

**UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ  
CURSO SUPERIOR DE TECNOLOGIA EM MANUTENÇÃO INDUSTRIAL**

**MARCOS HENRIQUE GAIOTO  
GUILHERME SOARES RIBEIRO**

**ANALISE DO PERFIL DE SOLDA DE JUNTA “T” SOLDADA POR  
ARAME TUBULAR COM GAS DE PROTEÇÃO E CORRENTE  
PULSADA.**

**TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO**

**CORNELIO PROCOPIO**

**2014**

**MARCOS HENRIQUE GAIOTO**  
**GUILHERMESOARES RIBEIRO**

**ANALISE DO PERFIL DE SOLDA DE JUNTA “T” SOLDADA POR  
ARAME TUBULAR COM GAS DE PROTEÇÃO E CORRENTE  
PULSADA.**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentada como requisito parcial à obtenção do título de Tecnólogo em Tecnologia em Manutenção Industrial, da Universidade Tecnológica Federal do Paraná.

Orientador: Prof. Carlos De Nardi

**CORNELIO PROCOPIO**

**2014**



Ministério da Educação  
**Universidade Tecnológica Federal do Paraná**  
Câmpus Cornélio Procópio

Diretoria De Graduação e Educação Profissional  
Coordenação do Curso de Tecnologia em Manutenção Industrial  
Tecnologia em Manutenção Industrial



---

## TERMO DE APROVAÇÃO

ANÁLISE DO PERFIL DE SOLDA DE JUNTA “T” SOLDADA POR ARAME  
TUBULAR COM GÁS DE PROTEÇÃO E CORRENTE PULSADA

por

MARCOS HENRIQUE GAIOTO

GUILHERME SOARES RIBEIRO

Este Trabalho de Conclusão de Curso (TCC) foi apresentado em 15 de agosto de dois mil e quatorze como requisito parcial para a obtenção do título de Tecnólogo Em Manutenção Industrial. Os candidatos foram arguidos pela Banca Examinadora composta pelos professores abaixo assinados. Após deliberação, a Banca Examinadora considerou o trabalho **Aprovado**.

---

Prof. Carlos De Nardi  
Orientador

---

Prof. Paulo Cezar Moselli  
Membro titular

---

Prof. Conrado Di Raimo  
Membro titular

- O Termo de Aprovação assinado encontra-se na Coordenação do Curso –

## **AGRADECIMENTOS**

Certamente estes parágrafos não irão atender a todas as pessoas que fizeram parte dessa importante fase de minha vida. Portanto, desde já peço desculpas àquelas que não estão presentes entre essas palavras, mas elas podem estar certas que fazem parte do meu pensamento e de minha gratidão.

Agradeço ao meu orientador Prof. Carlos De Nardi, pela sabedoria com que me guiou nesta trajetória.

Aos meus colegas de sala.

A Secretaria do Curso, pela cooperação.

Gostaria de deixar registrado também, o meu reconhecimento à minha família, pois acredito que sem o apoio deles seria muito difícil vencer esse desafio.

Enfim, a todos os que por algum motivo contribuíram para a realização desta pesquisa.

## RESUMO

GAIOTO, Marcos Henrique; RIBEIRO, Guilherme Soares. **Análise do perfil de solda de junta “T” soldada por arame tubular com gás de proteção e corrente pulsada.** 2014, 85f. Trabalho de Conclusão de Curso. Tecnologia em Manutenção Industrial. Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Cornélio Procópio, 2014.

Este trabalho abordará a preparação das amostras, análise e discussão dos resultados dos corpos soldados com junta T, com arame tubular e corrente pulsada que, foram processados fora do Câmpus Cornélio Procópio, porém com procedência conhecida. Buscou-se relacionar os parâmetros de soldagem pré-estabelecidos com o resultado dos cordões de solda obtidos. Aqui, utilizou-se a ANOVA como tratamento estatístico para avaliar e detectar as influências dos parâmetros de pulso (corrente de pico, corrente de base, tempo de pico e frequência de pulso), da velocidade de soldagem e da distância da soldagem (*stick-out*) sobre a geometria do cordão de solda e o estabelecimento de condições de soldagem específicas tais como gás de proteção, material e diâmetro do arame tubular, características do material de base e posição de soldagem. Conclui-se que há relacionamento positivo entre as variáveis do processo e o resultado dimensional dos cordões de solda.

**Palavras-chave:** Soldagem arame tubular. Corrente pulsada. Morfologia cordão solda. Junta “T”.

## ABSTRACT

GAIOTO, Marcos Henrique; RIBEIRO, Guilherme Soares. **Profile analysis of solder joint "T" welded tubular wire with shielding gas and pulsed current.** 2014, 85p. Work of Conclusion Course in Industrial Maintenance Technology. COMIN. Federal University of Technology - Paraná. Cornélio Procópio, 2014.

This work will address sample preparation, analysis and discussion of the results of the soldiers bodies with T Joint with cored wire and pulsed current, were processed outside the Campus Cornelius, but with known origin. We attempted to relate the pre-set welding parameters with the result of the weld beads obtained. Here, the ANOVA was used as statistical analysis for detecting and evaluating the influence of the pulse parameters (peak current, base current, peak time and pulse frequency), welding speed and distance of the weld (Stick- out) on the geometry of the weld bead and the establishment of specific welding conditions such as shielding gas, material and diameter of the tubular wire, the base material characteristics and welding position. We conclude that there is positive relationship between process variables and the dimensional result of weld beads.

**Keywords:** Cored wire welding. Pulsed current. Weld bead morphology. Joint "T".

## LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1: Comparação de resultado para dimensão região de garganta efetiva em relação às medias das amostras de cada grupo .....	77
Gráfico 2: Comparação de resultado para dimensão região de garganta teórica em relação as medias das amostras de cada grupo .....	78
Gráfico 3: Comparação de resultado para dimensão região de dimensão x, em relação as medias das amostras de cada grupo .....	78
Gráfico 4: Comparação de resultado para dimensão região de dimensão y, em relação as medias das amostras de cada grupo .....	79
Gráfico 5: Comparação de resultado para dimensão região de perna x, em relação as medias das amostras de cada grupo .....	79
Gráfico 6: Comparação de resultado para dimensão região de perna y, em relação as medias das amostras de cada grupo .....	80
Gráfico 7: Comparação de resultado para dimensão região de penetração inferior, em relação as medias das amostras de cada grupo .....	80
Gráfico 8: Comparação de resultado para dimensão região de penetração superior, em relação as medias das amostras de cada grupo .....	81
Gráfico 9: Comparação de resultado para dimensão região de convexidade em relação as medias das amostras de cada grupo .....	81

## LISTA DE QUADROS

Quadro 1: Valores adotados no processo de solda FCAW-G com corrente pulsada .....	38
Quadro 2: Indicação de comparação Anova para as variáveis do processo 360/40 e 360/60 .....	46
Quadro 3: Indicação de comparação Anova para as variáveis do processo 420/40 e 420/60 .....	51
Quadro 4: Indicação de comparação Anova para as variáveis do processo 360/40 e 420/40 .....	56
Quadro 5: Indicação de comparação Anova para as variáveis do processo 360/60 e 420/60 .....	61
Quadro 6: Indicação de comparação Anova para as variáveis do processo 360/40 e 420/60 .....	66
Quadro 7: Comparação das variáveis 360/60 e 420/40 por Anova para as condições nas Tabelas 51 a 59 .....	71
Quadro 8: Legenda - variável de regulagem X dimensões da geometria dos cordões .....	76

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Comparativo de consumíveis de soldagem em alguns centros mundiais .....	19
Tabela 2: Composição química do arame tubular ASME SFA 5.18 E70C-6M .....	34
Tabela 3: Características do arame tubular ASME SFA 5.18 E70C-6M .....	35
Tabela 4: Níveis utilizados para os parâmetros de soldagem .....	36
Tabela 5: Indicação dos valores das variáveis de regulação e de produtividade ...	45
Tabela 6: Comparação Anova para garganta efetiva das variáveis 360/40 e 360/60 .....	46
Tabela 7: Comparação Anova para garganta teórica das variáveis 360/40 e 360/60 .....	47
Tabela 8: Comparação Anova para dimensão x, das variáveis 360/40 e 360/60 ....	47
Tabela 9: Comparação Anova para dimensão y, das variáveis 360/40 e 360/60 ....	48
Tabela 10: Comparação Anova para perna x, das variáveis 360/40 e 360/60 .....	48
Tabela 11: Comparação Anova para perna y, das variáveis 360/40 e 360/60 .....	49
Tabela 12: Comparação Anova para penetração inferior, das variáveis 360/40 e 360/60 .....	49
Tabela 13: Comparação Anova para penetração superior, das variáveis 360/40 e 360/60 .....	50
Tabela 14: Comparação Anova para convexidade, das variáveis 360/40 e 360/60 .....	50
Tabela 15: Comparação Anova para garganta efetiva, das variáveis 420/40 e 420/60 .....	51
Tabela 16: Comparação Anova para garganta teórica, das variáveis 420/40 e 420/60 .....	52
Tabela 17: Comparação Anova para dimensão x, das variáveis 420/40 e 420/60 .....	52
Tabela 18: Comparação Anova para dimensão y, das variáveis 420/40 e 420/60 .....	53
Tabela 19: Comparação Anova para perna x, das variáveis 420/40 e 420/60 .....	53
Tabela 20: Comparação Anova para perna y, das variáveis 420/40 e 420/60 .....	54
Tabela 21: Comparação Anova para penetração inferior, das variáveis 420/40 e 420/60 .....	54
Tabela 22: Comparação Anova para penetração superior, das variáveis 420/40 e 420/60 .....	55

Tabela 23: Comparação Anova para convexidade, das variáveis 420/40 e 420/60 .....	55
Tabela 24: Comparação Anova para garganta efetiva, das variáveis 360/40 e 420/40 .....	56
Tabela 25: Comparação Anova para garganta teórica, das variáveis 360/40 e 420/40 .....	57
Tabela 26: Comparação Anova para dimensão x, das variáveis 360/40 e 420/40 .....	57
Tabela 27: Comparação Anova para dimensão y, das variáveis 360/40 e 420/40 .....	58
Tabela 28: Comparação Anova para perna x, das variáveis 360/40 e 420/40 .....	58
Tabela 29: Comparação Anova para perna y, das variáveis 360/40 e 420/40 .....	59
Tabela 30: Comparação Anova para penetração inferior, das variáveis 360/40 e 420/40 .....	59
Tabela 31: Comparação Anova para penetração superior, das variáveis 360/40 e 420/40 .....	60
Tabela 32: Comparação Anova para convexidade, das variáveis 360/40 e 420/40 .....	60
Tabela 33: comparação anova para região garganta efetiva das variáveis 360/60 e 420/60 .....	61
Tabela 34: Comparação anova para região garganta teórica, das variáveis 360/60 e 420/60 .....	62
Tabela 35: Comparação anova para região dimensão x, das variáveis 360/60 e 420/60 .....	62
Tabela 36: Comparação anova para região dimensão y, das variáveis 360/60 e 420/60 .....	63
Tabela 37: Comparação anova para região perna x, das variáveis 360/60 e 420/60 .....	63
Tabela 38: Comparação anova para região perna y, das variáveis 360/60 e 420/60 .....	64
Tabela 39: Comparação anova para região penetração inferior, das variáveis 360/60 e 420/60 .....	64
Tabela 40: Comparação anova para região penetração superior, das variáveis 360/60 e 420/60 .....	65
Tabela 41: Comparação anova para região convexidade, das variáveis 360/60 e 420/60 .....	65

Tabela 42: Comparação anova para região garganta efetiva, das variáveis 360/40 e 420/60 .....	66
Tabela 43: Comparação anova para região garganta teórica, das variáveis 360/40 e 420/60 .....	67
Tabela 44: Comparação anova para região dimensão x, das variáveis 360/40 e 420/60 .....	67
Tabela 45: Comparação anova para região dimensão y, das variáveis 360/40 e 420/60 .....	68
Tabela 46: Comparação anova para região perna x, das variáveis 360/40 e 420/60 .....	68
Tabela 47: Comparação anova para região perna y, das variáveis 360/40 e 420/60 .....	69
Tabela 48: Comparação anova para região penetração inferior, das variáveis 360/40 e 420/60 .....	69
Tabela 49: Comparação anova para região penetração superior, das variáveis 360/40 e 420/60 .....	70
Tabela 50: Comparação anova para região convexidade, das variáveis 360/40 e 420/60 .....	70
Tabela 51: Comparação Anova para garganta efetiva, das variáveis 360/60 e 420/40 .....	71
Tabela 52: Comparação Anova para garganta teórica, das variáveis 360/60 e 420/40 .....	72
Tabela 53: Comparação Anova para dimensão x, das variáveis 360/60 e 420/40 .....	72
Tabela 54: Comparação Anova para dimensão y, das variáveis 360/60 e 420/40 .....	73
Tabela 55: Comparação Anova para perna x, das variáveis 360/60 e 420/40 .....	73
Tabela 56: Comparação Anova para perna y, das variáveis 360/60 e 420/40 .....	74
Tabela 57: Comparação Anova para penetração superior das variáveis 360/60 e 420/40 .....	74
Tabela 58: Comparação Anova para penetração superior das variáveis 360/60 e 420/40 .....	75
Tabela 59: Comparação Anova para convexidade das variáveis 360/60 e 420/40 .....	75
Tabela 60: Tabela apresentação dos resultados da comparação da média dos resultados com anova para cada região analisada entre grupos .....	76

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1: O processo de soldagem com arames tubulares com gás de proteção ...	22
Figura 2: Formas de secções de arames tubulares .....	25
Figura 3: Representação esquemática da corrente pulsada, onde o tracejado indica a intensidade da corrente média ( $I_m$ ), relacionada à formação e desprendimento da gota metálica .....	27
Figura 4: Perfis corretos de solda em junta t e suas dimensões: $p_1$ e $p_2$ – pernas e g – garganta teórica. Cordão côncavo (a) e convexo (b) .....	28
Figura 5: Exemplo de perfis de solda inadequados .....	30
Figura 6: Inclusão de escória entre passes de solda .....	31
Figura 7: Falta de fusão entre solda de material de base .....	31
Figura 8: Falta de penetração na raiz da solda .....	32
Figura 9: Mordedura em uma junta soldada .....	32
Figura 10: Diversas discontinuidades em uma solda em aço estrutural, ataque com Nital 3%. Imagem demonstra solda com falta de penetração, falta de fusão, convexidade excessiva, perna insuficiente .....	33
Figura 11: Corpo de prova para uma junta soldada em “T” .....	36
Figura 12: A fonte de energia .....	37
Figura 13: Sistema de monitoração da produtividade em operações de soldagem .....	37
Figura 14: Seção transversal de uma junta soldada em “T” e geometria do cordão de solda .....	39
Figura 15: Microscópio eletrônico portátil .....	39
Figura 16: Máquina para corte de corpos de prova (policorte) .....	40
Figura 17: Alterção da posição em que a peça é lichada para cada etapa, da menor a maior .....	41
Figura 18: Métodos de lixamento (a) manual (100 – 420) e (b) semiautomático (600) .....	41
Figura 19: Método correto (a) e incorreto (b) de se secar a amostra com soprador térmico .....	43
Figura 20: Seção transversal de uma junta soldada em “T” e geometria do cordão de solda .....	43

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO</b> .....	<b>14</b>
1.1 DELIMITAÇÃO DO TEMA .....	15
1.2 PROBLEMAS E PREMISSAS .....	15
1.3 OBJETIVOS .....	16
1.4 JUSTIFICATIVA .....	16
<b>2 REVISÃO LITERÁRIA</b> .....	<b>17</b>
2.1 DEFINIÇÃO DE SOLDAGEM .....	17
2.2 O PROCESSO DE SOLDAGEM COM ARAME TUBULAR .....	18
2.2.1 Principais características .....	19
2.2.2 Aplicabilidade .....	20
2.2.3 Fundamentos do processo .....	21
2.2.4 Parâmetros de soldagem .....	23
2.2.4.1 Intensidade de corrente de soldagem .....	23
2.2.4.2 Tensão de soldagem .....	23
2.2.4.3 Extensão do eletrodo .....	24
2.2.4.4 Vazão do gás de proteção .....	24
2.2.4.5 Taxa de deposição e eficiência .....	24
2.2.4.6 Velocidade de soldagem .....	24
2.3 ARAMES TUBULARES .....	25
2.4 ARCO PULSADO .....	27
2.5 DESCONTINUIDADES DA SOLDA .....	28
2.5.1 Distorção .....	29
2.5.2 Preparação incorreta da junta .....	29
2.5.3 Dimensão incorreta da solda .....	29
2.5.4 Perfil incorreto da solda .....	29
2.5.5 Trincas .....	30
2.5.6 Porosidade .....	30

2.5.7 Inclusão de escória .....	30
2.5.8 Falta de fusão .....	31
2.5.9 Falta de penetração .....	31
2.5.10 Mordedura .....	32
<b>3 METODOLOGIA EXPERIMENTAL .....</b>	<b>34</b>
3.1 MATERIAIS .....	34
3.2 PROCEDIMENTOS DE SOLDAGEM .....	35
3.3 PROCEDIMENTO METALOGRÁFICO .....	39
3.3.1 Corte .....	40
3.3.2 Lixamento .....	41
3.3.3 Polimento .....	42
3.3.4 Ataque químico .....	42
3.4 TRATAMENTO ESTATÍSTICO .....	43
<b>4 ANÁLISE DOS DADOS .....</b>	<b>45</b>
<b>5 CONCLUSÃO .....</b>	<b>82</b>
<b>REFERÊNCIAS .....</b>	<b>84</b>

## 1 INTRODUÇÃO

A soldagem é um processo de juntar peças metálicas, colocando-as em contato íntimo, e aquecer as superfícies de contato de modo a levá-las a um estado de fusão.

Difícilmente encontraremos alguma construção mecânica onde não exista união por soldagem, por exemplo: em estruturas metálicas, nos veículos de transportes, na aviação, na indústria naval, na indústria automobilística, na construção civil, nas indústrias químicas e petroquímicas, nas indústrias farmacêuticas e alimentícias, na geração de energia nuclear, nas plataformas marítimas, componentes eletrônicos, utilidades domésticas, entre outras com isso podemos concluir que é de grande importância este processo.

Com um leque tão vasto de aplicações existem muitos processos para se soldar; um deles em especial é a solda com arame tubular (*Flux Cored Arc Welding – FCAW*). Sua produtividade é alcançada com eletrodos contínuos, e a combinação dos ingredientes do fluxo no núcleo do arame tubular aliada à proteção externa proporcionada por gases como CO<sub>2</sub> e Argônio produzem soldas de alta qualidade e um arco estável com um baixo nível de respingos e uma alta taxa de deposição de material.

O processo de soldagem a Arame Tubular pode ser automático ou semiautomático, podendo ser utilizado em todas as posições, normalmente utiliza uma fonte de energia do tipo “tensão e corrente constantes” similares à empregada na soldagem MIG / MAG.

## 1.1 DELIMITAÇÃO DO TEMA

Este trabalho abordará a preparação das amostras, análise e discussão dos resultados dos corpos soldados com arame tubular e corrente pulsada que foram processados fora do Câmpus Cornélio Procópio, porém com procedência conhecida.

Buscar-se-á relacionar os parâmetros de soldagem pré-estabelecidos com o resultado dos cordões de solda obtidos.

## 1.2 PROBLEMAS E PREMISSAS

A soldagem a Arame Tubular, muito empregada nos EUA e Japão, é uma das técnicas mais recentes sendo ainda pouco explorada e divulgada industrialmente, principalmente no Brasil.

Aqui, estes arames encontram-se a um nível tecnológico pouco desenvolvido representando cerca de 2% (1600 ton/ano) do total de consumíveis produzidos pela indústria nacional, contra 65% dos eletrodos revestidos (Fortes, 2004).

Isto ocorre devido a existência de fatores que dificultam a sua divulgação e utilização tais como a escassez de literatura específica, as dificuldades operacionais para a sua fabricação, custo mais elevado, a incerteza pelos resultados da substituição dos métodos e processos tradicionais, entre outros.

Porém sua popularidade tem crescido devido ao grande número de vantagens que o processo oferece como, por exemplo, alta qualidade do metal de solda depositado, excelente aparência do cordão de solda, boas características de arco, além de diminuir o número de respingos, possibilidade de solda em todas as posições, preferência dos soldadores. Além disso, a razão de fusão do arame tubular na soldagem é maior que do arame sólido, a uma dada corrente, pois no caso de arame tubular, toda a corrente é conduzida pelo invólucro tubular metálico.

### 1.3 OBJETIVOS

O principal objetivo do trabalho é investigar o comportamento do cordão de solda e a eficiência de deposição, quando executado com o processo de soldagem com arame tubular, utilizando corrente pulsada.

A avaliação detectará as influências dos parâmetros de pulso (corrente de pico, corrente de base, tempo de pico e frequência de pulso), da velocidade de soldagem e da distância da soldagem (*stick-out*) sobre a geometria do cordão e o estabelecimento de condições de soldagem específicas tais como gás de proteção, material e diâmetro do arame tubular, características do material de base e posição de soldagem.

### 1.4 JUSTIFICATIVA

No interesse de investigar o comportamento do processo de soldagem com arame tubular, combinado com a utilização de corrente pulsada, sobre as características geométricas do cordão de solda em uma junta em “T” com ângulo de 90°, utilizando material de base o aço ABNT 1010 e ainda a otimização dos parâmetros de soldagem para o processo FCAW-G – gás de proteção 25% CO<sub>2</sub> e 75 % Argônio – sinérgico pulsado, aliados a escassa divulgação científica de trabalhos pertinentes ao assunto, e relações de configuração entre variáveis do processo por arco pulsado e resultados obtidos, surgiu a motivação desta pesquisa.

## 2 REVISÃO LITERÁRIA

### 2.1 DEFINIÇÃO DE SOLDAGEM

Um grande número de diferentes processos utilizados na fabricação e recuperação de peças, equipamentos e estruturas é abrangido pelo termo SOLDAGEM. Classicamente, a soldagem é considerada como um método de união, porém, muitos processos de soldagem ou variações destes são usados para a deposição de material sobre uma superfície, visando a recuperação de peças desgastadas ou para a formação de um revestimento com características especiais (MARQUES e MODENESI, 2006).

Diferentes processos relacionados com os de soldagem são utilizados para o corte ou para o recobrimento de peças. Diversos aspectos dessas operações de recobrimento e cortes são similares à soldagem e, por isso, muitos aspectos destes processos são abordados juntamente com esta.

Algumas definições de soldagem são:

- "Processo de junção de metais por fusão". (Deve-se ressaltar que não só metais são soldáveis e que é possível soldar metais sem fusão).
- "Operação que visa obter a união de duas ou mais peças, assegurando, na junta soldada, a continuidade de propriedades físicas, químicas e metalúrgicas".

## 2.2 O PROCESSO DE SOLDAGEM COM ARAME TUBULAR

Relata Gareis (1994), que inicialmente as tentativas de revestir arames sólidos contínuos com fluxo, baseando-se nos eletrodos revestidos, não obtiveram êxito, devido a problemas com a indução de energia elétrica – regularidade e confiabilidade – e a ocorrência de destacamento do revestimento. Passaram, então, a utilizar um revestimento com alto teor de pó de ferro que melhorou a condutibilidade elétrica, mas o destacamento desse revestimento persistia.

A soldagem por arame tubular foi apresentada publicamente em 1954, na *American Welding Society Exposition*, em Buffalo. Em 1956, na Inglaterra, a *Arcos* patenteou o primeiro arame tubular. Ao final dos anos 50 a empresa norte americana *Lincoln Electric Company* patenteava o processo denominado “*Innershield*” – proteção que vem de dentro – caracterizado pela inserção de fluxo no interior do arame consumível não sólido, o arame tubular. Quase dez anos após, através de melhoramentos do fluxo, podia ser aplicado em todas as posições de soldagem, e era principalmente utilizado na indústria japonesa de plataformas *off shore*, conforme WIDGERY (1988 *apud* SOUZA,1998).

Schilick (1991) destaca que a utilização deste tipo de consumível teve tamanho crescimento que atualmente a maior mobilização dos fabricantes nacionais de consumíveis e equipamentos de soldagem converge para os arames tubulares. Fundamentado na saturação de mercado para os eletrodos revestidos e fluxos para arco submerso, e nas restrições quanto a qualidade interna das soldas e pequena diversidade de produtos fornecidos pelas siderúrgicas em relação aos arames sólidos, o arame tubular tornou-se uma alternativa viável para substituir o eletrodo revestido, com qualidade igual ou superior, possibilitando maior produtividade e facilidades de produção dos arames pelos fabricantes de consumíveis.

Costa (1994) relatava e previa o crescimento considerável da soldagem com arame tubular no Japão, Estados Unidos e Europa, e afirmava a quantidade igual ou superior de aplicações comparado ao eletrodo revestido, promovendo dentro de suas características operacionais, resultados superiores a qualquer outro processo semiautomático.

A oferta de arames tubulares tem crescido, mas ainda se mostra tímida diante da realidade mundial. Exemplo disto pode ser verificado na Tabela 1, que ilustra um comparativo entre a produção europeia, a norte-americana, a japonesa e a brasileira.

**Tabela 1: Comparativo de consumíveis de soldagem em alguns centros mundiais**

Produção anual	Europa		EUA		Japão		Brasil	
	Ton.	%	Ton.	%	Ton.	%	Ton.	%
<b>Eletrodo Revestido</b>	71.000	16,8	59.200	17,2	35.900	15,2	30.100	40,3
<b>MIG / MAG</b>	281.800	66,8	197.900	57,5	123.600	52,4	32.568	43,6
<b>Arame Tubular</b>	34.900	8,3	67.800	19,7	60.400	25,6	2.431	3,3
<b>Arco Submerso</b>	34.300	8,1	19.100	5,6	16.100	6,8	9.600	12,8
<b>Totais</b>	<b>422.000</b>		<b>344.000</b>		<b>236.000</b>		<b>74.700</b>	

Fonte: Adaptado de ESAB (2003).

### 2.2.1 Principais características

O processo de soldagem ao arco elétrico com arame tubular, denominado por FCAW (*Flux Cored Arc Welding*), utiliza alimentação continuada de um eletrodo metálico tubular, isto é, não sólido, e que contém um fluxo em seu interior para proteção do arco e do cordão, podendo também utilizar gás de proteção.

Machado (1996) afirma que são realizadas pelo revestimento benéficas reações metalúrgicas no metal de solda, ocasionando melhoria nas propriedades metalúrgicas, o que não ocorre nos processos que utilizam eletrodo nú (MIG/MAG e TIG).

O tipo de arame utilizado condiciona a consistência e a aderência da escória, que é resultante da fusão do material base e do revestimento. A escória deve ser removida antes que um novo cordão seja executado.

Este processo além da facilidade de operação no campo, pode ser semiautomático ou automático, sendo possível soldar em qualquer posição e com qualquer tipo de junta. Sem as inconveniências operacionais presentes no Arco Submerso e com taxa de deposição de material muito superior ao Eletrodo Revestido, obtém-se grande rendimento que resulta em boa produtividade e qualidade da solda, além de apresentar melhor estabilidade do arco, menor vazão de gás e cordão de melhor aspecto, concluem MACHADO (1996) e POEPCKE (1997 *apud* NARDI, 2008).

### 2.2.2 Aplicabilidade

A soldagem com Arame Tubular tem sido muito utilizada na fabricação de grandes estruturas, tais como tanques de armazenamento, pontes e prédios, indústrias nuclear e naval, vagões ferroviários, equipamentos agrícolas e de terraplanagem, plataformas *off shore* para exploração de petróleo, tubulações para indústria química e petroquímica e na fabricação de estruturas e peças de aços carbono, aços de baixa liga e aços inoxidáveis, observado em AWS (1987).

Conforme Poepcke (1997), o processo com arame tubular autoprotegido possibilita a soldagem em todas as posições em chapas ou em tubos e em qualquer tipo de junta. As espessuras dos materiais a soldar são as mesmas comparadas aos arames sólidos, destacando a possibilidade de diminuição da energia de soldagem, em alguns casos, devido ao aumento do aquecimento por efeito Joule (redução do valor da tensão do arco elétrico e da intensidade da corrente) ocasionado por um *stick-out* maior que 20 mm, proporcionando assim menor aquecimento das partes soldadas e conseqüentemente menor distorção.

A alta produtividade, em relação ao Eletrodo Revestido, é o principal atrativo do FCAW para muitas aplicações. Em termos gerais, esse processo permite obter menores custos por comprimento de cordão ou por peso de metal depositado, em juntas que permitem soldagem contínua e acessibilidade aos

equipamentos, promovendo altas taxas e eficiência de deposição com praticidade.

As principais limitações do processo, também comparado ao Eletrodo Revestido são: os altos custos dos equipamentos; relativa complexidade de ajuste e controle dos equipamentos; ação limitada ao alcance do alimentador de arame e necessidade de mão-de-obra especializada.

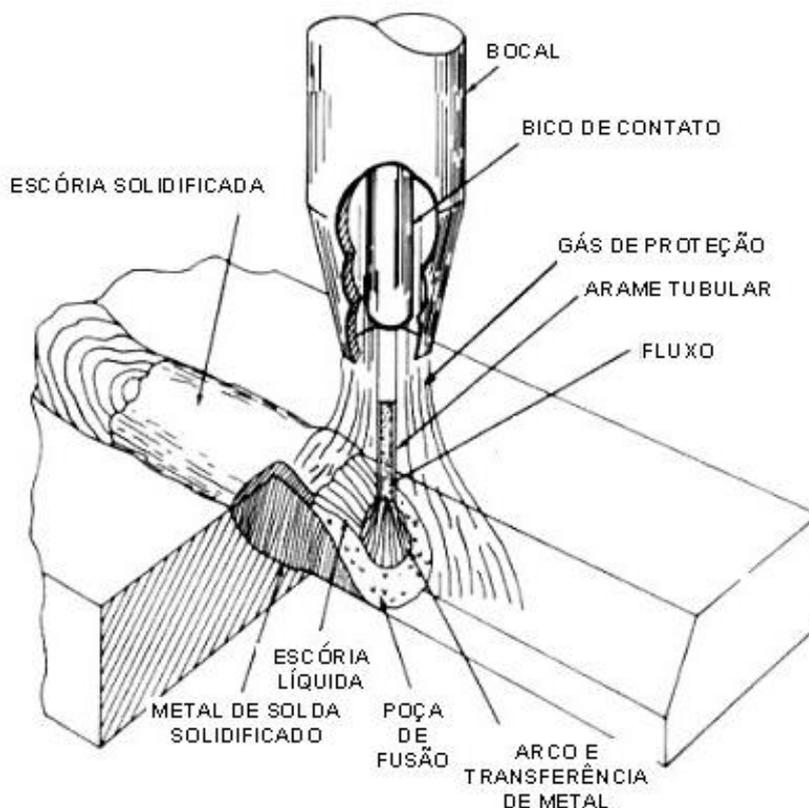
O FCAW, além da emissão de radiações, pode gerar grandes volumes de fumos, os quais, exceto em soldagem de campo, devem ser exauridos, o que envolve equipamentos adicionais e equipamentos de proteção individual ao soldador.

Comparando-se com os processos de soldagem com arame sólido, livre de escória, existe a necessidade de limpeza e remoção pós-soldagem, principalmente em juntas que exigem passe de raiz e/ ou múltiplos passes, acarretando aumento no custo operacional do processo.

Em virtude das características mencionadas, pode-se concluir que o Arame Tubular é uma excelente opção quando o objetivo é qualidade, produtividade e facilidade operacional.

### 2.2.3 Fundamentos do processo

O processo de soldagem ao arco elétrico com arame tubular – FCAW – é uma variante da soldagem a arco elétrico com arame metálico e proteção gasosa – GMAW (*Gas Metal Arc Welding*), conforme está esquematizado na Figura 1. As partes metálicas são unidas pelo calor gerado por um arco elétrico produzido entre um arame metálico tubular consumível (eletrodo) e o metal base. A poça de fusão é protegida pelos gases oriundos da combustão e decomposição do fluxo que compõe o revestimento interno ao arame tubular, no caso do autoprottegido ou pela alimentação de um gás de proteção auxiliar. Caracteriza-se também pela formação de escória, semelhante ao processo de soldagem com eletrodo revestido. A escória deve ser removida após cada passe, e a versão com proteção gasosa é sensível à correntes de vento.



**Figura 1: O processo de soldagem com arames tubulares com gás de proteção**

**Fonte: Forte (2013).**

A soldagem com arame tubular pode ser um processo semi-automático ou automático, cuja fonte de energia geralmente possui característica estática de tensão constante. A alimentação do arame consumível e o comprimento do arco são controlados pelo alimentador de arame e pela fonte de energia, de modo que a extremidade do arame mergulhe a uma velocidade conveniente e constante na poça de fusão.

A seleção das condições de soldagem mais adequadas à espessura da chapa e tipo de junta a soldar é muito importante para se obter uma solda de boa qualidade. Os principais parâmetros de soldagem são: polaridade, corrente, tensão, diâmetro do arame, extensão do arame de soldagem e velocidade de soldagem. Estas variáveis determinam o tamanho e o formato do cordão, a diluição e, em alguns casos, efeitos metalúrgicos tais como tendência ao trincamento, porosidade e composição do metal depositado.

## 2.2.4 Parâmetros de soldagem

Para a soldagem com arame tubular, Bracarense (2000) considera os seguintes parâmetros de soldagem:

### 2.2.4.1 Intensidade de corrente de soldagem

A intensidade de corrente de soldagem é proporcional a velocidade de alimentação do arame para um determinado diâmetro, composição e extensão do eletrodo. Se as outras variáveis forem mantidas constantes, para um determinado diâmetro de eletrodo, o aumento da corrente de soldagem irá provocar: aumento da taxa de deposição do eletrodo, aumento da penetração e um cordão de solda convexo com aparência ruim para aumentos excessivos a corrente. Por outro lado, uma corrente insuficiente irá produzir transferência do tipo *spray*, respingos excessivos e porosidade no metal solda devido à absorção de hidrogênio (quando soldado com arame tubular autoprottegido). A corrente de soldagem é aumentada ou diminuída através da variação da velocidade de alimentação do eletrodo. Para uma taxa de alimentação a corrente vai variar em função do comprimento do eletrodo. Aumentado a extensão do eletrodo, a corrente de soldagem tende a diminuir e vice-versa.

### 2.2.4.2 Tensão de soldagem

A tensão do arco e o seu comprimento estão diretamente relacionados. A aparência, penetração e propriedades do cordão de solda obtido através do processo FCAW podem ser afetadas pela tensão do arco. Altas tensões (comprimento de arco maior) podem resultar respingos excessivos e contorno irregular do cordão de solda. Em eletrodos autoprottegidos, o aumento da tensão pode provocar aumento na absorção de hidrogênio. Com eletrodo de aço baixo-carbono podem causar porosidade. Em eletrodos de aço inoxidável podem originar trincas pela redução do teor de ferrita no metal depositado. Tensões baixas (arco menor) resultarão em uma superfície estreita, excesso de respingos e redução de penetração.

#### 2.2.4.3 Extensão do eletrodo

Extensão do eletrodo é seu comprimento não fundido a partir do bico de contato (*stick-out*). Aumento na extensão do eletrodo tende a aumentar a temperatura do eletrodo devido ao efeito Joule. A temperatura do eletrodo afetará a taxa de deposição e a penetração. Os fabricantes recomendam a extensão de 19 a 38 mm para eletrodos com proteção gasosa e 19 a 95 mm com eletrodos autoprotetidos, dependendo da aplicação.

#### 2.2.4.4 Vazão do gás de proteção

Na soldagem com proteção gasosa, a vazão do gás é uma variável que afeta diretamente na qualidade do metal depositado. Vazão inadequada propiciará pouca proteção da poça de fusão e conseqüentemente ocorrência de poros e oxidação. Vazão excessiva de gás resultará em turbulência e aumento de impurezas no metal depositado. A escolha correta da vazão do gás dependerá do tipo e diâmetro do bocal da tocha, distância do bocal até a peça de trabalho e correntes de ar durante a soldagem.

#### 2.2.4.5 Taxa de deposição e eficiência

Taxa de deposição é a quantidade de eletrodo (em peso) depositado por unidade de tempo. A taxa de deposição depende de variáveis de soldagem como: diâmetro do eletrodo, composição, extensão do eletrodo e corrente de soldagem. Eficiência é a quantidade de metal depositado por quantidade de eletrodo consumido.

#### 2.2.4.6 Velocidade de soldagem

A velocidade de soldagem influencia na penetração e contorno do cordão. Para altas velocidades de soldagem a penetração é baixa. Baixas velocidades e altas correntes podem resultar na ocorrência de inclusões de escórias e fusão do metal de base.

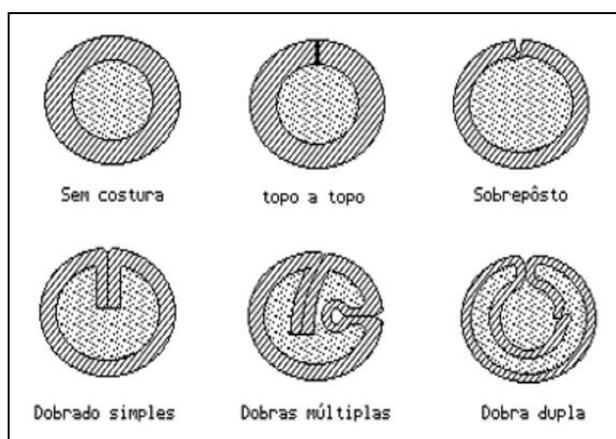
## 2.3 ARAMES TUBULARES

O arame tubular foi desenvolvido para ter um aumento na produtividade e diminuição do custo. Arames tubulares com gás de proteção para a soldagem de aços carbono foram desenvolvidos no início da década de 50, e tornaram-se comercialmente disponíveis em 1957, (FORTES, 2013).

Foi um meio de soldagem desenvolvida com as melhores características do arco submerso e a soldagem com CO<sub>2</sub>.

O processo de soldagem empregando arames tubulares com gás de proteção externa é utilizado principalmente na soldagem de aços carbono e de baixa liga, produzindo altas taxas de deposição, alta eficiência de deposição e altos fatores operacionais. Juntas soldadas com qualidade radiográfica são facilmente produzidas e o metal de solda, tanto para aços carbono, de baixa liga ou inoxidáveis, apresenta boa ductilidade e tenacidade. Esse processo de soldagem é adequado a uma grande variedade de juntas e para todas as posições de soldagem.

Segundo Gareis (1994) e Poepcke (1997), a capa externa do arame tubular é de aço com baixo teor de carbono e conforme o *International Institute of Welding – IIW*, existem diversos tipos de secções de arame tubular, apresentados na Figura 2, sendo os mais usuais o com fechamento de topo e o sobreposto – *overlap*. O percentual de fluxo no interior do arame pode variar de 15 a 50% do seu peso.



**Figura 2: Formas de secções de arames tubulares**

Fonte: Foote (1983).

Os arames tubulares podem ser classificados conforme as características de formação do gás de proteção: arames tubulares autoprotégidos ou arames tubulares com proteção gasosa.

✓ O arame tubular autoprotégido não requer abastecimento externo de gás de proteção. Ele foi introduzido na década de 60, sendo que os eletrodos atuais possuem melhores propriedades mecânicas, inclusive com menor emissão de fumos e produção de salpicos.

Alguns eletrodos autoprotégidos têm sido desenvolvidos especificamente para soldagem de aços com revestimento de zinco e aços ligados ao alumínio, muito comuns na indústria automobilística.

Normalmente, o processo com eletrodo autoprotégido é usado para trabalhos em campo, porque eles permitem correntes de ar maiores.

✓ Na soldagem por arame tubular com proteção gasosa a queima e a vaporização do revestimento proporcionam a desoxidação, bem como a melhoria das características do metal depositado por meio da introdução de elementos de liga. No entanto, sendo pouca a quantidade de revestimento, em relação ao autoprotégido, a sua queima não permite obter o volume necessário de gases para proteção global da poça de fusão, sendo necessária a utilização de uma proteção adicional de gás, visando principalmente a proteção do arco e a ionização da atmosfera. Este gás pode ser inerte (argônio ou hélio), ativo (dióxido de carbono) ou mesmo a mistura destes (p.ex: argônio + CO<sub>2</sub>). O processo de proteção a gás é apropriado para fabricação de peças pequenas e soldagem de profunda penetração, BRACARENSE (2000).

Aplicado com misturas Ar + CO<sub>2</sub> ricas em Argônio, conseguem-se facilmente cordões de solda de acabamento suave e consistente, com um mínimo de respingos e de escória.

## 2.4 ARCO PULSADO

Norrish&Nixon (1989), explicam que esta técnica tem como princípio a utilização de um nível de intensidade de corrente média inferior à obtida no processo de soldagem convencional. A pulsação da corrente foi originariamente introduzida para controlar a transferência do metal por imposição artificial do ciclo de operação do sistema de arco elétrico. No nível de intensidade de corrente alto, existe uma intensidade de corrente alta aplicada num determinado intervalo de tempo, sendo que neste período deve haver destacamento da gota. No outro nível de corrente, existe uma intensidade de corrente aplicada num nível inferior, aplicada também por um período de tempo, sendo que neste nível haverá a formação da gota, para que esta seja destacada no nível superior de corrente, conforme esquematizado na Figura 3.

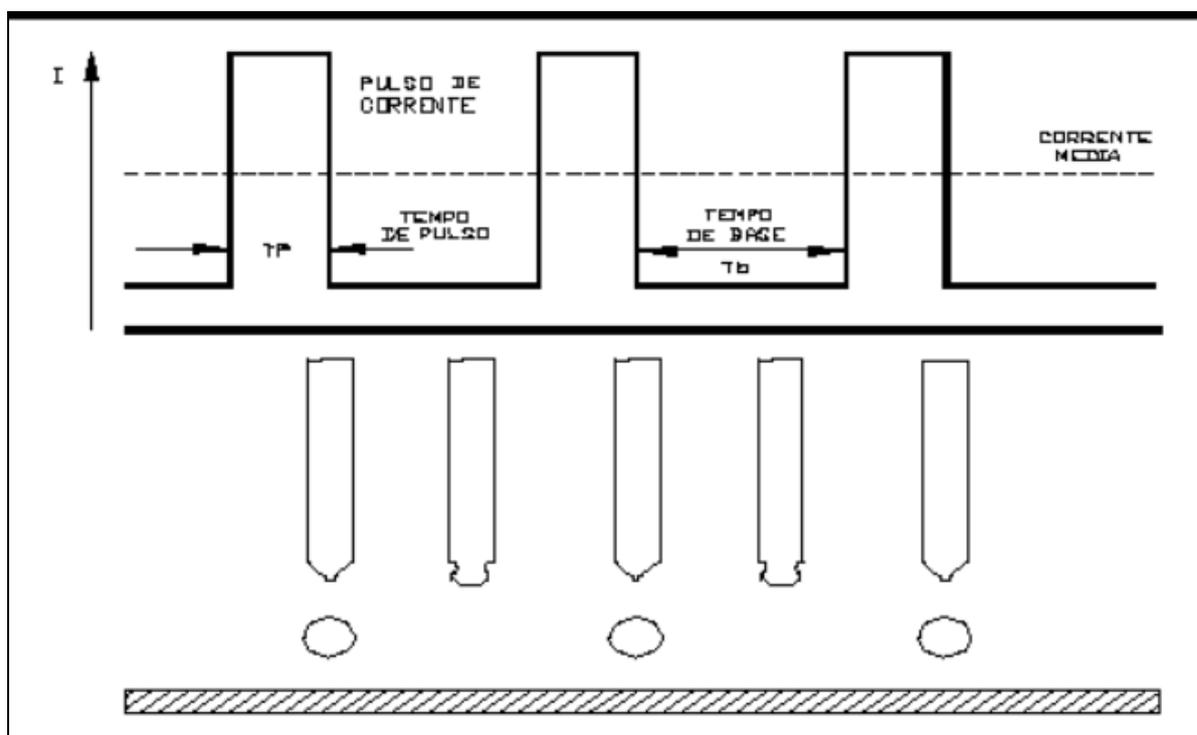


Figura 3: Representação esquemática da corrente pulsada, onde o tracejado indica a intensidade da corrente média ( $I_m$ ), relacionada à formação e desprendimento da gota metálica

Fonte: Adaptado de Corrêa (2000).

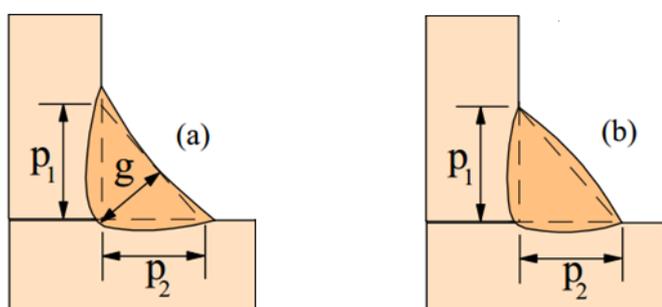
A transferência que ocorre em corrente pulsada é do tipo spray, sendo que está se dá em intervalos de pulsos regularmente espaçados. Dentro do intervalo de tempo entre os pulsos, a corrente de soldagem é reduzida para que não ocorra transferência, NORRISH (1992).

Na corrente pulsada a transferência metálica é obtida com uma baixa corrente média em virtude da aplicação de altas forças eletromagnéticas em curtíssimos espaços de tempo, geradas pela superposição da corrente de pulso, resultando a projeção da gota destacada em direção à poça de fusão. Uma vez que as gotas adquirem considerável aceleração em direção à poça, a operação de soldagem pode ser executada em todas as posições (CORRÊA, 2000).

## 2.5 DESCONTINUIDADES DA SOLDA

Descontinuidade da solda é qualquer interrupção da estrutura típica ou esperada de uma junta de solda, deste modo pode considerar como descontinuidade carência de homogeneidade de características mecânicas, físicas ou metalúrgicas do material ou da solda.

A existência de descontinuidades não significa a priori que está esteja defeituosa, está condição depende de onde se aplicara o componente, e observado normas ou projetos específicos para a mesma.



**Figura 4: Perfis corretos de solda em junta t e suas dimensões:  $p_1$  e  $p_2$  – pernas e  $g$  – garganta teórica. Cordão côncavo (a) e convexo (b)**

**Fonte: Modenesi (2001).**

Para a fabricação de uma estrutura soldada é necessário, que suas formas, dimensões estejam dentro das tolerâncias exigidas e as que não atendem, serão consideradas defeituosas. As principais descontinuidades são:

#### 2.5.1 Distorção

É a mudança de forma da peça, devido a deformação por aquecimento do material na fusão.

#### 2.5.2 Preparação incorreta da junta

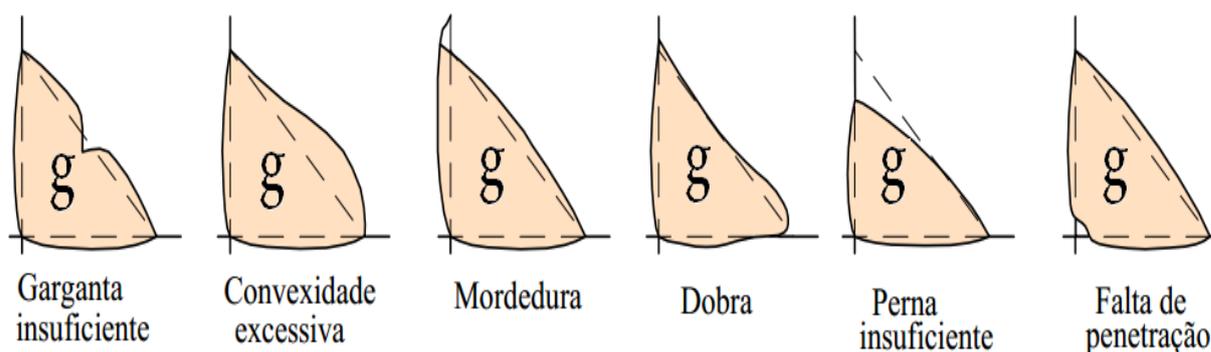
Inclui a falha de produção do chanfro com características e forma especificadas por norma ou projeto para a espessura e material e processo de solda. Este tipo de falha aumenta as possibilidades de que haja descontinuidades estruturais.

#### 2.5.3 Dimensão incorreta da solda

As dimensões de uma solda são específicas para obedecer algum pré-requisito como resistência mecânica, as soldas que não observam este quesito são consideradas defeituosas por estarem com menos material ou com excesso, o que leva ao desperdício de material e outros problemas como distorção.

#### 2.5.4 Perfil incorreto da solda

O perfil da solda é importante, pois variabilidade geométrica pode agir como centralizador de tensão, possibilitando o aparecimento de fissuras. Esta diretamente ligada a manipulação incorreta do eletrodo, parâmetros incorretos de soldagem, oscilação do processo.



**Figura 5: Exemplo de perfis de solda inadequados**

**Fonte: Modenesi (2001).**

### 2.5.5 Trincas

São classificadas como descontinuidades graves em juntas soldadas por ser um forte concentrador de tensão. A trinca acontece em material incapaz de deformar-se plasticamente e absorver tensões, estas podem ser ( tensões transientes, residuais ou externas), que são provenientes das expansões e contrações termicas no processo de soldagem ou não.

### 2.5.6 Porosidade

Porosidade é formada pela evolução de gases, na poça de fusão, durante a solidificação da solda. A principal causa do aparecimento de porosidade está ligada com a preparação que antecede o processo de solda, como limpeza, oxidação e umidade sejam no metal de base, no consumível ou no equipamento de soldagem.

Pode-se ocorrer também por instabilidade do fluxo de gás de proteção ou excesso do mesmo, regulagem inadequada da corrente em demasia e um arco muito alongado.

### 2.5.7 Inclusão de escória

São fragmentos de óxido e sólidos não metálicos retidos entre passes de solda ou a solda e o metal de base. É formada por material pouco solúvel no metal fundido e tende a ficar por cima da poça de fusão por ser menos denso, a utilização

errada do eletrodo no processo de solda, pode fazer a escória fluir para frente da poça de fusão a aprisionando no cordão.

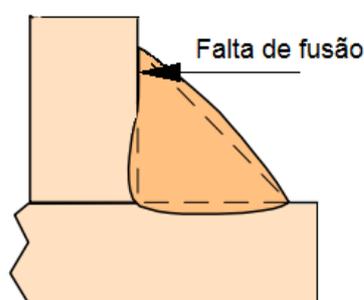


**Figura 6: Inclusão de escória entre passes de solda**

**Fonte: Modenesi (2001).**

#### 2.5.8 Falta de fusão

É quando não ocorre a união pela fusão, pode ser entre passes ou material de base e solda. É causado pelo aquecimento abaixo do ponto de fusão, energia de solda muito baixa, chanfro com ângulos de abertura pequenos ou contaminação na área de solda.

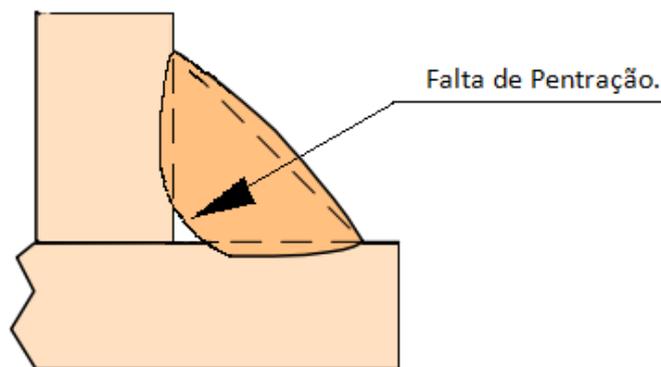


**Figura 7: Falta de fusão entre solda de material de base**

**Fonte: Modenesi (2001).**

#### 2.5.9 Falta de penetração

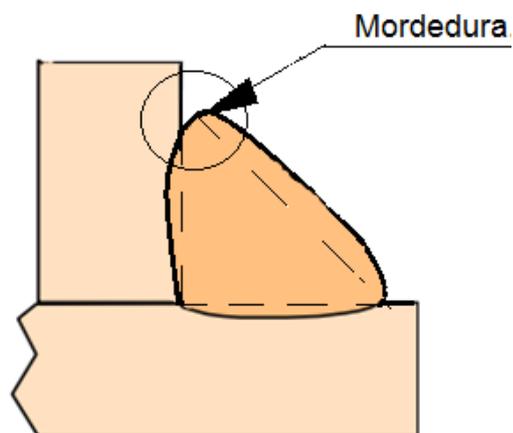
É a ausência da fusão e preenchimento de toda a raiz da junta, pode ser causado por diversos motivos, como a utilização incorreta do eletrodo ou o mesmo muito espesso, ângulo de chanfro pequeno, energia de solda abaixo do necessário.



**Figura 8: Falta de penetração na raiz da solda**  
**Fonte: Modenesi (2001).**

#### 2.5.10 Mordedura

Pode ser visualizada normalmente na última camada do cordão a mordedura causa redução da espessura da junta e atua como concentrador de tensão. Porém quando existe dentro da solda causa interstícios e concentração de escória.



**Figura 9: Mordedura em uma junta soldada**  
**Fonte: Modenesi (2001).**

A Figura 10 ilustra um corpo de prova com falta de penetração, falta de fusão, convexidade excessiva, perna insuficiente, obtido durante a preparação da soldagem.



**Figura 10: Diversas discontinuidades em uma solda em aço estrutural, ataque com Nital 3%. Imagem demonstra solda com falta de penetração, falta de fusão, convexidade excessiva, perna insuficiente**

**Fonte: Autores (2013).**

### 3 METODOLOGIA EXPERIMENTAL

#### 3.1 MATERIAIS

Para atingir os objetivos propostos utilizou-se apenas um tipo de material de base, um tipo de arame de eletrodo e uma variedade de gás de proteção.

O material de base empregado foi um aço ABNT 1010, caracterizados por uma chapa de 120 x 38 x 6,35 mm e por outra chapa de 120 x 25 x 6,35 mm

Como material de adição, utilizou-se um arame do tipo rutilico, com classificação AWS (*American Welding Society*) A5.18 E70C-6M, equivalente a especificação ASME (*American Society of Mechanical Engineering*) SFA 5.18 E70C-6M, com 1,2 mm de diâmetro nominal, e com características químicas e propriedades mecânicas apresentadas nas Tabelas 2 e 3.

**Tabela 2: Composição química do arame tubular ASME SFA 5.18 E70C-6M**

Especificação	Metal depositado (% peso)			Gás de proteção
	C	Si	Mn	
ASME SFA 5.18 - E70C-6M	0,04	0,55	1,30	75% Argônio + 25% CO <sub>2</sub>

Fonte: ESAB (2013).

Tabela 3: Características do arame tubular ASME SFA 5.18 E70C-6M

Características	Valores de Referência
Resistência máx.: LR [Mpa]	575
Escoamento máx.: LE [Mpa]	500
Redução de área [%]	28
Chapy: ChV(-18°C) [J]	50
Diâmetro arame [mm]	1,2
Corrente [A]	150 - 350
Tensão [V]	28 - 32
Rendimento deposição: $\eta$ [%]	92 - 95
Deposição: Td [kg/h]	1,80 – 5,76

Fonte: ESAB (2013).

### 3.2 PROCEDIMENTOS DE SOLDAGEM

Primeiramente, várias soldas iniciais foram executadas com a finalidade de se estabelecer as condições de soldagem e os parâmetros de pulso, determinando-se as situações idealizadas neste trabalho, além de garantir alguma estabilidade no arco elétrico e a minimização da incidência de defeitos nos cordões.

Os cordões de solda foram executados por simples deposição. A velocidade de alimentação, o *stick-out* de 13,0 mm, bem como a vazão do gás de proteção, foram mantidos praticamente constantes, sobre as chapas posicionadas formando um perfil em “T”, já limpas, livres de gorduras e poeira. Os corpos de prova, posicionados perpendicularmente entre si, tendo como base a chapa de 38 mm, e a de 25 mm em pé (Figura 11).

A tocha foi puxada no comprimento de 120 mm, posicionada inclinada em 10° e a 45° em relação à peça de trabalho, movimentada com velocidade de avanço conforme Tabela 4.



**Figura 11: Corpo de prova para uma junta soldada em “T”**

**Fonte: Nardi (2008).**

O planejamento experimental foi aplicado usando a técnica do projeto fatorial, sendo analisadas as variações de três parâmetros de soldagem: a corrente de pico ( $I_p$ ); a corrente de base ( $I_b$ ) e a velocidade de soldagem ( $v_s$ ).

Cada fator é analisado em dois níveis, assim, foi previsto um projeto fatorial  $2^3$  com tréplica, porém o número de experimentos realizados combinando-se todos os níveis de fatores foi de 48 conjuntos de dados formados pelos parâmetros de soldagem e as respectivas geometrias dos cordões de solda. Foram tomadas as dimensões em três pontos de cada corpo de prova, totalizando então 144 valores obtidos.

**Tabela 4: Níveis utilizados para os parâmetros de soldagem**

Parâmetros de Soldagem	Níveis	
	Mínimo	Máximo
Corrente de base $I_b$ [A]	40	60
Corrente de pico $I_p$ [A]	360	420
Frequência [Hz]	100	
Tempo de pico $t_p$ [ms]	2,0	
Velocidade de soldagem $v_s$ [m/s]	13,2	16,2

**Fonte: Nardi (2008).**

Uma célula de soldagem (Figura 12) que consiste, basicamente, de: uma fonte de energia multiprocessos, microprocessada marca *Miller*, modelo *MAXTRON 450*; gás de proteção (25% CO<sub>2</sub> + 75% Argônio), a 20 l/min; equipamento de translação adaptado, tipo “tartaruga” – marca *White Martins*, modelo *MC46*, com a tocha, arame tubular *AWS E70C-6M* (contínuo), com bitola de 1,20 mm; placa de aquisição de dados (com interface para microcomputador) e *software* compatível para análise desses dados.



**Figura 12: A fonte de energia**

**Fonte: Saito (2001).**



**Figura 13: Sistema de monitoração da produtividade em operações de soldagem**

**Fonte: LABSOLDA (2014).**

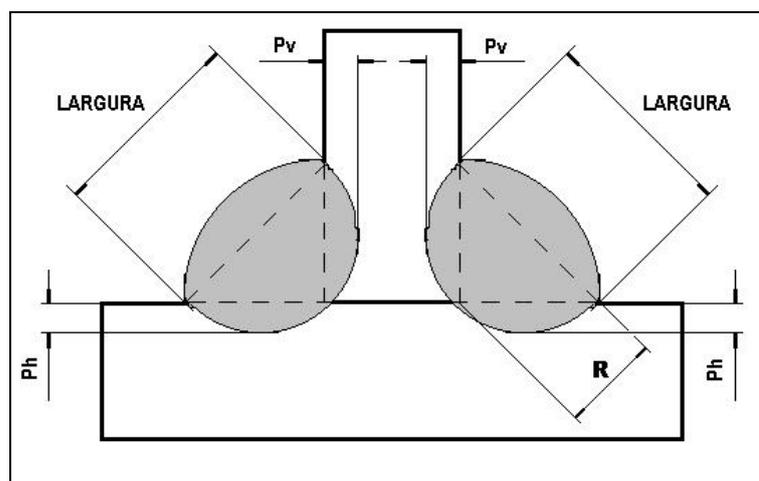
<b>Variáveis do processo</b>	<b>Valores</b>
DIÂMETRO DO ELETRODO	1,2 mm
CLASSIFICAÇÃO DO ELETRODO	E70C-6M
MATERIAL DE BASE	ABNT 1020
POSIÇÃO DE SOLDAGEM	H
DISTÂNCIA CONTATO-OBRA	13 mm
GÁS DE PROTEÇÃO	C25
EFEITO INDUTIVO	
TENSÃO DE SOLDAGEM	25 V
VELOCIDADE DO ARAME	5,1 m/min
VELOCIDADE DE SOLDAGEM	22 cm/min
AQUISIÇÃO	8BITS
FREQUÊNCIA	1KHZ
TEMPO DE AQUISIÇÃO	40 s
APK (CORRENTE DE PICO IP)	VARIAVEL DO PROCESSO
ABK (CORRENTE DE BASE IB)	VARIAVEL DO PROCESSO
PPS (FREQUENCIA DO PULSO)	100 HZ
PW (TEMPO DE PICO TP)	2,3 ms
TRIM	60 V
VAZÃO	20 l/m

**Quadro 1: Valores adotados no processo de solda FCAW-G com corrente pulsada**

**Fonte: Adaptado de Nardi (2005)**

### 3.3 PROCEDIMENTO METALOGRÁFICO

Os parâmetros geométricos do cordão de solda a serem dimensionados são: a penetração vertical ( $P_v$ ), a penetração horizontal ( $P_h$ ), a largura ( $L$ ) e a garganta teórica ( $R$ ). A Figura 14 mostra a secção transversal de um cordão de solda com os parâmetros.



**Figura 14: Seção transversal de uma junta soldada em "T" e geometria do cordão de solda**  
Fonte: Nardi (2008).

Cada amostra é fotografada com equipamento digital com aumento de 60X, sua imagem arquivada e posteriormente transformada em arquivo vetorial – *software AUTOCAD 2000* – realizando-se assim a medição dos parâmetros do cordão de solda.



**Figura 15: Microscópio eletrônico portátil**  
Fonte: Autores (2014)

### 3.3.1 Corte

A divisão do corpo de prova é necessária para se obter amostras para a análise metalográfica. O corte abrasivo é melhor indicado pois acaba com o trabalho mecânico a frio, que cria modificação microestrutural, o equipamento utilizado chama-se policorte (Figura 16) e possui um disco abrasivo com refrigeração por líquido proporcionando superfícies planas, pouca rugosidade, corte rápido e com segurança.



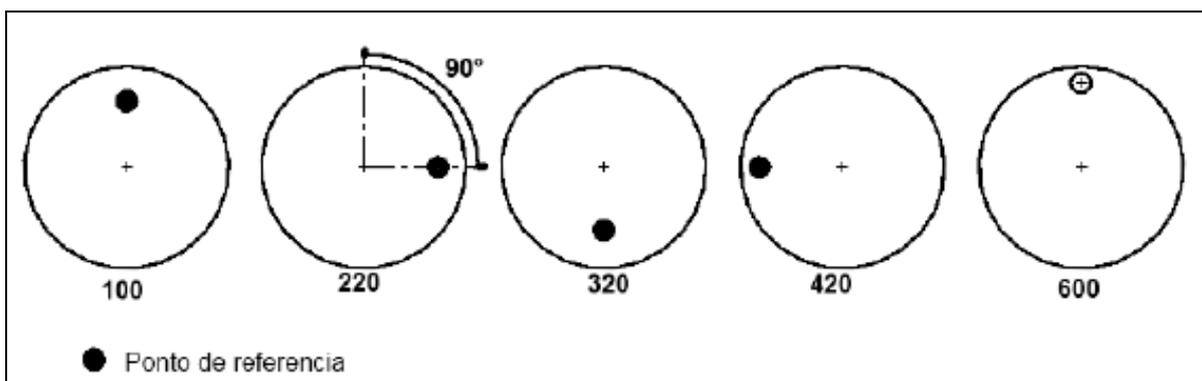
**Figura 16: Máquina para corte de corpos de prova (policorte)**

**Fonte: Rohde (2010).**

O tipo de secção utilizado é o corte trasversal, onde na comprimento de 120,0 mm, foram expurgados aproximadamente 5,0 mm de cada extremidade e o restante do corpo foi separado em tres partes.

### 3.3.2 Lixamento

Com a finalidade de eliminar riscos e marcas na superfície a ser analisada, provenientes da operação de corte, dando acabamento, e posteriormente receber o polimento em superfície, utilizou-se lixas de 100 até 600 mesh (Figuras 17 e 18).



**Figura 17: Alterção da posição em que a peça é lichada para cada etapa, da menor a maior**  
Fonte: Rohde (2010)



(a)

(b)

**Figura 18: Métodos de lixamento (a) manual (100 – 420) e (b) semiautomático (600)**

Fonte: Autor (2014)

### 3.3.3 Polimento

É executado através de uma politriz, máquina semelhante ao processo semi-automático de lixamento porém com mesa de rotação equipada com um pano flanelado e relulagem de rotação.

Os agentes para polimento mais utilizados são, a pasta de diamante e alumina 10%, que em função de sua granulometria causa desgaste proporcional na superfície, causando a uniformidade da mesma.

Para este tipo de mecanismo de polimento é importante verificar se o pano de polimento está limpo, nunca polir amostra de materiais diferentes ao mesmo tempo, se a líquido para refrigeração e evitar força desnecessária entre amostra e o pano de polimento.

### 3.3.4 Ataque químico

Sua finalidade é possibilitar a visualização dos contornos de grão, zonas térmicas afetadas, diferenciando as fases, seja na micrografia ou macrografia, através do reagente que causa corrosão da superfície que difere as fases.

Os reagentes são designados pelo material da amostra e o que se deseja estudar. Por exemplo nital 4% de ácido nítrico concentrado e 96% álcool etílico que indicado para macrografia e micrografia de aço e ferro não ligado e baixa liga. Para o ataque químico é importante que a superfície esteja limpa, pode ser com líquidos de baixo ponto de fulgor porém não oleosos, e após seja seca por meio de um soprador térmico afim de eliminar qualquer resíduo, como mostrado na Figura 19.

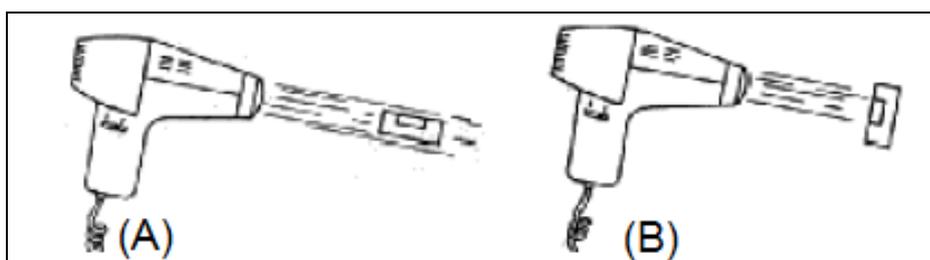


Figura 19: Método correto (a) e incorreto (b) de se secar a amostra com soprador térmico

Fonte: Rohde (2010).

Posteriormente a amostra estará propícia a receber o ataque químico que contrastará as diferentes regiões, como pode ser observado na Figura 20.



**Figura 20: Seção transversal de uma junta soldada em "T" e geometria do cordão de solda**  
**Fonte: Nardi (2008).**

### 3.4 TRATAMENTO ESTATÍSTICO

A análise através da Variância (ANOVA) é um método utilizado para comparar dois ou mais tratamentos independentes, servindo para testar a significância dos termos entre si, ou seja, essas populações possuem médias iguais ou não ou quanto os valores estão dispersos da media aritmética. Existem muitas variações da ANOVA devido à grande quantidade de diferentes comparações em experimentos que podem ser realizados. Uma maneira é o tratamento que o experimento terá, ou seja, uma condição imposta ou objeto que se deseja medir ou avaliar.

Um fator primordial é o controle da qualidade da amostra e a quantidade de indivíduos do grupo, pois valores dispersos do grupo podem levar a conclusões precipitadas e quanto maior a quantidade de amostras melhor será a qualidade do resultado.

Para este trabalho utilizaremos a função anova fator único, comparando grupos de amostras e seus respectivos pontos de medidas em função da variável que é a corrente de pico e de base com 95% de confiança e 0,05% de erro.

O teste obedecera a seguinte regra:

- Hipótese nula ( $H_0$ ): as médias populacionais são iguais, a alteração nos parâmetros de regulação não altera significativamente a geometria do cordão.
- Hipótese alternativa ( $H_1$ ): as médias populacionais são diferentes, ou seja, pelo menos uma das médias é diferente das demais e portanto a alteração nos parâmetros de regulação, gera alteração significativa na geometria do cordão.

Para que se chegue a conclusão basta analisar o “F” calculado, tabelado; se  $F_{\text{calculado}} > F_{\text{tabelado}}$ , rejeitamos a hipótese de nulidade  $H_0$ , ou seja, existem evidências de diferenças significativas entre as médias de tratamentos, ao nível 0,05% de significância escolhida.

Caso contrário, não se rejeita a hipótese de nulidade  $H_0$ , ou seja, não há evidências de diferença significativas entre tratamentos, ao nível 0,05% de significância escolhido.

Outro modo de avaliar a significância da estatística F é utilizar o p-valor. Se o  $p\text{-valor} < \alpha$ , rejeitamos a hipótese de nulidade  $H_0$ . Caso contrário, não se rejeitamos a hipótese de nulidade  $H_0$ , ou seja, não há evidências de diferença, entre os valores em estudo.

## 4 ANÁLISE DOS DADOS

Resultados obtidos durante os procedimentos de soldagem, conforme aquisição de dados e monitoramento de produtividade.

**Tabela 5: Indicação dos valores das variáveis de regulação e de produtividade**

VARIAVEIS	UNIDADE	360A/40A	360A/60A	420A/40A	420A/60A
CORRENTE MÉDIA	A	144,260	151,760	141,000	138,00
CORRENTE EFICAZ	A	211,130	209,150	210,357	216,357
TENSÃO MÉDIA	V	18,830	18,290	17,980	18,080
TENSÃO EFICAZ	V	20,620	19,690	19,910	19,600
CONSUMO ARAME	M	2,990	2,710	2,830	2,880
TEMPO	min	0,360	0320	0,345	0,352
PRODUÇÃO GLOBAL	kg/h	0,290	0,405	0,772	0,975
PRODUÇÃO ARCO ABERTO	kg/h	2,470	2,516	2,510	2,520

Fonte: Adaptado de Nardi (2005).

Variável do processo (FCAW-G ARCO PULSADO)	Regulagens para comparação	
APK (CORRENTE DE PICO IP)	360 A	360 A
ABK (CORRENTE DE BASE IB)	40 A	60 A

**Quadro 2: Indicação de comparação Anova para as variáveis do processo 360/40 e 360/60.**

**Fonte: Autores (2014).**

**Tabela 6: Comparação Anova para garganta efetiva das variáveis 360/40 e 360/60.**

Anova: fator único						
RESUMO						
<i>Grupo</i>	<i>Contagem</i>	<i>Soma</i>	<i>Média</i>	<i>Variância</i>		
GARGANTA EFETIVA MM	60	227160	3786	110267,661		
GARGANTA EFETIVA MM	60	211789	3529,817	131634,8641		
ANOVA						
<i>Fonte da variação</i>	<i>SQ</i>	<i>Gl</i>	<i>MQ</i>	<i>F</i>	<i>valor-P</i>	<i>F crítico</i>
Entre grupos	1968897,008	1	1968897	16,27843287	9,75E-05	3,921478
Dentro dos grupos	14272248,98	118	120951,3			
Total	16241145,99	119				
ANALISANDO O RESULTADO DE ANOVA TEMOS QUE O AUMENTO DA CORRENTE DE BASE INFLUÊNCIA NA GEOMETRIA DO CORDÃO NA REGIÃO DA GARGANTA EFETIVA.						

Fonte: Autoria própria.

**Tabela 7: Comparação Anova para garganta teórica das variáveis 360/40 e 360/60.**

Anova: fator único						
RESUMO						
<i>Grupo</i>	<i>Contagem</i>	<i>Soma</i>	<i>Média</i>	<i>Variância</i>		
GARGANTA TEORICA	60	213032	3550,53	110274	↑ ↓	
GARGANTA TEORICA	60	197252	3287,53	210411		
ANOVA						
<i>Fonte da variação</i>	<i>SQ</i>	<i>Gl</i>	<i>MQ</i>	<i>F</i>	<i>valor-P</i>	<i>F crítico</i>
Entre grupos	2075070	1	20750	12,9414	0,0004	3,9214
Dentro dos grupos	1892043	118	16034			
Total	2099550	119				
ANALISANDO O RESULTADO DE ANOVA TEMOS QUE O AUMENTO DA CORRENTE DE BASE INFLUENCIA NA GEOMETRIA DO CORDÃO NA REGIÃO DA GARGANTA TEORICA						

Fonte: Autoria Própria.

**Tabela 8: Comparação Anova para dimensão x, das variáveis 360/40 e 360/60.**

Anova: fator único						
RESUMO						
<i>Grupo</i>	<i>Contagem</i>	<i>Soma</i>	<i>Média</i>	<i>Variância</i>		
DIMENSÃO A (X)	60	336803	5613,383	600672,57		
DIMENSÃO A (X)	60	337688	5628,133	525958,11		
ANOVA						
<i>Fonte da variação</i>	<i>SQ</i>	<i>gl</i>	<i>MQ</i>	<i>F</i>	<i>valor-P</i>	<i>F crítico</i>
Entre grupos	6526,875	1	6526,875	0,0115865	0,914463	3,921478
Dentro dos grupos	66471211,12	118	563315,3			
Total	66477737,99	119				
ANALISANDO O RESULTADO DE ANOVA TEMOS QUE O AUMENTO DA CORRENTE DE BASE NÃO INFLUÊNCIA NA GEOMETRIA DO CORDÃO NA REGIÃO DIMESÃO (X)						

Fonte: Autoria própria.

**Tabela 9: Comparação Anova para dimensão y, das variáveis 360/40 e 360/60.**

Anova: fator único						
RESUMO						
<i>Grupo</i>	<i>Contagem</i>	<i>Soma</i>	<i>Média</i>	<i>Variância</i>		
DIMENSÃO B (Y)	60	274234	4570,567	228081		
DIMENSÃO B (Y)	60	241535	4025,583	483206,3		
ANOVA						
<i>Fonte da variação</i>	<i>SQ</i>	<i>gl</i>	<i>MQ</i>	<i>F</i>	<i>valor-P</i>	<i>F crítico</i>
Entre grupos	8910205	1	8910205	25,05374	1,97E-06	3,921478
Dentro dos grupos	41965951	118	355643,7			
Total	50876156	119				
ANALISANDO O RESULTADO DE ANOVA TEMOS QUE O AUMENTO DA CORRENTE DE BASE INFLUENCIA NA GEOMETRIA DO CORDÃO NA DIMENSÃO (Y)						

Fonte: Autoria própria.

**Tabela 10: Comparação Anova para perna x, das variáveis 360/40 e 360/60.**

Anova: fator único						
RESUMO						
<i>Grupo</i>	<i>Contagem</i>	<i>Soma</i>	<i>Média</i>	<i>Variância</i>		
PERNA A(X)	61	27727	454,5409836	1258419,152		
PERNA A(X)	61	14528	238,1639344	346280,6727		
ANOVA						
<i>Fonte da variação</i>	<i>SQ</i>	<i>gl</i>	<i>MQ</i>	<i>F</i>	<i>valor-P</i>	<i>F crítico</i>
Entre grupos	1427980	1	1427980,336	1,779747606	0,18470661	3,920124
Dentro dos grupos	96281990	120	802349,9126			
Total	97709970	121				
ANALISANDO O RESULTADO DE ANOVA TEMOS QUE O AUMENTO DA CORRENTE DE BASE NÃO INFLUENCIA NA GEOMETRIA DO CORDÃO NA REGIÃO PERNA (X)						

Fonte: Autoria própria

**Tabela 11: Comparação Anova para perna y, das variáveis 360/40 e 360/60.**

Anova: fator único						
RESUMO						
<i>Grupo</i>	<i>Contagem</i>	<i>Soma</i>	<i>Média</i>	<i>Variância</i>		
PERNA B(Y)	60	6108	101,8	92091,34915		
PERNA B(Y)	60	22812	380,2	385422,9763		
ANOVA						
<i>Fonte da variação</i>	<i>SQ</i>	<i>gl</i>	<i>MQ</i>	<i>F</i>	<i>valor-P</i>	<i>F crítico</i>
Entre grupos	2325197	1	2325196,8	9,738752017	0,00226864	3,921478
Dentro dos grupos	28173345	118	238757,1627			
Total	3049854	119				
ANALISANDO O RESULTADO DE ANOVA TEMOS QUE O AUMENTO DA CORRENTE DE BASE INFLUENCIA NA GEOMETRIA DO CORDÃO NA REGIÃO PERNA (Y)						

Fonte: Autoria própria

**Tabela 12: Comparação Anova para penetração inferior, das variáveis 360/40 e 360/60.**

Anova: fator único						
RESUMO						
<i>Grupo</i>	<i>Contagem</i>	<i>Soma</i>	<i>Média</i>	<i>Variância</i>		
PENETRAÇÃO INF	60	44037	733,95	51.431,00		
PENETRAÇÃO INF	60	50709	845,15	82.844,91		
ANOVA						
<i>Fonte da variação</i>	<i>SQ</i>	<i>gl</i>	<i>MQ</i>	<i>F</i>	<i>valor-P</i>	<i>F crítico</i>
Entre grupos	370963,2	1	370963,2	5,525387374	0,020401831	3,921478181
Dentro dos grupos	7922279	118	67137,95			
Total	8293242	119				
ANALISANDO O RESULTADO DE ANOVA TEMOS QUE O AUMENTO DA CORRENTE DE BASE INFLUENCIA NA GEOMETRIA DO CORDÃO NA PENETRAÇÃO INFERIOR						

Fonte: Autoria própria

**Tabela 13: Comparação Anova para penetração superior, das variáveis 360/40 e 360/60.**

Anova: fator único						
RESUMO						
<i>Grupo</i>	<i>Contagem</i>	<i>Soma</i>	<i>Média</i>	<i>Variância</i>		
PENETRAÇÃO SUP	60	41516	691,9333	70.876,64		
PENETRAÇÃO SUP	60	33143	552,3833	322.611,80		
ANOVA						
<i>Fonte da variação</i>	<i>SQ</i>	<i>gl</i>	<i>MQ</i>	<i>F</i>	<i>valor-P</i>	<i>F crítico</i>
Entre grupos	584226,1	1	584226,1	2,969470087	0,087469033	3,921478181
Dentro dos grupos	23215818	118	196744,2			
Total	23800044	119				
ANALISANDO O RESULTADO DE ANOVA TEMOS QUE O AUMENTO DA CORRENTE DE BASE NÃO INFLUENCIA NA GEOMETRIA DO CORDÃO EM PENETRAÇÃO SUPERIOR						

Fonte: Autoria própria

**Tabela 14: Comparação Anova para convexidade, das variáveis 360/40 e 360/60.**

Anova: fator único						
RESUMO						
<i>Grupo</i>	<i>Contagem</i>	<i>Soma</i>	<i>Média</i>	<i>Variância</i>		
CONVEXO	60	124485	2074,75	629879,4449		
CONVEXO	60	118219	1970,317	175868,4573		
ANOVA						
<i>Fonte da variação</i>	<i>SQ</i>	<i>gl</i>	<i>MQ</i>	<i>F</i>	<i>valor-P</i>	<i>F crítico</i>
Entre grupos	327189,6333	1	327189,6	0,812138964	0,369324	3,921478181
Dentro dos grupos	47539126,23	118	402874			
Total	47866315,87	119				
ANALISANDO O RESULTADO DE ANOVA TEMOS QUE O AUMENTO DA CORRENTE DE BASE NÃO INFLUENCIA NA GEOMETRIA DO CORDÃO NA CONVEXIDADE.						

Fonte: Autoria própria

Comparando os resultados das variáveis do processo arame tubular temos que:

Variável do processo (FCAW-G ARCO PULSADO)	Regulagens para comparação com (anova)	
APK (CORRENTE DE PICO IP)	420	420
ABK (CORRENTE DE BASE IB)	60	40

**Quadro 3: Indicação de comparação Anova para as variáveis do processo 420/40 e 420/60.**

Fonte: Autoria própria

**Tabela 15: Comparação Anova para garganta efetiva, das variáveis 420/40 e 420/60.**

Anova: fator único						
RESUMO						
Grupo	Contagem	Soma	Média	Variância		
GARGANTA EFETIVA MM	60	210187	3753,339286	36035,6464		
GARGANTA EFETIVA MM	60	186233	3325,589286	139167,591		
ANOVA						
Fonte da variação	SQ	gl	MQ	F	valor-P	F crítico
Entre grupos	5123162	1	5123161,75	58,48250066	8,3E-12	3,927394
Dentro dos grupos	9636178	110	87601,61916			
Total	14759340	111				
ANALISANDO O RESULTADO DE ANOVA TEMOS QUE O AUMENTO DA CORRENTE DE BASE INFLUENCIA NA GEOMETRIA DO CORDÃO NA REGIÃO DA GARGANTA EFETIVA						

Fonte: Autoria própria

**Tabela 16: Comparação Anova para garganta teórica, das variáveis 420/40 e 420/60.**

Anova: fator único						
RESUMO						
<i>Grupo</i>	<i>Contagem</i>	<i>Soma</i>	<i>Média</i>	<i>Variância</i>		
GARGANTA TEORICA	56	192485	3437,232143	64518,21786		
GARGANTA TEORICA	56	174911	3123,410714	160816,6828		
ANOVA						
<i>Fonte da variação</i>	<i>SQ</i>	<i>gl</i>	<i>MQ</i>	<i>F</i>	<i>valor-P</i>	<i>F crítico</i>
Entre grupos	2757549	1	2757548,893	24,47511579	2,73E-06	3,927394
Dentro dos grupos	12393420	110	112667,4503			
Total	15150968	111				
ANALISANDO O RESULTADO DE ANOVA TEMOS QUE O AUMENTO DA CORRENTE DE BASE INFLUÊNCIA NA GEOMETRIA DO CORDÃO DA REGIÃO GARGANTA TEORICA						

Fonte: Autoria própria

**Tabela 17: Comparação Anova para dimensão x, das variáveis 420/40 e 420/60.**

Anova: fator único						
RESUMO						
<i>Grupo</i>	<i>Contagem</i>	<i>Soma</i>	<i>Média</i>	<i>Variância</i>		
DIMENSÃO A (X)	56	332656	5940,286	282366,2		
DIMENSÃO A (X)	56	327277	5844,232	244234,5		
ANOVA						
<i>Fonte da variação</i>	<i>SQ</i>	<i>gl</i>	<i>MQ</i>	<i>F</i>	<i>valor-P</i>	<i>F crítico</i>
Entre grupos	258336,0804	1	258336,1	0,981146	0,32409	3,927393633
Dentro dos grupos	28963039,41	110	263300,4			
Total	29221375,49	111				
ANALISANDO O RESULTADO DE ANOVA TEMOS QUE O AUMENTO DA CORRENTE DE BASE NÃO INFLUENCIA NA GEOMETRIA DO CORDÃO NA DIMENSÃO (X)						

Fonte: Autoria própria

**Tabela 18: Comparação Anova para dimensão y, das variáveis 420/40 e 420/60.**

Anova: fator único						
RESUMO						
<i>Grupo</i>	<i>Contagem</i>	<i>Soma</i>	<i>Média</i>	<i>Variância</i>		
DIMENSÃO B (Y)	56	229720	4102,143	130578,8		
DIMENSÃO B (Y)	56	208774	3728,107	557817,7		
ANOVA						
<i>Fonte da variação</i>	<i>SQ</i>	<i>gl</i>	<i>MQ</i>	<i>F</i>	<i>valor-P</i>	<i>F crítico</i>
Entre grupos	3917276,036	1	3917276	11,38087	0,001025	3,927393633
Dentro dos grupos	37861806,21	110	344198,2			
Total	41779082,25	111				
ANALISANDO O RESULTADO DE ANOVA TEMOS QUE O AUMENTO DA CORRENTE DE BASE INFLUENCIA NA GEOMETRIA DO CORDÃO NA DIMENSÃO (Y)						

Fonte: Autoria própria

**Tabela 19: Comparação Anova para perna x, das variáveis 420/40 e 420/60.**

Anova: fator único						
RESUMO						
<i>Grupo</i>	<i>Contagem</i>	<i>Soma</i>	<i>Média</i>	<i>Variância</i>		
PERNA A(X)	56	0	0	0		
PERNA A(X)	56	5687	101,5535714	135442,1789		
ANOVA						
<i>Fonte da variação</i>	<i>SQ</i>	<i>gl</i>	<i>MQ</i>	<i>F</i>	<i>valor-P</i>	<i>F crítico</i>
Entre grupos	288767,6	1	288767,5804	4,26407169	0,041277	3,927394
Dentro dos grupos	7449320	110	67721,08945			
Total	7738087	111				
ANALISANDO O RESULTADO DE ANOVA TEMOS QUE O AUMENTO DA CORRENTE DE BASE INFLUENCIA NA GEOMETRIA DO CORDÃO NA REGIÃO DA PERNA (X)						

Fonte: Autoria própria

**Tabela 20: Comparação Anova para perna y, das variáveis 420/40 e 420/60.**

Anova: fator único						
RESUMO						
<i>Grupo</i>	<i>Contagem</i>	<i>Soma</i>	<i>Média</i>	<i>Variância</i>		
PERNA B(Y)	56	0	0	0		
PERNA B(Y)	56	39343	702,5535714	610619,9607		
ANOVA						
<i>Fonte da variação</i>	<i>SQ</i>	<i>gl</i>	<i>MQ</i>	<i>F</i>	<i>valor-P</i>	<i>F crítico</i>
Entre grupos	13820283	1	13820282,58	45,26639635	8,06E-10	3,927394
Dentro dos grupos	33584098	110	305309,9804			
Total	47404380	111				
ANALISANDO O RESULTADO DE ANOVA TEMOS QUE O AUMENTO DA CORRENTE DE BASE INFLUENCIA NA GEOMETRIA DO CORDÃO NA REGIÃO DA PERNA(Y)						

Fonte: Autoria própria

**Tabela 21: Comparação Anova para penetração inferior, das variáveis 420/40 e 420/60.**

Anova: fator único						
RESUMO						
<i>Grupo</i>	<i>Contagem</i>	<i>Soma</i>	<i>Média</i>	<i>Variância</i>		
PENETRAÇÃO INF	56	63298	1130,321	64289,71		
PENETRAÇÃO INF	56	50307	898,3393	31290,41		
ANOVA						
<i>Fonte da variação</i>	<i>SQ</i>	<i>gl</i>	<i>MQ</i>	<i>F</i>	<i>valor-P</i>	<i>F crítico</i>
Entre grupos	1506840,009	1	1506840	31,53041	1,49E-07	3,927394
Dentro dos grupos	5256906,768	110	47790,06			
Total	6763746,777	111				
ANALISANDO O RESULTADO DE ANOVA TEMOS QUE O AUMENTO DA CORRENTE DE BASE INFLUENCIA NA GEOMETRIA DO CORDÃO EM PENETRAÇÃO INFERIOR						

Fonte: Autoria própria

**Tabela 22: Comparação Anova para penetração superior, das variáveis 420/40 e 420/60.**

Anova: fator único						
RESUMO						
<i>Grupo</i>	<i>Contagem</i>	<i>Soma</i>	<i>Média</i>	<i>Variância</i>		
PENETRAÇÃO SUP	56	33380	596,0714	36672,39		
PENETRAÇÃO SUP	56	22093	394,5179	28084,11		
ANOVA						
<i>Fonte da variação</i>	<i>SQ</i>	<i>gl</i>	<i>MQ</i>	<i>F</i>	<i>valor-P</i>	<i>F crítico</i>
Entre grupos	1137467,58	1	1137468	35,13061	3,6E-08	3,927394
Dentro dos grupos	3561607,696	110	32378,25			
Total	4699075,277	111				
ANALISANDO O RESULTADO DE ANOVA TEMOS QUE O AUMENTO DA CORRENTE DE BASE INFLUENCIA NA GEOMETRIA DO CORDÃO EM PENETRAÇÃO SUPERIOR						

Fonte: Autoria própria

**Tabela 23: Comparação Anova para convexidade, das variáveis 420/40 e 420/60.**

Anova: fator único						
RESUMO						
<i>Grupo</i>	<i>Contagem</i>	<i>Soma</i>	<i>Média</i>	<i>Variância</i>		
CONVEXO	56	104639	1868,553571	340066,8334		
CONVEXO	56	121089	2162,303571	198902,7607		
ANOVA						
<i>Fonte da variação</i>	<i>SQ</i>	<i>gl</i>	<i>MQ</i>	<i>F</i>	<i>valor-P</i>	<i>F crítico</i>
Entre grupos	2416093,75	1	2416093,75	8,965603166	0,003398544	3,927394
Dentro dos grupos	29643327,68	110	269484,7971			
Total	32059421,43	111				
ANALISANDO O RESULTADO DE ANOVA TEMOS QUE O AUMENTO DA CORRENTE DE BASE INFLUENCIA NA GEOMETRIA DO CORDÃO EM CONVEXIDADE						

Fonte: Autoria própria

Comparando os resultados das variáveis do processo arame tubular temos que:

Variável do processo (FCAW-G ARCO PULSADO)	Regulagens para comparação com (anova)	
APK (CORRENTE DE PICO IP)	360	420
ABK (CORRENTE DE BASE IB)	40	40

**Quadro 4: Indicação de comparação Anova para as variáveis do processo 360/40 e 420/40.**

Fonte: Autoria própria

**Tabela 24: Comparação Anova para garganta efetiva, das variáveis 360/40 e 420/40.**

Anova: fator único						
RESUMO						
Grupo	Contagem	Soma	Média	Variância		
GARGANTA EFETIVA MM	60	227160	3786	110267,661		
GARGANTA EFETIVA MM	60	201151	3352,517	144946,7963		
ANOVA						
Fonte da variação	SQ	gl	MQ	F	valor-P	F crítico
Entre grupos	5637234,008	1	5637234	44,17644727	9,77E-10	3,921478
Dentro dos grupos	15057652,98	118	127607,2			
Total	20694886,99	119				
ANALISANDO O RESULTADO DE ANOVA TEMOS QUE O AUMENTO DA CORRENTE DE PICO INFLUENCIA NA GEOMETRIA DO CORDÃO NA REGIÃO GARGANTA EFETIVA						

Fonte: Autoria própria

**Tabela 25: Comparação Anova para garganta teórica, das variáveis 360/40 e 420/40.**

Anova: fator único						
RESUMO						
<i>Grupo</i>	<i>Contagem</i>	<i>Soma</i>	<i>Média</i>	<i>Variância</i>		
GARGANTA TEORICA	60	213032	3550,533	110274,0836		
GARGANTA TEORICA	60	187325	3122,083	157552,8573		
ANOVA						
<i>Fonte da variação</i>	<i>SQ</i>	<i>gl</i>	<i>MQ</i>	<i>F</i>	<i>valor-P</i>	<i>F crítico</i>
Entre grupos	5507082,075	1	5507082	41,12418307	3,07E-09	3,921478
Dentro dos grupos	15801789,52	118	133913,5			
Total	21308871,59	119				
ANALISANDO O RESULTADO DE ANOVA TEMOS QUE O AUMENTO DA CORRENTE DE PICO INFLUENCIA NA GEOMETRIA DO CORDÃO NA REGIÃO GARGANTA TEORICA						

Fonte: Autoria própria

**Tabela 26: Comparação Anova para dimensão x, das variáveis 360/40 e 420/40.**

Anova: fator único						
RESUMO						
<i>Grupo</i>	<i>Contagem</i>	<i>Soma</i>	<i>Média</i>	<i>Variância</i>		
DIMENSÃO A (X)	60	336803	5613,383	600672,5794		
DIMENSÃO A (X)	60	351762	5862,7	254136,8237		
ANOVA						
<i>Fonte da variação</i>	<i>SQ</i>	<i>gl</i>	<i>MQ</i>	<i>F</i>	<i>valor-P</i>	<i>F crítico</i>
Entre grupos	1864764,008	1	1864764	4,362993672	0,038878	3,921478
Dentro dos grupos	50433754,78	118	427404,7			
Total	52298518,79	119				
ANALISANDO O RESULTADO DE ANOVA TEMOS QUE O AUMENTO DA CORRENTE DE PICO INFLUÊNCIA NA GEOMETRIA DO CORDÃO NA REGIÃO DA DIMENSÃO (X).						

Fonte: Autoria própria

**Tabela 27: Comparação Anova para dimensão y, das variáveis 360/40 e 420/40.**

Anova: fator único						
RESUMO						
Grupo	Contagem	Soma	Média	Variância		
DIMENSÃO B (Y)	60	274234	4570,567	228080,9616		
DIMENSÃO B (Y)	60	225682	3761,367	546874,1345		
ANOVA						
Fonte da variação	SQ	gl	MQ	F	valor-P	F crítico
Entre grupos	19644139,2	1	19644139	50,69749022	9,11E-11	3,921478
Dentro dos grupos	45722350,67	118	387477,5			
Total	65366489,87	119				
ANALISANDO O RESULTADO DE ANOVA TEMOS QUE O AUMENTO DA CORRENTE DE PICO INFLUENCIA NA GEOMETRIA DO CORDÃO NA REGIÃO DA DIMENSÃO (Y)						

Fonte: Autoria própria

**Tabela 28: Comparação Anova para perna x, das variáveis 360/40 e 420/40.**

Anova: fator único						
RESUMO						
Grupo	Contagem	Soma	Média	Variância		
PERNA A(X)	60	27727	462,1167	1276188,105		
PERNA A(X)	60	5687	94,78333	126912,2404		
ANOVA						
Fonte da variação	SQ	gl	MQ	F	valor-P	F crítico
Entre grupos	4048013,333	1	4048013	5,770098122	0,017861	3,921478
Dentro dos grupos	82782920,37	118	701550,2			
Total	86830933,7	119				
ANALISANDO O RESULTADO DE ANOVA TEMOS QUE O AUMENTO DA CORRENTE DE PICO INFLUENCIA NA GEOMETRIA DO CORDÃO EM PERNA(X)						

Fonte: Autoria própria

**Tabela 29: Comparação Anova para perna y, das variáveis 360/40 e 420/40.**

Anova: fator único						
RESUMO						
<i>Grupo</i>	<i>Contagem</i>	<i>Soma</i>	<i>Média</i>	<i>Variância</i>		
PERNA B(Y)	60	6108	101,8	92091,34915		
PERNA B(Y)	60	39343	655,7167	600454,2743		
ANOVA						
<i>Fonte da variação</i>	<i>SQ</i>	<i>gl</i>	<i>MQ</i>	<i>F</i>	<i>valor-P</i>	<i>F crítico</i>
Entre grupos	9204710,208	1	9204710	26,5822493	1,03E-06	3,921478
Dentro dos grupos	40860191,78	118	346272,8			
Total	50064901,99	119				
ANALISANDO O RESULTADO DE ANOVA TEMOS QUE O AUMENTO DA CORRENTE DE PICO INFLUENCIA NA GEOMETRIA DO CORDÃO EM PERNA (Y)						

Fonte: Autoria própria

**Tabela 30: Comparação Anova para penetração inferior, das variáveis 360/40 e 420/40.**

Anova: fator único						
RESUMO						
<i>Grupo</i>	<i>Contagem</i>	<i>Soma</i>	<i>Média</i>	<i>Variância</i>		
PENETRAÇÃO INF	60	44037	733,95	51430,99746		
PENETRAÇÃO INF	60	52903	881,7167	33949,46073		
ANOVA						
<i>Fonte da variação</i>	<i>SQ</i>	<i>gl</i>	<i>MQ</i>	<i>F</i>	<i>valor-P</i>	<i>F crítico</i>
Entre grupos	655049,6333	1	655049,6	15,344252	0,000151	3,921478
Dentro dos grupos	5037447,033	118	42690,23			
Total	5692496,667	119				
ANALISANDO O RESULTADO DE ANOVA TEMOS QUE O AUMENTO DA CORRENTE DE PICO INFLUENCIA NA GEOMETRIA DO CORDÃO EM PENETRAÇÃO INFERIOR (X)						

Fonte: Autoria própria

**Tabela 31: Comparação Anova para penetração superior, das variáveis 360/40 e 420/40.**

Anova: fator único						
RESUMO						
<i>Grupo</i>	<i>Contagem</i>	<i>Soma</i>	<i>Média</i>	<i>Variância</i>		
PENETRAÇÃO SUP	60	41516	691,9333	70876,63955		
PENETRAÇÃO SUP	60	24064	401,0667	31650,30056		
ANOVA						
<i>Fonte da variação</i>	<i>SQ</i>	<i>gl</i>	<i>MQ</i>	<i>F</i>	<i>valor-P</i>	<i>F crítico</i>
Entre grupos	2538102,533	1	2538103	49,51093889	1,39E-10	3,921478
Dentro dos grupos	6049089,467	118	51263,47			
Total	8587192	119				
ANALISANDO O RESULTADO DE ANOVA TEMOS QUE O AUMENTO DA CORRENTE DE PICO INFLUENCIA NA GEOMETRIA DO CORDÃO						

Fonte: Autoria própria

**Tabela 32: Comparação Anova para convexidade, das variáveis 360/40 e 420/40.**

Anova: fator único						
RESUMO						
<i>Grupo</i>	<i>Contagem</i>	<i>Soma</i>	<i>Média</i>	<i>Variância</i>		
CONVEXO	60	124485	2074,75	629879,4449		
CONVEXO	60	127742	2129,033	212649,3209		
ANOVA						
<i>Fonte da variação</i>	<i>SQ</i>	<i>gl</i>	<i>MQ</i>	<i>F</i>	<i>valor-P</i>	<i>F crítico</i>
Entre grupos	88400,40833	1	88400,41	0,20984543	0,6477310	3,9214781
Dentro dos grupos	49709197,18	118	421264,4			
Total	49797597,59	119				
ANALISANDO O RESULTADO DE ANOVA TEMOS QUE O AUMENTO DA CORRENTE DE PICO NÃO INFLUENCIA NA GEOMETRIA DO CORDÃO EM CONVEXIDADE						

Fonte: Autoria própria

Comparando os resultados das variáveis do processo arame tubular temos que:

Variável do processo (FCAW-G ARCO PULSADO)	Regulagens para comparação com (anova)	
APK (CORRENTE DE PICO IP)	360	420
ABK (CORRENTE DE BASE IB)	60	60

**Quadro 5: Indicação de comparação Anova para as variáveis do processo 360/60 e 420/60.**

Fonte: Autoria própria

**Tabela 33: comparação anova para região garganta efetiva das variáveis 360/60 e 420/60.**

Anova: fator único						
RESUMO						
<i>Grupo</i>	<i>Contagem</i>	<i>Soma</i>	<i>Média</i>	<i>Variância</i>		
GARGANTA EFETIVA MM	56	197749	3531,232	126888,1		
GARGANTA EFETIVA MM	56	210187	3753,339	36035,65		
ANOVA						
<i>Fonte da variação</i>	<i>SQ</i>	<i>gl</i>	<i>MQ</i>	<i>F</i>	<i>valor-P</i>	<i>F crítico</i>
Entre grupos	1381284,321	1	1381284	16,95621	7,43E-05	3,927393
Dentro dos grupos	8960804,536	110	81461,86			
Total	10342088,86	111				
ANALISANDO O RESULTADO DE ANOVA TEMOS QUE O AUMENTO DA CORRENTE DE PICO INFLUENCIA NA GEOMETRIA DO CORDÃO DA REGIÃO GARGANTA EFETIVA						

Fonte: Autoria própria

**Tabela 34: Comparação anova para região garganta teorica, das variáveis 360/60 e 420/60**

Anova: fator único						
RESUMO						
<i>Grupo</i>	<i>Contagem</i>	<i>Soma</i>	<i>Média</i>	<i>Variância</i>		
GARGANTA TEORICA	56	184172	3288,786	219533,6		
GARGANTA TEORICA	56	192485	3437,232	64518,22		
ANOVA						
<i>Fonte da variação</i>	<i>SQ</i>	<i>Gl</i>	<i>MQ</i>	<i>F</i>	<i>valor-P</i>	<i>F crítico</i>
Entre grupos	617017,5804	1	617017,6	4,344402	0,039446	3,927393
Dentro dos grupos	15622847,41	110	142025,9			
Total	16239864,99	111				
ANALISANDO O RESULTADO DE ANOVA TEMOS QUE O AUMENTO DA CORRENTE DE PICO INFLUENCIA NA GEOMETRIA DO CORDÃO DA REGIÃO GARGANTA TEORICA						

Fonte: Autoria própria

**Tabela 35: Comparação anova para região dimensão x, das variáveis 360/60 e 420/60.**

Anova: fator único						
RESUMO						
<i>Grupo</i>	<i>Contagem</i>	<i>Soma</i>	<i>Média</i>	<i>Variância</i>		
DIMENSÃO A (X)	56	320256	5718,857	512861,4		
DIMENSÃO A (X)	56	332656	5940,286	282366,2		
ANOVA						
<i>Fonte da variação</i>	<i>SQ</i>	<i>gl</i>	<i>MQ</i>	<i>F</i>	<i>valor-P</i>	<i>F crítico</i>
Entre grupos	1372857,143	1	1372857	3,45274	0,065821	3,927393
Dentro dos grupos	43737520,29	110	397613,8			
Total	45110377,43	111				
ANALISANDO O RESULTADO DE ANOVA TEMOS QUE O AUMENTO DA CORRENTE DE PICO NÃO INFLUENCIA NA GEOMETRIA DO CORDÃO NA DIMENSÃO X						

Fonte: Autoria própria

**Tabela 36: Comparação anova para região dimensão y, das variáveis 360/60 e 420/60**

Anova: fator único						
RESUMO						
<i>Grupo</i>	<i>Contagem</i>	<i>Soma</i>	<i>Média</i>	<i>Variância</i>		
DIMENSÃO B (Y)	56	223587	3992,625	498523,4		
DIMENSÃO B (Y)	56	229720	4102,143	130578,8		
ANOVA						
<i>Fonte da variação</i>	<i>SQ</i>	<i>gl</i>	<i>MQ</i>	<i>F</i>	<i>valor-P</i>	<i>F crítico</i>
Entre grupos	335836,5089	1	335836,5	1,067669	0,303739	3,927393
Dentro dos grupos	34600623,98	110	314551,1			
Total	34936460,49	111				
ANALISANDO O RESULTADO DE ANOVA TEMOS QUE O AUMENTO DA CORRENTE DE PICO NÃO INFLUENCIA NA GEOMETRIA DO CORDÃO NA DIMENSÃO Y						

Fonte: Autoria própria

**Tabela 37: Comparação anova para região perna x, das variáveis 360/60 e 420/60.**

Anova: fator único						
RESUMO						
<i>Grupo</i>	<i>Contagem</i>	<i>Soma</i>	<i>Média</i>	<i>Variância</i>		
PERNA A(X)	56	14528	259,4286	372143,8		
PERNA A(X)	56	0	0	0		
ANOVA						
<i>Fonte da variação</i>	<i>SQ</i>	<i>gl</i>	<i>MQ</i>	<i>F</i>	<i>valor-P</i>	<i>F crítico</i>
Entre grupos	1884489,143	1	1884489	10,12775	0,001899	3,927393
Dentro dos grupos	20467907,71	110	186071,9			
Total	22352396,86	111				
ANALISANDO O RESULTADO DE ANOVA TEMOS QUE O AUMENTO DA CORRENTE DE PICO INFLUENCIA NA GEOMETRIA DO CORDÃO NA REGIÃO PERNA X						

Fonte: Autoria própria

**Tabela 38: Comparação anova para região perna y, das variáveis 360/60 e 420/60.**

Anova: fator único						
RESUMO						
<i>Grupo</i>	<i>Contagem</i>	<i>Soma</i>	<i>Média</i>	<i>Variância</i>		
PERNA B(Y)	56	22812	407,3571	402189,9		
PERNA B(Y)	56	0	0	0		
ANOVA						
<i>Fonte da variação</i>	<i>SQ</i>	<i>gl</i>	<i>MQ</i>	<i>F</i>	<i>valor-P</i>	<i>F crítico</i>
Entre grupos	4646315,571	1	4646316	23,10508	4,89E-06	3,927393
Dentro dos grupos	22120446,86	110	201095			
Total	26766762,43	111				
ANALISANDO O RESULTADO DE ANOVA TEMOS QUE O AUMENTO DA CORRENTE DE PICO INFLUENCIA NA GEOMETRIA DO CORDÃO NA REGIÃO PERNA Y						

Fonte: Autoria própria

**Tabela 39: Comparação anova para região penetração inferior, das variáveis 360/60 e 420/60.**

Anova: fator único						
RESUMO						
<i>Grupo</i>	<i>Contagem</i>	<i>Soma</i>	<i>Média</i>	<i>Variância</i>		
PENETRAÇÃO INF	56	50833	907,7321	66098,16		
PENETRAÇÃO INF	56	63298	1130,321	64289,71		
ANOVA						
<i>Fonte da variação</i>	<i>SQ</i>	<i>gl</i>	<i>MQ</i>	<i>F</i>	<i>valor-P</i>	<i>F crítico</i>
Entre grupos	1387287,723	1	1387288	21,2794	1,08E-05	3,927393
Dentro dos grupos	7171333,196	110	65193,94			
Total	8558620,92	111				
ANALISANDO O RESULTADO DE ANOVA TEMOS QUE O AUMENTO DA CORRENTE DE PICO INFLUENCIA NA GEOMETRIA DO CORDÃO NA REGIÃO DE PENETRÇÃO INFERIOR (X)						

Fonte: Autoria própria

**Tabela 40: Comparação anova para região penetração superior, das variáveis 360/60 e 420/60**

Anova: fator único						
RESUMO						
<i>Grupo</i>	<i>Contagem</i>	<i>Soma</i>	<i>Média</i>	<i>Variância</i>		
PENETRAÇÃO SUP	56	29265	522,5893	199438,2		
PENETRAÇÃO SUP	56	33380	596,0714	36672,39		
ANOVA						
<i>Fonte da variação</i>	<i>SQ</i>	<i>Gl</i>	<i>MQ</i>	<i>F</i>	<i>valor-P</i>	<i>F crítico</i>
Entre grupos	151189,5089	1	151189,5	1,280667	0,260236	3,927393
Dentro dos grupos	12986081,27	110	118055,3			
Total	13137270,78	111				
ANALISANDO O RESULTADO DE ANOVA TEMOS QUE O AUMENTO DA CORRENTE DE PICO NÃO INFLUENCIA NA GEOMETRIA DO CORDÃO NA REGIÃO DE PENETRÇÃO SUPERIOR (Y)						

Fonte: Autoria própria

**Tabela 41: Comparação anova para região convexidade, das variáveis 360/60 e 420/60**

Anova: fator único						
RESUMO						
<i>Grupo</i>	<i>Contagem</i>	<i>Soma</i>	<i>Média</i>	<i>Variância</i>		
CONVEXO	56	109645	1957,94643	175321,0334		
CONVEXO	56	104639	1868,55357	340066,8334		
ANOVA						
<i>Fonte da variação</i>	<i>SQ</i>	<i>gl</i>	<i>MQ</i>	<i>F</i>	<i>valor-P</i>	<i>F crítico</i>
Entre grupos	223750,3214	1	223750,321	0,868279352	0,35347277	3,92739339
Dentro dos grupos	28346332,68	110	257693,933			
Total	28570083	111				
ANALISANDO O RESULTADO DE ANOVA TEMOS QUE O AUMENTO DA CORRENTE DE PICO NÃO INFLUENCIA NA GEOMETRIA DO CORDÃO NA REGIÃO DE CONVEXIDADE						

Fonte: Autoria própria

Comparando os resultados das variáveis do processo arame tubular temos que:

Variável do processo (FCAW-G ARCO PULSADO)	Regulagens para comparação com (anova)	
APK (CORRENTE DE PICO IP)	360	420
ABK (CORRENTE DE BASE IB)	40	60

**Quadro 6: Indicação de comparação Anova para as variáveis do processo 360/40 e 420/60.**

Fonte: Autoria própria

**Tabela 42: Comparação anova para região garganta efetiva, das variáveis 360/40 e 420/60.**

Anova: fator único						
RESUMO						
Grupo	Contagem	Soma	Média	Variância		
GARGANTA EFETIVA mm	60	227160	3786	110267,661		
GARGANTA EFETIVA mm	60	225768	3762,8	37058,63729		
ANOVA						
Fonte da variação	SQ	gl	MQ	F	valor-P	F crítico
Entre grupos	16147,2	1	16147,2	0,219203227	0,640511346	3,921478181
Dentro dos grupos	8692252	118	73663,15			
Total	8708399	119				
ANALISANDO O RESULTADO DE ANOVA TEMOS QUE O AUMENTO DA CORRENTE DE PICO E A DE BASE NÃO INFLUENCIA NA GEOMETRIA DO CORDÃO NA REGIÃO DE GARGANTA EFETIVA						

Fonte: Autoria própria

**Tabela 43: Comparação anova para região garganta teórica, das variáveis 360/40 e 420/60.**

Anova: fator único						
RESUMO						
<i>Grupo</i>	<i>Contagem</i>	<i>Soma</i>	<i>Média</i>	<i>Variância</i>		
GARGANTA TEORICA	60	213032	3550,533	110274,0836		
GARGANTA TEORICA	60	206508	3441,8	62890,63729		
ANOVA						
<i>Fonte da variação</i>	<i>SQ</i>	<i>gl</i>	<i>MQ</i>	<i>F</i>	<i>valor-P</i>	<i>F crítico</i>
Entre grupos	354688,1	1	354688,1	4,096540352	0,045229625	3,921478181
Dentro dos grupos	10216719	118	86582,36			
Total	10571407	119				
ANALISANDO O RESULTADO DE ANOVA TEMOS QUE O AUMENTO DA CORRENTE DE PICO E A DE BASE INFLUENCIA NA GEOMETRIA DO CORDÃO NA REGIÃO DE GARGANTA TEORICA						

Fonte: Autoria própria

**Tabela 44: Comparação anova para região dimensão x, das variáveis 360/40 e 420/60.**

Anova: fator único						
RESUMO						
<i>Grupo</i>	<i>Contagem</i>	<i>Soma</i>	<i>Média</i>	<i>Variância</i>		
DIMENSÃO A (X)	60	336803	5613,383	600672,5794		
DIMENSÃO A (X)	60	357462	5957,7	270365,2983		
ANOVA						
<i>Fonte da variação</i>	<i>SQ</i>	<i>gl</i>	<i>MQ</i>	<i>F</i>	<i>valor-P</i>	<i>F crítico</i>
Entre grupos	3556619	1	3556619	8,166393447	0,005045648	3,921478181
Dentro dos grupos	51391235	118	435518,9			
Total	54947854	119				
ANALISANDO O RESULTADO DE ANOVA TEMOS QUE AUMENTO DA CORRENTE DE PICO E A DE BASE INFLUENCIA NA GEOMETRIA DO CORDÃO NA REGIÃO DE DIMENSÃO X						

Fonte: Autoria própria

**Tabela 45: Comparação anova para região dimensão y, das variáveis 360/40 e 420/60.**

Anova: fator único						
RESUMO						
<i>Grupo</i>	<i>Contagem</i>	<i>Soma</i>	<i>Média</i>	<i>Variância</i>		
DIMENSÃO B (Y)	60	274234	4570,567	228080,9616		
DIMENSÃO B (Y)	60	245769	4096,15	122796,3669		
ANOVA						
<i>Fonte da variação</i>	<i>SQ</i>	<i>gl</i>	<i>MQ</i>	<i>F</i>	<i>valor-P</i>	<i>F crítico</i>
Entre grupos	6752135	1	6752135	38,48715582	8,433E-09	3,921478181
Dentro dos grupos	20701762	118	175438,7			
Total	27453898	119				
ANALISANDO O RESULTADO DE ANOVA TEMOS QUE O AUMENTO DA CORRENTE DE PICO E A DE BASE INFLUENCIA NA GEOMETRIA DO CORDÃO NA REGIÃO DE DIMENSÃO Y						

Fonte: Autoria própria

**Tabela 46: Comparação anova para região perna x, das variáveis 360/40 e 420/60.**

Anova: fator único						
RESUMO						
<i>Grupo</i>	<i>Contagem</i>	<i>Soma</i>	<i>Média</i>	<i>Variância</i>		
PERNA A(X)	60	27727	462,1167	1276188,105		
PERNA A(X)	60	0	0	0		
ANOVA						
<i>Fonte da variação</i>	<i>SQ</i>	<i>gl</i>	<i>MQ</i>	<i>F</i>	<i>valor-P</i>	<i>F crítico</i>
Entre grupos	6406554	1	6406554	10,04014124	0,001950739	3,921478181
Dentro dos grupos	75295098	118	638094,1			
Total	81701653	119				
ANALISANDO O RESULTADO DE ANOVA TEMOS QUE O AUMENTO DA CORRENTE DE PICO E A DE BASE INFLUENCIA NA GEOMETRIA DO CORDÃO NA REGIÃO DE PERNA X						

Fonte: Autoria própria

**Tabela 47: Comparação anova para região perna y, das variáveis 360/40 e 420/60.**

Anova: fator único						
RESUMO						
<i>Grupo</i>	<i>Contagem</i>	<i>Soma</i>	<i>Média</i>	<i>Variância</i>		
PERNA B(Y)	60	6108	101,8	92091,34915		
PERNA B(Y)	60	0	0	0		
ANOVA						
<i>Fonte da variação</i>	<i>SQ</i>	<i>gl</i>	<i>MQ</i>	<i>F</i>	<i>valor-P</i>	<i>F crítico</i>
Entre grupos	310897,2	1	310897,2	6,751930618	0,01055826	3,921478181
Dentro dos grupos	5433390	118	46045,67			
Total	5744287	119				
ANALISANDO O RESULTADO DE ANOVA TEMOS QUE O AUMENTO DA CORRENTE DE PICO E A DE BASE INFLUENCIA NA GEOMETRIA DO CORDÃO NA REGIÃO DE PERNA Y						

Fonte: Autoria própria

**Tabela 48: Comparação anova para região penetração inferior, das variáveis 360/40 e 420/60**

Anova: fator único						
RESUMO						
<i>Grupo</i>	<i>Contagem</i>	<i>Soma</i>	<i>Média</i>	<i>Variância</i>		
PENETRAÇÃO INF	60	44037	733,95	51430,99746		
PENETRAÇÃO INF	60	67473	1124,55	61575,60763		
ANOVA						
<i>Fonte da variação</i>	<i>SQ</i>	<i>gl</i>	<i>MQ</i>	<i>F</i>	<i>valor-P</i>	<i>F crítico</i>
Entre grupos	4577051	1	4577051	81,00501376	4,60461E-15	3,921478181
Dentro dos grupos	6667390	118	56503,3			
Total	11244441	119				
ANALISANDO O RESULTADO DE ANOVA TEMOS QUE O AUMENTO DA CORRENTE DE PICO E A DE BASE INFLUENCIA NA GEOMETRIA DO CORDÃO NA REGIÃO DE PENETRAÇÃO INFERIOR						

Fonte: Autoria própria

**Tabela 49: Comparação anova para região penetração superior, das variáveis 360/40 e 420/60.**

Anova: fator único						
RESUMO						
<i>Grupo</i>	<i>Contagem</i>	<i>Soma</i>	<i>Média</i>	<i>Variância</i>		
PENETRAÇÃO SUP	60	41516	691,9333	70876,63955		
PENETRAÇÃO SUP	60	35557	592,6167	35869,08785		
ANOVA						
<i>Fonte da variação</i>	<i>SQ</i>	<i>gl</i>	<i>MQ</i>	<i>F</i>	<i>valor-P</i>	<i>F crítico</i>
Entre grupos	295914	1	295914	5,544278268	0,020192805	3,921478181
Dentro dos grupos	6297998	118	53372,86			
Total	6593912	119				
ANALISANDO O RESULTADO DE ANOVA TEMOS QUE O AUMENTO DA CORRENTE DE PICO E A DE BASE INFLUENCIA NA GEOMETRIA DO CORDÃO NA REGIÃO DE PENETRAÇÃO SUPERIOR						

Fonte: Autoria própria

**Tabela 50: Comparação anova para região convexidade, das variáveis 360/40 e 420/60.**

Anova: fator único						
RESUMO						
<i>Grupo</i>	<i>Contagem</i>	<i>Soma</i>	<i>Média</i>	<i>Variância</i>		
CONVEXO	60	124485	2074,75	629879,4		
CONVEXO	60	110134	1835,567	332985,4		
ANOVA						
<i>Fonte da variação</i>	<i>SQ</i>	<i>gl</i>	<i>MQ</i>	<i>F</i>	<i>valor-P</i>	<i>F crítico</i>
Entre grupos	1716260,008	1	1716260	3,564903	0,061469	3,921478181
Dentro dos grupos	56809025,98	118	481432,4			
Total	58525285,99	119				
ANALISANDO O RESULTADO DE ANOVA TEMOS QUE O AUMENTO DA CORRENTE DE PICO E A DE BASE NÃO INFLUENCIA NA GEOMETRIA DO CORDÃO NA REGIÃO DE CONVEXIDADE						

Fonte: Autoria própria

Comparando os resultados das variáveis do processo arame tubular temos que:

Variável do processo (FCAW-G ARCO PULSADO)	Regulagens para comparação com (anova)	
	APK (CORRENTE DE PICO IP)	360
ABK (CORRENTE DE BASE IB)	60	40

**Quadro 7: Comparação das variáveis 360/60 e 420/40 por Anova para as condições nas Tabelas 51 a 59**

Fonte: Autoria própria

**Tabela 51: Comparação Anova para garganta efetiva, das variáveis 360/60 e 420/40.**

Anova: fator único						
RESUMO						
<i>Grupo</i>	<i>Contagem</i>	<i>Soma</i>	<i>Média</i>	<i>Variância</i>		
GARGANTA EFETIVA mm	60	197109	3519,804	124521,7		
GARGANTA EFETIVA mm	60	186233	3325,589	139167,6		
ANOVA						
<i>Fonte da variação</i>	<i>SQ</i>	<i>gl</i>	<i>MQ</i>	<i>F</i>	<i>valor-P</i>	<i>F crítico</i>
Entre grupos	1056137,286	1	1056137	8,010469	0,00553	3,927393633
Dentro dos grupos	14502908,39	110	131844,6			
Total	15559045,68	111				
ANALISANDO O RESULTADO DE ANOVA TEMOS QUE O AUMENTO DA CORRENTE DE PICO E A DE BASE INFLUENCIA NA GEOMETRIA DO CORDÃO NA REGIÃO DE GARGANTA EFETIVA						

Fonte: Autoria própria

**Tabela 52: Comparação Anova para garganta teórica, das variáveis 360/60 e 420/40.**

Anova: fator único						
RESUMO						
<i>Grupo</i>	<i>Contagem</i>	<i>Soma</i>	<i>Média</i>	<i>Variância</i>		
GARGANTA TEORICA	60	183431	3275,554	209140,1		
GARGANTA TEORICA	60	174911	3123,411	160816,7		
ANOVA						
<i>Fonte da variação</i>	<i>SQ</i>	<i>gl</i>	<i>MQ</i>	<i>F</i>	<i>valor-P</i>	<i>F crítico</i>
Entre grupos	648128,5714	1	648128,6	3,503807	0,063884	3,927393633
Dentro dos grupos	20347621,39	110	184978,4			
Total	20995749,96	111				
ANALISANDO O RESULTADO DE ANOVA TEMOS QUE O AUMENTO DA CORRENTE DE PICO E A DE BASE NÃO INFLUENCIA NA GEOMETRIA DO CORDÃO NA REGIÃO DE GARGANTA TEORICA						

Fonte: Autoria própria

**Tabela 53: Comparação Anova para dimensão x, das variáveis 360/60 e 420/40.**

Anova: fator único						
RESUMO						
<i>Grupo</i>	<i>Contagem</i>	<i>Soma</i>	<i>Média</i>	<i>Variância</i>		
DIMENSÃO A (X)	60	320256	5718,857	512861,4		
DIMENSÃO A (X)	60	327277	5844,232	244234,5		
ANOVA						
<i>Fonte da variação</i>	<i>SQ</i>	<i>gl</i>	<i>MQ</i>	<i>F</i>	<i>valor-P</i>	<i>F crítico</i>
Entre grupos	440128,9375	1	440128,9	1,162677	0,28327	3,927393633
Dentro dos grupos	41640272,84	110	378547,9			
Total	42080401,78	111				
ANALISANDO O RESULTADO DE ANOVA TEMOS QUE O AUMENTO DA CORRENTE DE PICO E A DE BASE NÃO INFLUENCIA NA GEOMETRIA DO CORDÃO NA REGIÃO DE DIMENSÃO X						

Fonte: Autoria própria

**Tabela 54: Comparação Anova para dimensão y, das variáveis 360/60 e 420/40.**

Anova: fator único						
RESUMO						
<i>Grupo</i>	<i>Contagem</i>	<i>Soma</i>	<i>Média</i>	<i>Variância</i>		
DIMENSÃO B (Y)	60	225415	4025,268	499827,9		
DIMENSÃO B (Y)	60	208774	3728,107	557817,7		
ANOVA						
<i>Fonte da variação</i>	<i>SQ</i>	<i>gl</i>	<i>MQ</i>	<i>F</i>	<i>valor-P</i>	<i>F crítico</i>
Entre grupos	2472525,723	1	2472526	4,675528	0,032762	3,927393633
Dentro dos grupos	58170504,34	110	528822,8			
Total	60643030,06	111				
ANALISANDO O RESULTADO DE ANOVA TEMOS QUE O AUMENTO DA CORRENTE DE PICO E A DE BASE INFLUENCIA NA GEOMETRIA DO CORDÃO NA REGIÃO DE DIMENSÃO Y						

Fonte: Autoria própria

**Tabela 55: Comparação Anova para perna x, das variáveis 360/60 e 420/40.**

Anova: fator único						
RESUMO						
<i>Grupo</i>	<i>Contagem</i>	<i>Soma</i>	<i>Média</i>	<i>Variância</i>		
PERNA A(X)	60	16347	291,9107	414068,8		
PERNA A(X)	60	5687	101,5536	135442,2		
ANOVA						
<i>Fonte da variação</i>	<i>SQ</i>	<i>gl</i>	<i>MQ</i>	<i>F</i>	<i>valor-P</i>	<i>F crítico</i>
Entre grupos	1014603,571	1	1014604	3,692751	0,057237	3,927393633
Dentro dos grupos	30223102,39	110	274755,5			
Total	31237705,96	111				
ANALISANDO O RESULTADO DE ANOVA TEMOS QUE O AUMENTO DA CORRENTE DE PICO E A DE BASE NÃO INFLUENCIA NA GEOMETRIA DO CORDÃO NA REGIÃO DE PERNA X						

Fonte: Autoria própria

**Tabela 56: Comparação Anova para perna y, das variáveis 360/60 e 420/40.**

Anova: fator único						
RESUMO						
<i>Grupo</i>	<i>Contagem</i>	<i>Soma</i>	<i>Média</i>	<i>Variância</i>		
PERNA B(Y)	60	26755	477,7679	488157,2		
PERNA B(Y)	60	39343	702,5536	610620		
ANOVA						
<i>Fonte da variação</i>	<i>SQ</i>	<i>gl</i>	<i>MQ</i>	<i>F</i>	<i>valor-P</i>	<i>F crítico</i>
Entre grupos	1414801,286	1	1414801	2,575229	0,111416	3,927393633
Dentro dos grupos	60432745,82	110	549388,6			
Total	61847547,11	111				
ANALISANDO O RESULTADO DE ANOVA TEMOS QUE O AUMENTO DA CORRENTE DE PICO E A DE BASE NÃO INFLUENCIA NA GEOMETRIA DO CORDÃO NA REGIÃO DE PERNA Y						

Fonte: Autoria própria

**Tabela 57: Comparação Anova para penetração superior das variáveis 360/60 e 420/40.**

Anova: fator único						
RESUMO						
<i>Grupo</i>	<i>Contagem</i>	<i>Soma</i>	<i>Média</i>	<i>Variância</i>		
PENETRAÇÃO INF	60	50833	907,7321	66098,16		
PENETRAÇÃO INF	60	50307	898,3393	31290,41		
ANOVA						
<i>Fonte da variação</i>	<i>SQ</i>	<i>gl</i>	<i>MQ</i>	<i>F</i>	<i>valor-P</i>	<i>F crítico</i>
Entre grupos	2470,32142	1	2470,321	0,050731	0,822214	3,927393633
Dentro dos grupos	5356371,53	110	48694,29			
Total	5358841,857	111				
ANALISANDO O RESULTADO DE ANOVA TEMOS QUE O AUMENTO DA CORRENTE DE PICO E A DE BASE NÃO INFLUENCIA NA GEOMETRIA DO CORDÃO NA REGIÃO DE PENETRAÇÃO INFERIOR						

Fonte: Autoria própria

**Tabela 58: Comparação Anova para penetração superior das variáveis 360/60 e 420/40.**

Anova: fator único						
RESUMO						
<i>Grupo</i>	<i>Contagem</i>	<i>Soma</i>	<i>Média</i>	<i>Variância</i>		
PENETRAÇÃO SUP	56	29039	518,5536	199663,7		
PENETRAÇÃO SUP	56	22093	394,5179	28084,11		
ANOVA						
<i>Fonte da variação</i>	<i>SQ</i>	<i>gl</i>	<i>MQ</i>	<i>F</i>	<i>valor-P</i>	<i>F crítico</i>
Entre grupos	430776,03	1	430776	3,78292	0,05433	3,927393633
Dentro dos grupos	12526127	110	113873,			
Total	12956903	111				
ANALISANDO O RESULTADO DE ANOVA TEMOS QUE O AUMENTO DA CORRENTE DE PICO E A DE BASE NÃO INFLUENCIA NA GEOMETRIA DO CORDÃO NA REGIÃO DE PENETRAÇÃO SUPERIOR						

Fonte: Autoria própria

**Tabela 59: Comparação Anova para convexidade das variáveis 360/60 e 420/40.**

Anova: fator único						
RESUMO						
<i>Grupo</i>	<i>Contagem</i>	<i>Soma</i>	<i>Média</i>	<i>Variância</i>		
CONVEXO	56	110893	1980,232	178281,3451		
CONVEXO	56	121089	2162,304	198902,7607		
ANOVA						
<i>Fonte da variação</i>	<i>SQ</i>	<i>gl</i>	<i>MQ</i>	<i>F</i>	<i>valor-P</i>	<i>F crítico</i>
Entre grupos	928200,1429	1	928200,1	4,921735187	0,02857477	3,9273936
Dentro dos grupos	20745125,82	110	188592,1			
Total	21673325,96	111				
ANALISANDO O RESULTADO DE ANOVA TEMOS QUE O AUMENTO DA CORRENTE DE PICO E A DE BASE INFLUENCIA NA GEOMETRIA DO CORDÃO NA REGIÃO DE CONVEXIDADE						

Fonte: Autoria própria

Tabela explicativa para os resultados da análise estatística para melhor compreensão.

**Tabela 60: Tabela apresentação dos resultados da comparação da média dos resultados com anova para cada região analisada entre grupos.**

VARIAVEL REG. MAQ	GARG. EFET	GARG. TEOR.	DIMEN (X)	DIMEN (Y)	PERNA (X)	PERNA (Y)	PEN INF	PEN SUP	CONVEX
360/40	3,786 ↑	3,550 ↑	5,613 □	4,570 ↑	4,54 □ ↑	10,1 ↓	0,733 ↓	0,691 □ ↑	2,074 □ ↑
360/60	3,529 ↓	3,287 ↓	5,628 □	4,025 ↑	2,38 □ ↓	3,80 ↑	0,845 ↑	0,552 □ ↓	1,970 □ ↓
420/40	3,325 ↓	3,123 ↓	5,844 □ ↓	3,728 ↓	10,1 ↑	7,02 ↑	0,898 ↓	0,395 ↓	2,162 ↑
420/60	3,753 ↑	3,437 ↑	5,940 □ ↑	4,102 ↑	0 ↓	0 ↓	1,130 ↑	0,596 ↑	1,868 ↓
360/40	3,786 ↑	3,550 ↑	5,613 ↓	4,570 ↑	4,62 ↑	10,1 ↓	0,733 ↑	0,691 ↑	2,074 □ ↓
420/40	3,352 ↓	3,122 ↓	5,862 ↑	3,761 ↓	9,4 ↓	6,55 ↑	0,881 ↑	0,401 ↓	2,129 □ ↑
360/60	3,531 ↓	3,288 ↓	5,718 □ ↓	3,992 □ ↓	2,59 ↑	4,07 ↑	0,907 ↓	0,522 □ ↓	1,957 □
420/60	3,763 ↑	3,442 ↑	5,957 □ ↑	4,096 □ ↑	0 ↓	0 ↓	1,124 ↑	0,592 □ ↑	1,868 □ ↓
360/40	3,786 □ ↑	3,550 ↑	5,613 ↑	4,570 ↑	4,54 ↑	1,01 ↑	0,733 ↓	0,691 ↑	2,074 □ ↑
420/60	3,753 □ ↓	3,437 ↓	5,940 ↑	4,102 ↓	0 ↓	0 ↓	1,130 ↑	0,596 ↓	1,868 □ ↓
360/60	3,519 ↑	3,275 □ ↑	5,718 □ ↓	4,025 ↑	2,91 □ ↑	4,77 □ ↓	0,907 □ ↑	0,518 □ ↑	1,980 ↓
420/40	3,325 ↓	3,123 □ ↓	5,844 □ ↑	3,728 ↓	1,01 □ ↓	7,02 □ ↑	0,898 □ ↓	0,394 □ ↓	2,162 ↑

	MAIOR MEDIA DOS RESULTADOS
	MENOR MEDIA DOS RESULTADOS
	RESULTADOS APRESENTAM SEMELHANÇA ENTRESI.

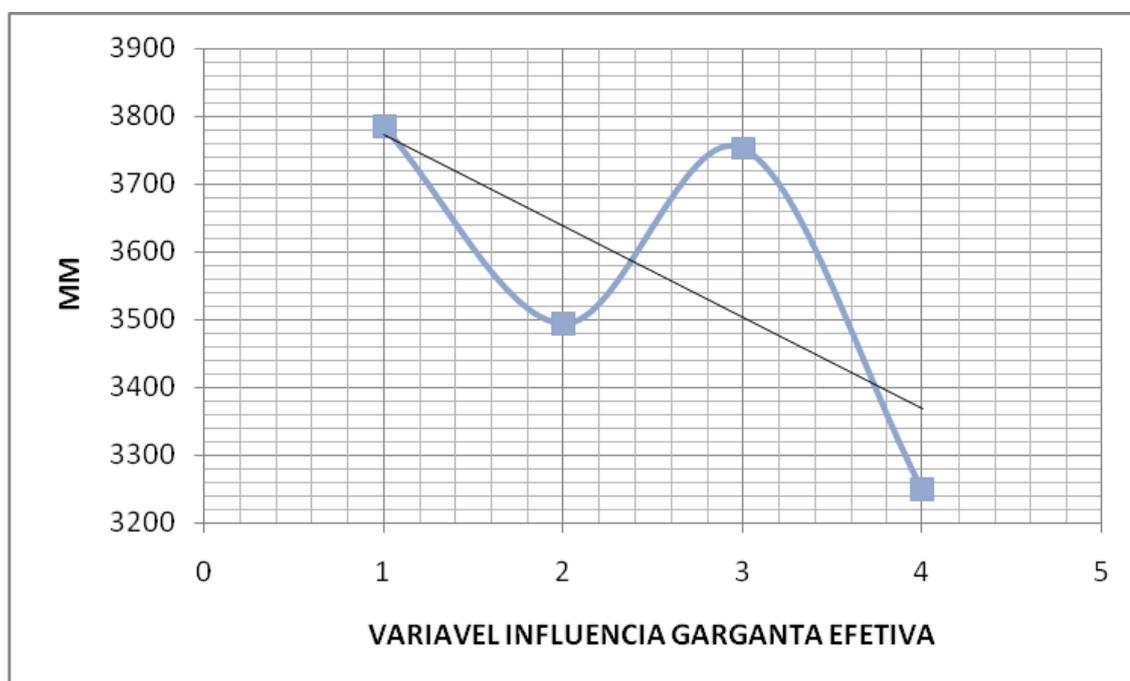
Fonte: Autoria própria

Para os gráficos a tabela seguinte representa o número em relação as variáveis de regulagem.

Nº = VARIAREGULAGEM FCAW	VARIAVEIS FCAW
1	360/40
2	360/60
3	420/60
4	420/40

**Quadro 8: Legenda - variável de regulagem X dimensões da geometria dos cordões**

Fonte: Autoria própria



**Gráfico 1: Comparação de resultado para dimensão região de garganta efetiva em relação às medias das amostras de cada grupo.**

Fonte: Autoria própria

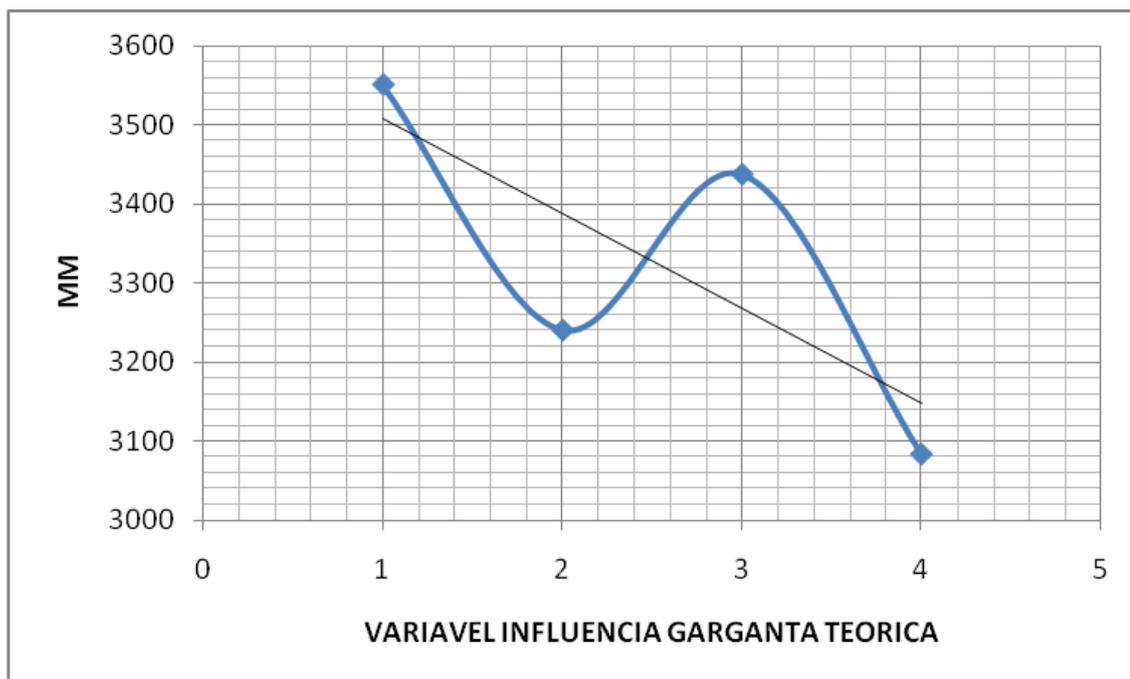


Gráfico 2: Comparação de resultado para dimensão região de garganta teórica em relação as medias das amostras de cada grupo.

Fonte: Autoria própria.

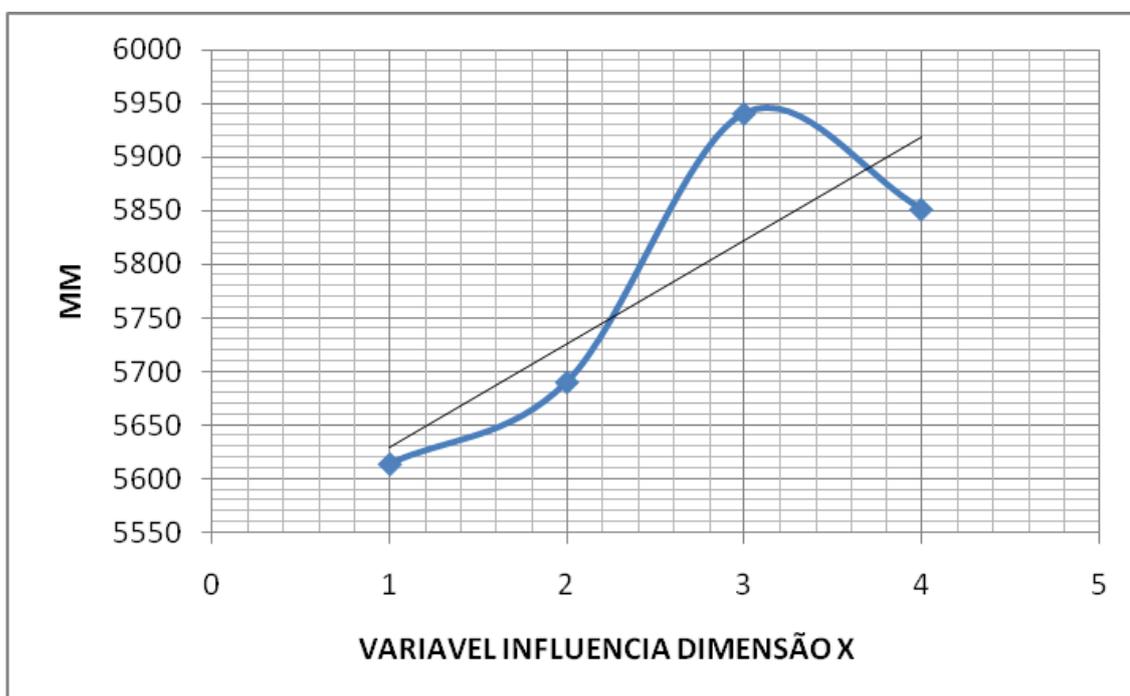


Gráfico 3: Comparação de resultado para dimensão região de dimensão x, em relação as medias das amostras de cada grupo.

Fonte: Autoria própria.

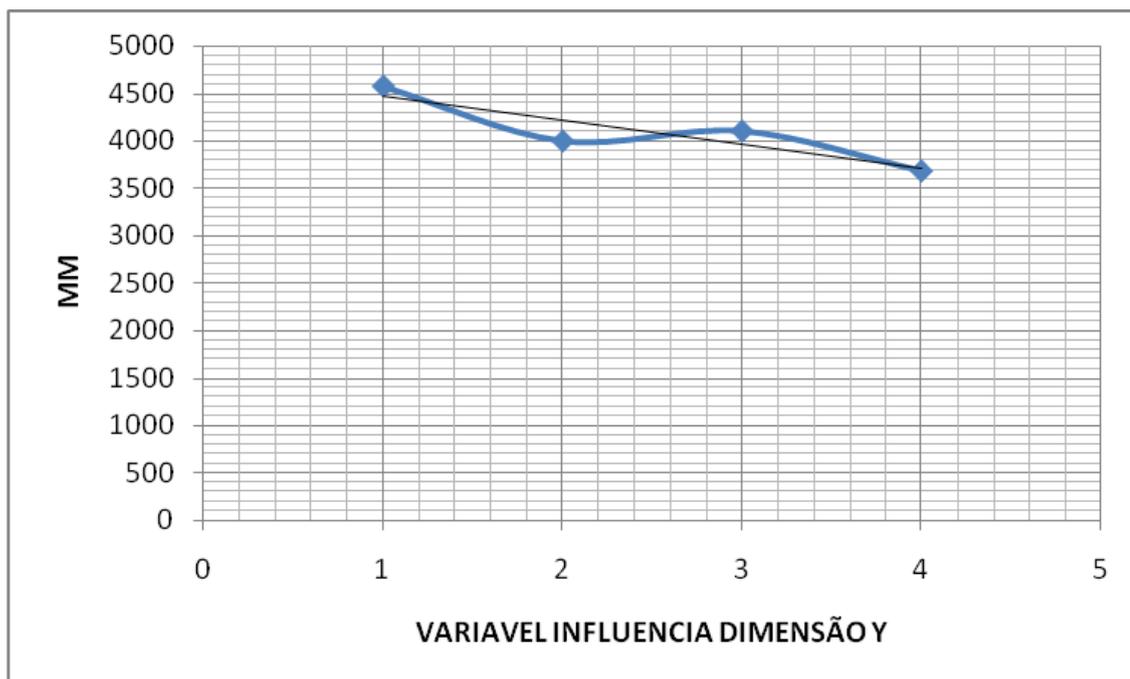


Gráfico 4: Comparação de resultado para dimensão região de dimensão y, em relação as medias das amostras de cada grupo.

Fonte: Autoria própria.

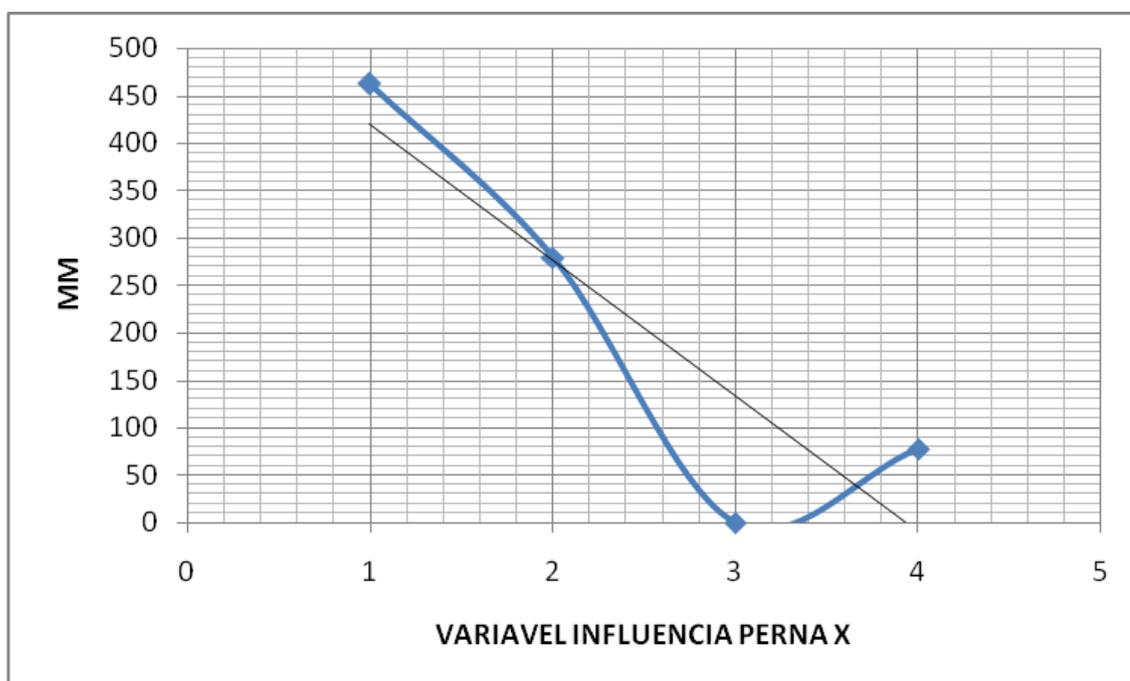


Gráfico 5: Comparação de resultado para dimensão região de perna x em relação as medias das amostras de cada grupo.

Fonte: Autoria própria.

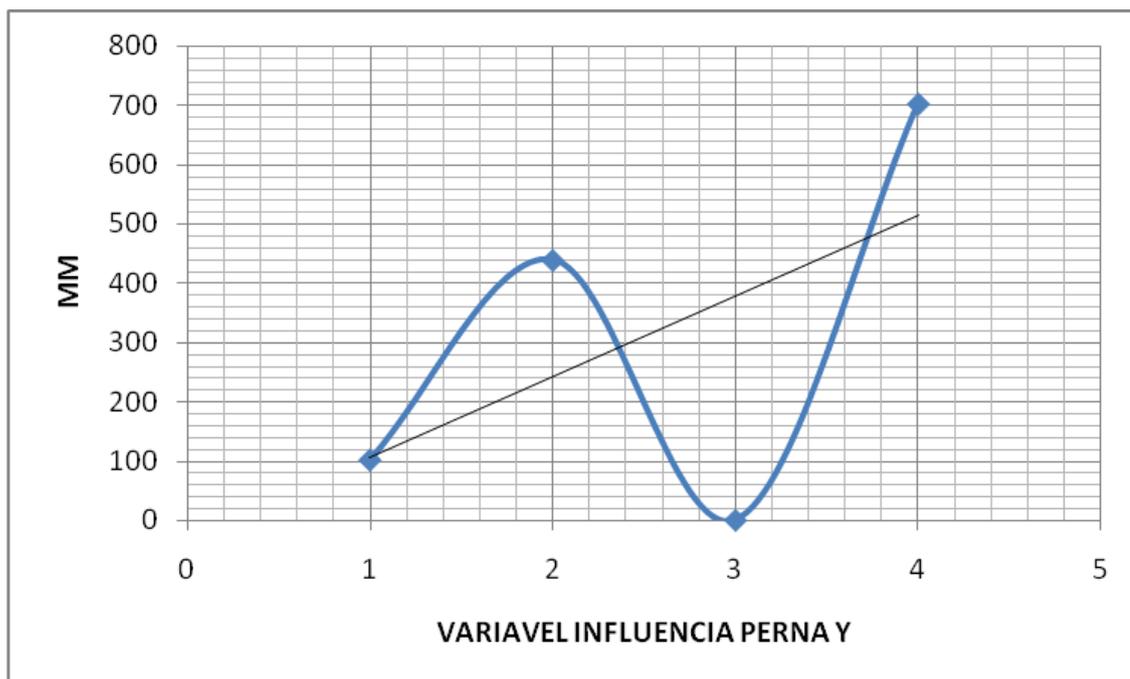


Gráfico 6: Comparação de resultado para dimensão região de perna y, em relação as medias das amostras de cada grupo.

Fonte: Autoria própria.

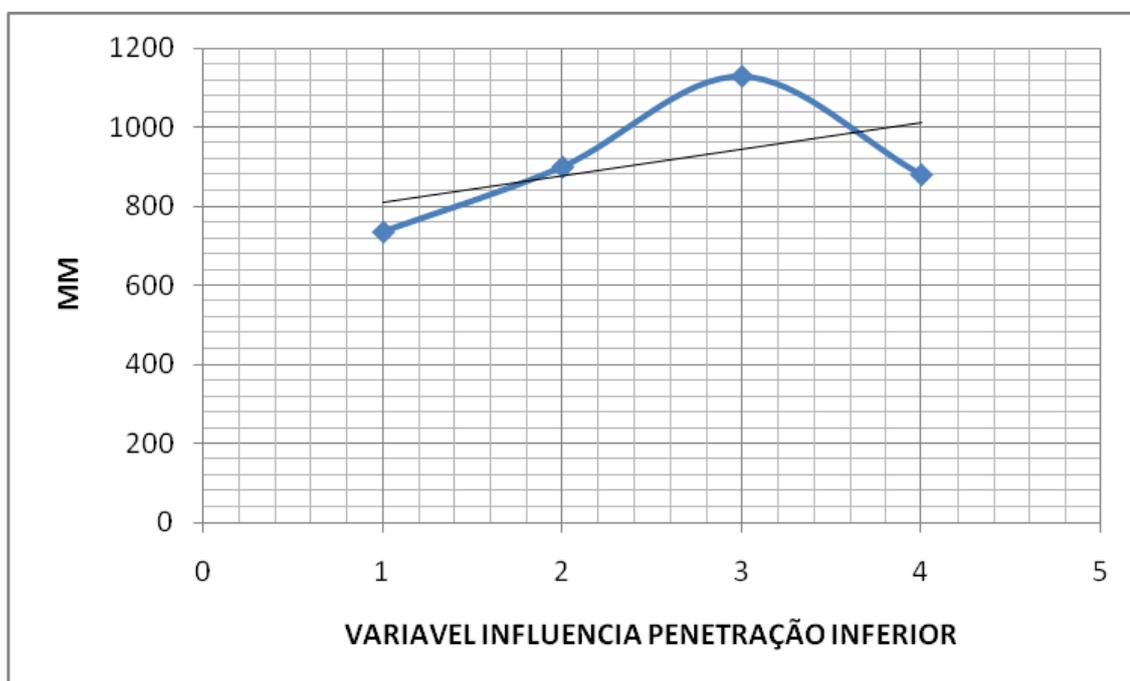
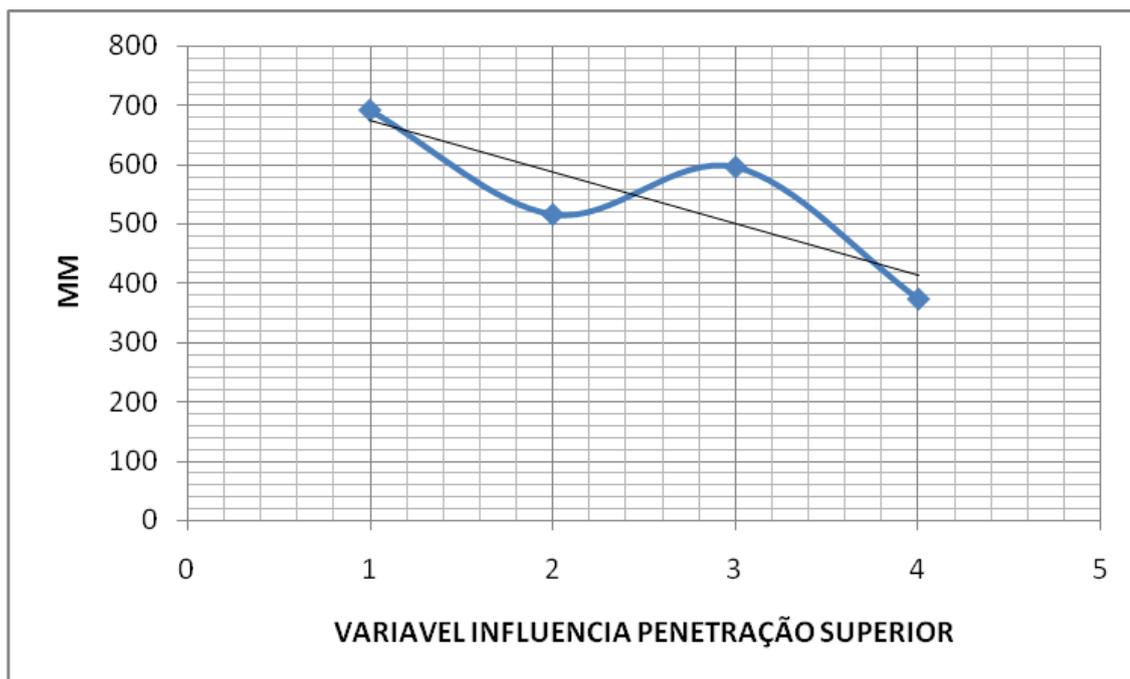


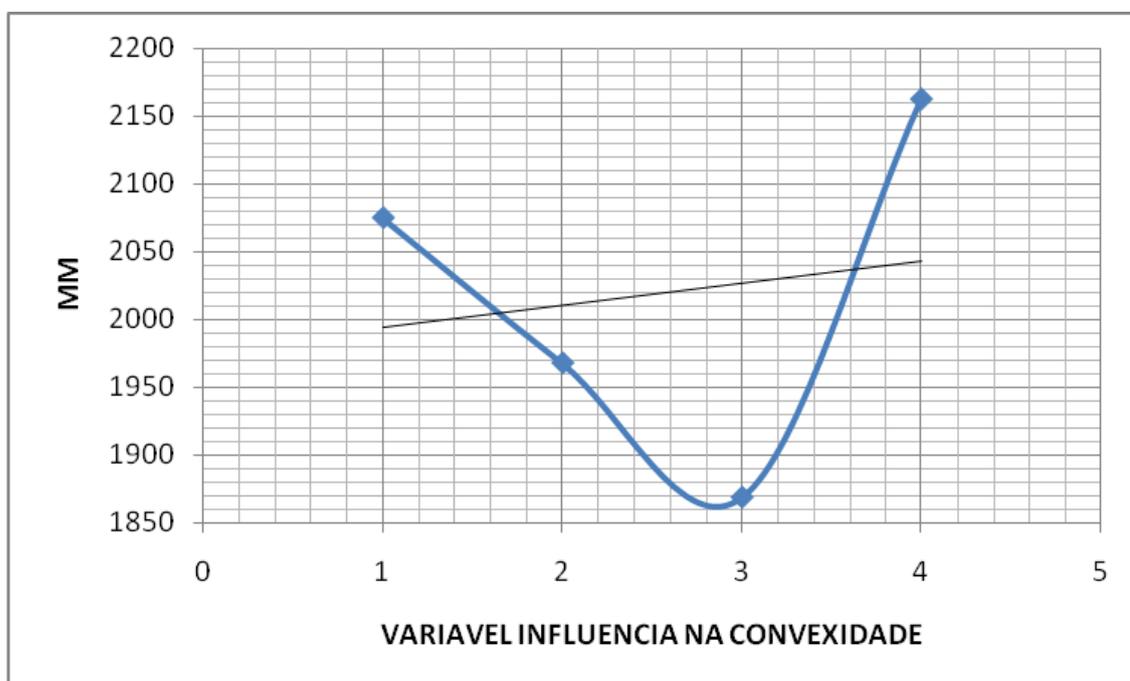
Gráfico 7: Comparação de resultado para dimensão região de penetração inferior, em relação as medias das amostras de cada grupo.

Fonte: Autoria própria.



**Gráfico 8: Comparação de resultado para dimensão região de penetração superior, em relação as medias das amostras de cada grupo.**

Fonte: Autoria própria.



**Gráfico 9: Comparação de resultado para dimensão região de convexidade em relação as medias das amostras de cada grupo.**

Fonte: Autoria própria.

## 5 CONCLUSÃO

Conclusão em relação à comparação do perfil do cordão das correntes de pico e base.

Na comparação dos resultados temos que para 360A/40A e 360A/60A, com o aumento da corrente de base obteve-se pela análise uma diminuição do perfil do cordão nas regiões de garganta teórica, efetiva, dimensão (y), sendo que para dimensão (x), perna(x), penetração superior e convexidade os resultados foram semelhantes entre si, sendo comprovado com a utilização de anova, para perna (y) e penetração inferior houve um aumento em relação a corrente mais baixa.

Na comparação dos resultados temos que para 420A/40A e 420 A/60A, com o aumento da corrente de base temos um aumento também nas regiões de garganta efetiva, teórica, dimensão (y), penetração superior, inferior, porém houve uma diminuição na convexidade e o não aparecimento de perna (x,y), sendo que para dimensão (x) não teve diferença nos resultados.

Na comparação dos resultados temos que para 360A/40A, e 420A/40A, com o aumento da corrente de pico temos uma diminuição nas regiões de garganta efetiva, teórica, dimensão (y), perna(x) e penetração superior. Para dimensão (x), perna (y), penetração inferior obteve-se aumento e para convexidade não existe diferenças nos resultados.

Na comparação dos resultados temos que para 360 A/60 A, e 420 A/60 A, com aumento da corrente de pico temos aumento nas regiões de garganta teórica, efetiva, penetração inferior, porém o não aparecimento de perna (x,Y) e semelhança dos resultados das dimensões (x,y), penetração superior e convexidade.

Na comparação dos resultados temos que para 360 A/40 A e 420 A/ 60 A, com o aumento da corrente de pico e base, temos diminuição de garganta teórica, dimensão (y), perna (x,y), penetração superior, e nas regiões de garganta efetiva e convexidade não obteve-se diferenças pelas análises.

Na comparação dos resultados temos que para 360 A/ 60 A e 420 A/ 40 A, com o aumento da corrente de pico e base, temos diminuição da garganta efetiva, dimensão (y), e aumento para concavidade, porém nas regiões garganta teórica dimensão (x), perna(x,y), penetração superior e inferior não houve diferenças nos resultados com análise.

#### Observações:

Para este trabalho foram utilizadas 93 amostras de solda no formato de junta em “T” ao todo, porém podemos utilizar 56 unidades, por vez os alunos obtiveram estas prontas não acompanharam, portanto o soldador e processo, coube portanto somente análise através de relatório e das peças.

Foram relacionadas 14 unidades para cada uma das 4 variáveis da regulagem da solda arame tubular com corrente pulsada (FCAW), todas estas foram lixadas, polidas e atacadas por Nital 4%, após foram registradas sua imagem através do microscópio e analisadas os 4 lados de cada corpo de prova através de software próprio do microscópio.

Em relação as regiões analisadas foram realizadas para cada peça 36 medições sendo 9 para o lado direito e esquerdo para cada lado da amostra sendo elas garganta teórica, garganta efetiva, dimensão x, dimensão y, penetração superior, perna em x, perna em y e penetração inferior, convexidade, concavidade.

Todas as medidas foram classificadas em relação a peças, e transferidas para o software Excel, que através da ferramenta anova foram comparadas as regiões entre as variáveis do processo corrente de base e de pico, para avaliar se as alterações dos parâmetros de regulagem interferem no perfil do cordão de solda.

Com os resultados obtidos procuraram-se normas para se averiguar, que as conclusões que se obteve, podem ser utilizadas para futuros trabalhos acadêmicos, após pesquisa localizamos a norma AWS D1.1/D1.1M:2010 e notou-se que o perfis alcançados como resultado da análise, podem ser utilizados como referência.

Ao total foram realizadas 2016 medições que colaboraram com as conclusões atingidas com a utilização da ferramenta do Excel (anova).

## REFERÊNCIAS

BRACARENSE, Alexandre Queiroz; MODENESI, Paulo José; MARQUES, Paulo Villani. **Soldagem** - fundamentos e tecnologia. Belo Horizonte: Editora UFMG, 2009.

BRAGA, M. E.; MOTTA, M.A.C.; FARIAS P. J. (1998), Uma Contribuição ao Estudo da Soldagem a Arame Tubular Autoprotégido em Corrente Pulsada. *In: Anais do XXIV, Encontro Nacional de Tecnologia da Soldagem, XI Congresso Latino-Americano e Ibero-Americano de Soldagem*, Fortaleza, vol. 1, ref 187, pp.645-655.

CANETI, E. E. (1992), Custos nos Processos de Soldagem. in: Wainer. Emílio Brandi; Sérgio D.&Mello, Fábio D.H. **Soldagem: Processos e Metalurgia**. São Paulo: Edgard Blucher. Cap.11, pp.449-61.

FORTES, Cleber. **Apostila Arames Tubulares**, ESAB (2004). Disponível em: [http://www.esab.com.br/br/pt/education/apostilas/upload/1901098rev1\\_apostilaaramestubulares\\_ok.pdf](http://www.esab.com.br/br/pt/education/apostilas/upload/1901098rev1_apostilaaramestubulares_ok.pdf). Acesso em: 03 jun. 2013.

GAREIS, B. – **A soldagem simples como ela é**. Universidade Federal da Paraíba. Associação Brasileira de Soldagem, Recife. Serviço Alemão de Cooperação Técnica e Social, v.9, p.183 – 214, 1994.

JOAQUIM, R. (2001), **Manual de Tecnologia de Fabricação e Soldagem – Módulo II Processo de Soldagem Arame Tubular**. Centro de Tecnologia de Soldagem, SP.

MACHADO, Ivan Guerra. **Soldagem e técnicas conexas: processos**. UFRGS. Porto Alegre: Editado pelo Autor, 1996.

MARQUES, Paulo Vilani; e MODENESI, Paulo J. **Soldagem** - introdução aos processos de soldagem. UFMG: Belo Horizonte, fevereiro de 2006.

MOTA, C.A.M. et al. (1998), **Efeito dos Parâmetros de Soldagem e do tipo de Arame sobre a Geometria da Solda a Arame Tubular Autoprotegido**. VCEM-NNE98, Fortaleza, CE, pp.390-396. ok

NARDI, Carlos De; KOBAYASHI, Yukio; ANASTÁCIO, Ana Caroliona Silva Amoroso. Rede neural artificial aplicada na otimização de parâmetros do processo de soldagem com arame tubular. In: II Jornada da Produção Científica da Educação Profissional e Tecnológica da Região Sul, 2008, Rio Grande do Sul. **Anais...** Rio Grande do Sul, Pelotas: CEFET-RS, 2008. 1 CD-ROM

OLIVEIRA, L.M. (2005), **Uma Investigação da Influência dos Parâmetros de Pulso em Soldagem com Eletrodo Tubular com Proteção Gasosa**. Dissertação de Mestrado, UNIFEI, Itajubá, Setembro, 103 p.

ROHDE, Regis Almir. **Metalografia**: preparação de amostras - uma abordagem pratica. Versão-3.0. 2010. Disponível em: <http://www.urisan.tche.br/~lemm/metalografia.pdf>. Acesso em: 28 jul. 2013.

SAITO, M.S. – **Análise da influência dos parâmetros de pulso sobre a geometria do cordão de solda e rendimento de deposição, obtidos pelo processo de soldagem com arame tubular utilizando arco pulsado**. Dissertação de Mestrado em Engenharia Industrial Mecânica – Faculdade de Engenharia, Universidade do Estado de São Paulo – Bauru, 146p., 2001.

SCHILICK, R. **Influência dos consumíveis no custo final da soldagem de estruturas metálicas**: situação presente. Soldagem & Materiais, v.3, n.4, p.20 – 24, 1991.

UTFPR. **Normas para elaboração de trabalhos acadêmicos**. Disponível em: <[http://www.utfpr.edu.br/documentos/normas\\_trabalhos\\_utfpr.pdf](http://www.utfpr.edu.br/documentos/normas_trabalhos_utfpr.pdf)>. Acesso em: 05 fev. 2013.