, obteve-se um alívio máximo de 67%. Enquanto, para a frequência de 70Hz obteve-se um alívio máximo de 95% nos primeiros minutos do alívio. Esse comportamento pode ser em decorrência dos modos de vibração associados a cada frequência utilizada que possuem amplitudes máximas intrínsecas entre os nós, conforme apresentado na Fig. 5.

Na zona termicamente afetada (Tab. 7 e Fig. 7) as amostras obtiveram resultados de alívio. Nas amostras submetidas à frequência de 177Hz, obteve-se um alívio máximo de 93%. Enquanto, para a frequência de 70Hz obteve-se um alívio que atingiu 100% redução.

Cabe destacar, como as frequências escolhidas (177Hz e 70Hz) são frequências próximas a frequência natural do material na condição engastada-livre. Logo, nos seus primeiros ciclos durante os 5 minutos que foi realizado o tratamento de vibração há uma maximização da amplitude, momento onde ocorre o maior percentual de alívio.

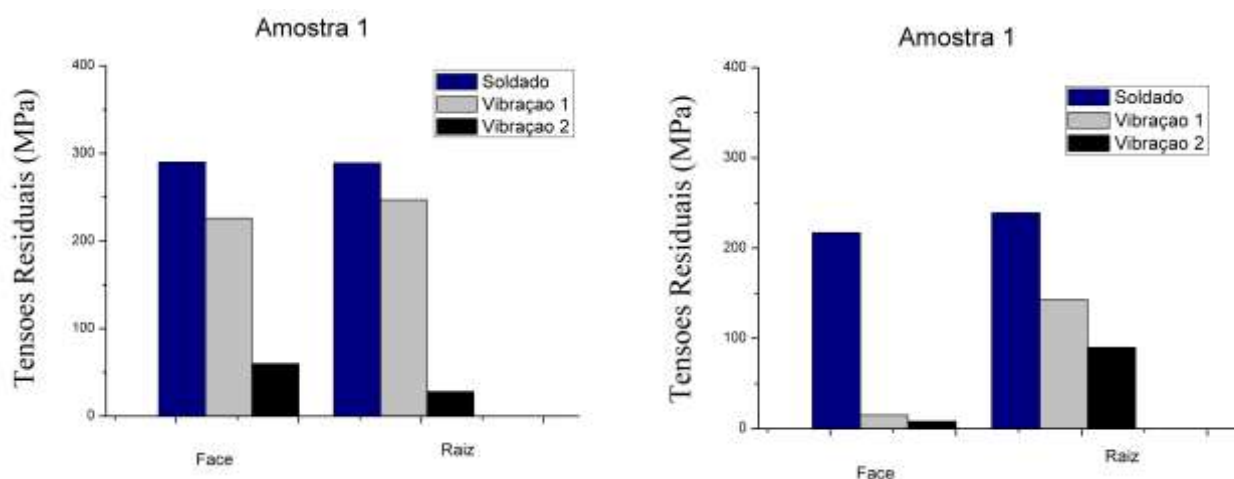
Comportamento atípico foi observado na medição de tensão residual da raiz na amostra 4, região da zona fundida, onde não apresentou alívio. Esta medição não representa o comportamento padrão do conjunto das amostras analisadas, este comportamento pode estar relacionado a algum fator pontual, metalúrgico ou mecânico na referida amostra.

A fim de verificar o comportamento de uma amostra submetida a um segundo ensaio de vibração mecânica, a amostra 1 foi ensaiada por mais 5 minutos. Com isso verificou-se na Tab. 8 e Fig. 8 um aumento no percentual de alívio após o segundo ensaio. Destacando-se que na zona fundida da amostra 1, no lado da face como na raiz houve um aumento do percentual de alívio de 79% e 90% respectivamente.

**Tabela 8. Tensões residuais transversais médias na zona fundida (ZF) e zona termicamente afetada (ZTA) da Amostra 1.**

| Região | Local | Frequência (Hz) | Tensões Residuais (MPa) |               | Redução (%) | Tensões Residuais (MPa) | Redução (%) |
|--------|-------|-----------------|-------------------------|---------------|-------------|-------------------------|-------------|
|        |       |                 | Como soldado            | Após vibração |             | Após 2ª vibração        |             |
| ZF     | Face  | 177             | 290                     | 226           | 22,0        | 60                      | 79,0        |
|        | Raiz  |                 | 289                     | 247           | 15,0        | 28                      | 90,0        |
| ZTA    | Face  |                 | 217                     | 15            | 93,0        | 8                       | 96,0        |
|        | Raiz  |                 | 239                     | 143           | 40,0        | 90                      | 62,0        |





**Figura 8. Tensões residuais transversais na zona fundida (ZF) e termicamente afetada (ZTA): Amostra 1 vibrada duas vezes com 177 Hz durante 5min.**

#### 4. CONCLUSÃO

O presente trabalho, que teve como objetivo o estudo do alívio de tensões por vibrações mecânicas em juntas soldadas do aço AISI 316L, permite as seguintes conclusões:

1. As juntas soldadas com processo de soldagem GTAW autógeno, com aplicação de baixo aporte térmico em torno de 0,47 kJ/mm, apresentaram boa qualidade, com pequenas distorções e ótima penetração. Entretanto, tensões residuais geradas no processo foram tratativas em virtude da variação não uniforme de temperatura no material decorrente do processo de soldagem.
2. Nas juntas soldadas verificou-se que os perfis das amostras apresentaram um mesmo padrão de comportamento, com tensões residuais médias tratativas na zona fundida de magnitude superior ao encontrado na zona termicamente afetada.
3. O tratamento de vibração mecânica com frequências próxima as frequências de ressonância aplicado ao aço AISI 316L, apresentou-se eficaz na direção transversal ao cordão quando empregado em curto período tempo (5 min), sendo obtido um significativo percentual de alívio de tensões para as amostras ensaiadas.
4. Embora o tempo não seja um parâmetro essencial do tratamento de vibrações mecânicas, foi observado na amostra 1 que um segundo ensaio com tempo similar ao primeiro ensaio executado, proporcionou um aumento no percentual de alívio.
5. Houve uma diferença no valor do percentual de alívio das tensões entre as amostras estudadas, o que pode ser atribuído a característica do material austenítico, comportamento metalúrgico e mecânico das amostras.

#### 5. REFERÊNCIAS

- Aoki, S., Nishimura, T., Hiroi, T. "Reduction Method for Residual Stress of Welded Joint Using Random Vibration", Nuclear Engineering and Design, vol. 235, pp. 1441-1445, 2005.
- Aoki, S., Nishimura, T., Hiroi, T. "Effect of Vibrations with Different Frequencies on Reduction of Residual Stress of Welded Joint", Journal of Solid Mechanics, vol. 2, N. 4, 2008.
- Askari R. B., Raj J., Pradeep K., "Vibratory Stress Relief Techniques: A Review of Present Trends and Future Prospects", International Journal of Emerging Technology and Advanced Engineering, vol. 4, 2014.
- Bhanu Prakash Mahur, Yogesh Bhardwaj, Vikas Bansal, "Review on finite element analysis for estimation of residual stresses in welded structures", Materials Today: Proceedings 4 (2017) 10230–10234.
- Chuvas, T. C.; Cindra Fonseca M. P.; Castello D. A. "Influência do Tratamento de Vibração nas Tensões Residuais Geradas na Soldagem a Laser de Aços ARBL e IF", 19º Congresso Brasileiro de Engenharia e Ciência dos Materiais (CBECiMat), 2010.
- Chuvas, T. C. "Estudo da Influência dos Parâmetros de Tratamento de Alívio das Tensões Residuais por Vibração Mecânica em Juntas Soldadas a Plasma", Dissertação de Mestrado em Engenharia Mecânica, UFF, 2012.
- Dias, J.S., Chuvas, T. C., Cindra Fonseca, M. P. "Evaluation of Residual Stresses and Mechanical Properties of IF Steel Welded Joints by Laser and Plasma Processes", Materials Research, vol.19 no.3. 2016.
- Giovanni, S. C., Danila, P.M., "Stress Relief of Welds by Heat Treatment and Vibration: A Comparison Between The Two Methods", VSR technology group, 2006.
- Hornsey, J. S. "Vibratory Stress Relieving – It's Advantages an Alternative to Termal Treatment", VSR (Africa) cc, 2004.



- Jurčius, A. V. Valiulis, O. Černašėjus, K. J. Kurzydowski, A. Jaskiewicz, M. Lech-Grega., “Influence of Vibratory Stress Relief on Residual Stresses in Weldments and Mechanical Properties of Structural Steel Joint”, Vibromechanika Journal of Vibroengineering, vol. 12, 2010.
- Kuo, Lin, Gen-Huey, Yu-Che Chen, Yung-Tse C. and Weite Wu, Characterization and Mechanism of 304 Stainless Steel Vibration Welding”, Materials Transactions, vol. 48, No. 9, pp. 2319 to 2323, 2007.
- Lin Kuang. “Finite Element Predictions of Residual Stress Relief in a Two-dimensional Cantilever Beam”, Master of science in Mechanical Engineering, Alfred University, 2002.
- Martins. “Alívio de Tensões Por Vibrações Sub-Ressonantes: Análise e Parametrização”, Dissertação de Mestrado em Engenharia Mecânica, Universidade Santa Cecília, 2014.
- Rao D., Zhu Z., Chen L., Ni C., “Reduce the Residual Stress of Welded Structures by Post-weld Vibration”, Materials Science Forum, vols. 490-491, 2005.
- Souza, Marcel Freitas de, “Estudo das Propriedades Mecânicas e Tensões Residuais de Juntas Soldadas de Aço AISI 316L”, Dissertação de Mestrado em Engenharia Mecânica, UFF, 2017.
- Walker, C A., Waddell, A J., Johnston, D J. “Vibratory Stress Relief-an Investigation of the Underlying Processes”, Roc Instn Mech Engrs, Vol 209, 1994.

## 6. RESPONSABILIDADE AUTORAL

Os autores são os únicos responsáveis pelo conteúdo deste trabalho.

# Study of the Mechanical Vibration Residual Stress Relief Treatment in AISI 316L Steel Welded Joints

Miguel Gouveia<sup>1</sup>, [miguelunb@gmail.com](mailto:miguelunb@gmail.com)<sup>1</sup>

Tatiane Chuvas<sup>2</sup>, [tatiane.chuvas@gmail.com](mailto:tatiane.chuvas@gmail.com)<sup>2</sup>

Maria Cindra Fonseca<sup>1</sup>, [mcindra@vm.uff.br](mailto:mcindra@vm.uff.br)<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Departamento de Engenharia Mecânica/PGMEC – Escola de Engenharia, UFF – Universidade Federal Fluminense, Rua Passo da Pátria, 156, São Domingos, Niterói, RJ,

<sup>2</sup>Departamento de Engenharia Mecânica – CEFET/RJ, Rio de Janeiro, RJ.

**Abstract:** *In the manufacturing of structures, pipes and welded components are used conventional methods of residual stress relief, such as post-weld heat treatment. However, new alternative methods of the low cost are capable of reducing residual stresses and maintaining dimensional control have been developed and the treatment of residual stress relief by mechanical vibrations is a promising technique because it is inexpensive, quick to apply and absence of restriction on the materials to be treated. In the present work, AISI 316L austenitic steel joints welded by the GTAW (Gas Tungsten Arc Welding) process were studied. The residual stresses were analyzed by X-ray diffraction and the  $\sin^2\psi$  method, before and after the mechanical vibration stress relief, which was performed at frequencies close to resonances. The results showed that the mechanical vibration method is effective when used in welded joints of AISI 316L austenitic steel in a short period of time.*

**Key words:** AISI 316L steel, GTAW welding, residual stress, diffraction of X-rays, mechanical vibrations.