INFLUÊNCIAS DOS NÍVEIS DE RUGOSIDADE NOS RESULTADOS DE ANÁLISE QUÍMICA POR ESPECTROMETRIA DE EMISSÃO ÓPTICA

ARTIGO ORIGINAL

PEREIRA, Sérgio Rodrigo Araújo ¹

BRAGA, Eduardo de Magalhães ²

PEREIRA, Sérgio Rodrigo Araújo. BRAGA, Eduardo de Magalhães. **Influências dos níveis de rugosidade nos resultados de análise química por espectrometria de emissão óptica.** Revista Científica Multidisciplinar Núcleo do Conhecimento. Ano 05, Ed. 03, Vol. 09, pp. 102-121. Março de 2020. ISSN: 2448-0959, Link de acesso: <https://www.nucleodoconhecimento.com.br/engenharia-mecanica/niveis-de-rugosidade>

RESUMO

O presente estudo pretende averiguar as influências dos níveis de rugosidade, após análise química por espectrometria de emissão óptica, no intuito de verificar em qual etapa de lixamento a composição química do trilho de aço baixa liga (THH 370-JISE E1120), mais se aproximou do padrão original de fábrica. Mediu-se a rugosidade da superfície da amostra em vários níveis, (pós corte, #60, #120, #220 e polido) e posteriormente, foi realizada a análise química por espectrometria de emissão óptica. Os resultados mostraram que a etapa de lixamento com mesh 120#, apresentou os menores erros relativos de composição química e um dos parâmetros de rugosidade (R_a , R_q , R_z) mais homogêneos dentre as demais fases analisadas. A composição

¹ Acadêmico de Engenharia Mecânica (UFPA).

² Doutorado em Engenharia Mecânica. Mestrado em Engenharia Mecânica. Graduação em Engenharia Mecânica.

química do corpo de prova, após sucessivas etapas de lixamento e queimas por espectrômetro, oscilou de maneira distinta por elemento químico analisado.

Palavras-Chave: Rugosidade, espectrometria de emissão óptica, lixamento, aço de baixa liga, Parâmetros de Rugosidade.

1. INTRODUÇÃO

Durante o desenvolvimento de um projeto de engenharia, as propriedades dos materiais devem ser consideradas para determinar os esforços e as solicitações envolvidas. Como exemplo, no projeto de um eixo automotivo são verificadas todas as propriedades do aço de construção mecânica utilizado, bem como dos componentes que o acoplam. Com isso, torna-se fundamental que durante o processo de produção, sejam utilizados materiais que atendam as especificações determinadas em projeto. Para esse devido controle, procedimentos de ensaios mecânicos, físicos e químicos normatizados são realizados para o controle de qualidade ou verificação dos materiais (PAHL, 2005; ASHBY, 2011).

Nos aços a composição química possui elevada influência em suas propriedades físicas, mecânicas e químicas. Estas ligas possuem elementos base como o ferro (Fe) e carbono (C) (até 2,11%), além de outros elementos químicos que promovem diferentes propriedades aos aços. Como por exemplo, a adição de cromo (Cr) na liga aumenta a resistência mecânica, o endurecimento, a resistência ao desgaste abrasivo e à corrosão. Já a adição de tungstênio (W) aumenta a dureza e reduz a condutividade térmica da liga de aço. Como no exemplo descrito, ambos os elementos químicos modificam as propriedades dos aços, ou seja, a ausência dos elementos essenciais ou a presença em demasia podem afetar as propriedades requerida na projeção do produto ou componente (CHIAVERINI, 2008).

Para determinar a composição química dos aços, um dos métodos utilizados é a espectrometria de emissão óptica. O princípio de funcionamento desse método/equipamento é baseado na medição das três grandezas físicas básicas da luz

ou da onda eletromagnética: intensidade (ou amplitude), frequência e polarização (ângulo de vibração) (SERWAY, 2011).

2. PROCEDIMENTO EXPERIMENTAL

Com a finalidade de obter os resultados propostos neste estudo, foram realizados procedimentos experimentais. Os ensaios foram feitos no Laboratório de Caracterização de Materiais Metálicos (LCAM) da UFPA, os quais serão descritos detalhadamente os procedimentos, materiais e equipamentos utilizados.

Os trilhos usados para análise química são do modelo THH 370 (JISE 1120) de manufatura japonesa, cujo processo de fabricação é por meio da redução do minério de ferro em altos fornos para a produção do ferro gusa, posteriormente o material passa pela aciaria, laminação, tratamento térmico e alinhamento. A tabela 1 ilustra a composição química do trilho THH 370.

Tabela 1 - Composição química do trilho THH 370 (JISE 1120)

C	Si	Mn	P	S	Cr	Outros
0,79	0,17	0,99	0,030≤	0,020≤	0,16	V:0,03 máx

Fonte: (JFE, 2014).

Na tabela 1 identificam-se apenas os seis principais elementos constituintes da composição química do trilho THH 370, fornecida pelo fabricante, os quais serão base na análise proposta.

Para atingir diferentes níveis de rugosidade, o corpo de prova submeteu-se a um processo de lixamento com diferentes granulometrias de lixas, conforme ilustrado na tabela 2.

Tabela 2 - Identificação das diferentes preparações da superfície utilizadas no experimento.

Identificação	1	2	3	4	5
Granulometria	Pós corte	#60	#120	#220	Polido

Fonte: (Autor).

Após o processo de lixamento com politriz metalográfica (modelo Fortec II), o corpo de prova foi submetido à limpeza com álcool isopropílico. A limpeza foi realizada para impedir a presença de contaminantes na análise da composição química. Posteriormente, avaliou-se a rugosidade do corpo de prova.

Para a medição da rugosidade, utilizou-se um rugosímetro portátil Mitutoyo, modelo Surftr Sj 210, ajustado para medir 5 comprimentos de amostragem (λ_s) de 2,5 μm gerando um comprimento de avaliação (cut off) de 0,8 mm. As medições foram realizadas em 2 posições distintas, cumprindo à direção transversal (90°) dos sulcos do corpo de prova, sendo considerada a média dos valores obtidos para as análises dos resultados. Além do perfil, a avaliação da rugosidade do perfil do corpo de prova, fora realizada nos parâmetros R_a , R_q e R_z (WHITEHOUSE, 2003). As figuras 1 e 2 ilustram o corpo de prova e o aparelho rugosímetro respectivamente.

Figura 1 - Corpo de prova analisado

Fonte: (Autor).

RC: 47625

Disponível em: <https://www.nucleodoconhecimento.com.br/engenharia-mecanica/niveis-de-rugosidade>

Figura 2 – Rugosímetro portátil Mitutoyo Modelo Surft SJ 210

Fonte: (Autor).

Para o ensaio de composição química, foi usado o espectrômetro de emissão óptica, da fabricante Oxford, modelo Foundry Master Xpert. Salienta-se, que antes deste experimento, foram realizados os devidos procedimentos de acordo com as orientações do fabricante.

Inicialmente para evitar qualquer tipo de contaminação e imprecisão nos resultados, o instrumento foi purificado com gás argônio, comprimido sob pressão de 3,0 bar, 24 horas antes do início das análises, com auxílio de uma bomba a vácuo.

Figura 3 - Bomba a vácuo utilizada na purificação do espectrômetro

Fonte: (Autor).

O suporte de eletrodos, bem como o eletrodo usado para o centelhamento (neste caso, eletrodo de Fe), foram limpos com uma escova. Logo após, o mesmo foi instalado no suporte, com o auxílio de uma chave Allen. O espaçamento entre a ponta do eletrodo e a superfície da amostra foi ajustado para 3,2 mm usando-se um espaçador, conforme orientações do manual do fabricante.

Para o tratamento dos dados, um computador foi ligado e o software Waslab, devidamente acionado. O programa analítico selecionado foi o Fe_100, ideal para análise de aços baixa liga. A amostra foi colocada no suporte de faísca com o lado a ser analisado para baixo.

Figura 4 – Espectrômetro de Emissão Óptica

Fonte: (Autor).

Para cada preparação superficial (amostras 1 a 5), o número de queimas no espectrômetro foi repetido 10 vezes, possibilitando a comparação das amostras por análise de variância utilizando um intervalo de confiança de 99,7%.

Por isso, cada ensaio consistia a realização da preparação da superfície do corpo de prova (padrão de calibração), dos procedimentos de lixamento, da medição de rugosidade e do ensaio de composição química. Para cada nova preparação, repetiu-se os devidos procedimentos.

3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

3.1 ANÁLISE DA RUGOSIDADE

3.1.1 RUGOSIDADE – ETAPA 1

De acordo com as superfícies geradas e com as etapas pré-definidas, estão dispostas as análises de rugosidade, sendo estas, medidas em dois sentidos: um longitudinal e outro no sentido transversal.

Abaixo estão listadas as médias das rugosidades encontradas no corpo de prova após os sucessivos lixamentos. Na tabela 3, pode-se observar a média das rugosidades, nos sentidos longitudinal e transversal no corpo de prova após corte. É necessário enfatizar que o corte no corpo de prova foi feito por eletroerosão.

Tabela 3 - Medida de rugosidade longitudinal e transversal (pós-corte)

Parâmetro	Longitudinal	Transversal
Ra	3,087µm	4,070 µm
Rq	3,702 µm	4,990 µm
Rz	14,746 µm	21,584 µm

Fonte: (Autor).

Como podemos observar, neste primeiro resultado, os valores Ra e Rq, encontram – se bastante aproximados, enquanto há uma grande discrepância em relação ao valor obtido em Rz, tanto na longitudinal como na transversal, o que é normal em função de Rz ser um parâmetro que indica a altura dos pontos máximos e mínimos do perfil,

sendo que, a diferença entre os valores na transversal está notoriamente mais acentuada. Isso se deve a forma de lixamento, neste caso, predominou o sentido transversal.

3.1.2 RUGOSIDADE – ETAPA 2

Posteriormente, a superfície do corpo de prova foi submetida a sua primeira etapa de lixamento com mesh #60, obtendo os valores descritos na tabela 5. Verifica-se uma brusca diminuição nos valores de rugosidade em relação à etapa anterior em ambos os sentidos da medição, todavia, há certa diferença favorável ao sentido transversal.

Tabela 4 - Medidas de Rugosidade Longitudinal e Transversal (#60)

Parâmetro	Longitudinal	Transversal
Ra	0,551 μm	1,291 μm
Rq	0,756 μm	1,705 μm
Rz	3,984 μm	9,709 μm

Fonte: (Autor).

3.1.3 RUGOSIDADE – ETAPA 3

A próxima etapa de lixamento da superfície do corpo de prova, foi realizada com lixa mesh #120, obedecendo os mesmos parâmetros do lixamento anterior. A medição de rugosidade dos sentidos longitudinal e transversal atingiu valores homogêneos. Obteve-se os seguintes valores apresentados na tabela 5.

Tabela 5 - Medidas de Rugosidade Longitudinal e Transversal (#120)

Parâmetro	Longitudinal	Transversal
Ra	0,807 μm	0,901 μm
Rq	1,060 μm	1,184 μm
Rz	5,687 μm	7,708 μm

Fonte: (Autor).

3.1.4 RUGOSIDADE – ETAPA 4

Nesta fase, a superfície do corpo de prova foi lixada com lixa mesh # 220, o qual observa-se, que os valores de rugosidade no sentido longitudinal se tornaram maiores que no sentido transversal pela primeira vez neste experimento, gerando os seguintes valores anexados na tabela 6.

Tabela 6 - Medidas de Rugosidade Longitudinal e Transversal (#220)

Parâmetro	Longitudinal	Transversal
Ra	0,248 μm	0,139 μm
Rq	0,332 μm	0,180 μm
Rz	1,619 μm	0,990 μm

Fonte: (Autor).

3.1.5 RUGOSIDADE – ETAPA 5

Nesta última etapa, o corpo de prova foi submetido ao processo de polimento sendo lixado com diferentes tipos de lixa (#40, #60, #120, #220, #600), e devidamente limpo para retirada de quaisquer resquícios metálicos. Obteve-se resultados de rugosidade, homogêneos em ambos os sentidos, sendo que, no sentido longitudinal os valores prevaleceram discretamente maiores. As medidas estão em apenso na tabela 7.

Tabela 7 - Medidas de Rugosidade Longitudinal e Transversal (Sup. Polida).

Parâmetro	Longitudinal	Transversal
Ra	0,036 μm	0,031 μm
Rq	0,049 μm	0,040 μm
Rz	0,337 μm	0,261 μm

Fonte: (Autor).

3.2 ANÁLISE QUÍMICA POR (EEO)

Posterior à fase de lixamento e medição de rugosidade, foi realizada à análise química por espectrometria de emissão óptica do corpo de prova. Para cada granulometria de lixa aplicada a superfície da peça de trabalho, mediu-se sua composição química, e com os dados obtidos, foi realizado análise de erro relativo para verificar qual nível de rugosidade mais se aproximou da composição química padrão do trilha em questão. A tabela 8, ilustra os valores obtidos, em todas as etapas de lixamento e seu desvio padrão absoluto, respectivamente.

Tabela 8 - Composição química da superfície do corpo de prova e desvio padrão.

Mesh#	C		Si		Mn		P		S		Cr	
Polido	0,858	±	0,250	±	1,19		0,0100	±	0,001	±	0,186	±
	0,015		0,0108		± 0,009		0,0008		0,0011		0,0020	
220	0,841	±	0,260±		1,17	±	0,0105	±	0,001	±	0,186	±
	0,017		0,0115		0,015		0,0002		0,0010		0,0027	
120	0,821	±	0,243±		1,20	±	0,0131	±	0,002	±	0,190	±
	0,013		0,0076		0,017		0,0001		0,0012		0,0026	
60	0,841	±	0,255±		1,19	±	0,0117	±	0,001	±	0,187	±
	0,024		0,0114		0,012		0,0001		0,0013		0,0017	
Pós corte	0,916	±	0,247		1,20	±	0,0106	±	0,001	±	0,190	±
	0,048		± 0,0130		0,001		0,0001		0,0000		0,0022	

Fonte: (Autor).

3.3 ERRO RELATIVO DOS ELEMENTOS QUÍMICOS

De acordo com os dados descritos, o S teve a maior taxa de erro relativo, indicando que os seus valores estão relativamente menos próximos ao valor da norma, e, por sua vez, o Cr alcançou taxas de erro entre 0,1 e 1,5%. A tabela 9 descreve os valores percentuais de erro relativo, conforme podemos observar.

Tabela 9 - Erro relativo por elemento químico em (%).

	C	Si	Mn	P	S	Cr
Pós corte	16	45	22	64	95	0,1
# 60	6,4	53	20	61	93,5	1,5
# 120	3,9	41	21	56	90	0,1
# 220	6,4	53	18	50	95	0,4
Polido	47	47	20	66	94,5	0,4

Fonte: (Autor).

Nota– se, que nas etapas de lixamento #120 e #220, há maior homogeneidade nos resultados, ilustrando as duas menores séries de taxas de erro relativo em relação aos demais estágios de lixamento.

4. CONCLUSÃO

Com base nos dados obtidos, observou – se que os valores encontrados nos parâmetros Ra, Rq e Rz no mesh 120#, tiveram um dos comportamentos mais homogêneos dentre os demais, e com menor taxa de erro relativo de composição química do trilho de aço baixa liga. O parâmetro Rz, foi o que proporcionou maiores valores, o que já era esperado, em função do mesmo ser a média entre os pontos mínimos e máximos de rugosidade da linha média, enquanto os parâmetros Ra e Rq, tiveram comportamento homogêneo, com tímida oscilação no decorrer das etapas. A partir do lixamento com mesh 220# os valores de rugosidade no sentido longitudinal se tornaram maiores que no sentido transversal, todavia, todos os parâmetros após esta etapa apresentaram valores de rugosidade bastante aproximados.

O lixamento com mesh 120# apresentou menor erro relativo em 4/6 dos elementos analisados, sendo estes: C, Si, S e Cr. É importante ressaltar que nos elementos químicos P e Mn, seu erro relativo foi o segundo menor.

Nas etapas onde os parâmetros de rugosidade apresentaram maior homogeneidade, tanto no sentido transversal como no sentido longitudinal, as taxas de erro relativo foram as menores.

Portanto, o lixamento com mesh 120#, mostrou-se uma solução rápida e barata de tratamento superficial, haja vista, baseado nos dados adquiridos, que sua ação em aço de baixa liga, se aproximou, em termos de composição química, aos níveis estabelecidos pelo fabricante do trilho THH 370 (JISE E1120).

REFERÊNCIAS

ASHBY, Michael F. **Materials selection in mechanical design**. 4th ed. Amsterdam: Elsevier, 2011. 646 p. 17

CHIAVERINI, Vicente. **Aços e ferros fundidos**: características gerais, tratamentos térmicos, principais tipos. 7. ed. ampl. e rev. São Paulo: Associação Brasileira de Metalurgia e Materiais, 2008. 599 p.

JFE-STEELCO, 2014. <http://www.jfe-steel.co.jp/en/release/2014.html>. Acessado em: 17/02/2019.

PAHL, Gerhard. **Projeto na engenharia: fundamentos do desenvolvimento eficaz de produtos, métodos e aplicações**. São Paulo: Edgard Blücher, 2005. 412 p.

SERWAY, Raymond A; JEWETT Jr, John W. **Física para cientistas e engenheiros**: eletricidade e magnetismo. São Paulo: Cengage Learning, 2011.

WHITEHOUSE, D. J. **Handbook of surface and nanometrology**. 1 ed. ed. Bristol: IPP Publisher, 2003. 1128 p.

ANEXOS

ANEXO I – Certificado de Calibração do Espectrômetro

<p>A UFPA Av. Augusto Correa, 1 66075-110 – Belém – PA Depto Eng. Mecânica</p>	ZAF ZAF Sistemas Analíticos Ltda Rua Pedro Nacarato, 119 – São Paulo – SP – Brasil Tel: +55 11 5641-0220/ fax 5641-8457 Email: zaf@zafanalitica.com.br www.zafanalitica.com.br
<h3>CERTIFICADO DE CALIBRAÇÃO</h3> <p>Nº: 52P0061/1802.1</p>	
<p>Instrumento: Marca: Modelo: Número de série: Aplicação: Tensão de trabalho: Detector(es): Data da calibração: Validade da calibração:</p>	<p>Espectrômetro de Emissão Óptica Oxford Instruments – IAG. Foundry Master Xpert 52P0061 Ligas de Al, Co, Cu, Fe, Ni e Ti 220V CCD (16x) Fevereiro de 2018 12 meses, observado o procedimento de uso correto</p>
<p>SEGURANÇA E PROTEÇÃO ELÉTRICA: Chave de tensão do eletrodo: Bomba de vácuo na câmara ótica Aterramento do chassi: Estrutura física de blindagem: Sensor de trava de amostra:</p>	<p>Luz de identificação ativa Funcionamento adequado Corretamente instalado Permanece inalterada Funcionamento adequado</p>
<p>ESPECIFICAÇÕES TÉCNICAS: PROCEDIMENTO Vácuo (<0.1000 mBAR): Qualidade do gás Argônio: Pressão do gás Argônio (3 a 4 kgf): Caminho ótico:</p>	<p>Oxford Instruments - OESPMCLST Estabilidade de resultados após 4hrs Análítico 5.0 3.5 kgf Lentes e janelas em condições normais de uso</p>
<p>AMOSTRAS SUS (Set Up Samples) Coeficientes de calibração (0.5 a 3.0): SUS utilizadas:</p>	<p>Todos dentro da faixa RE 12/148, RG 14/320, RH 18/41, RN 19/40, RH 34/3</p>
<p>CONCLUSÃO</p> <p>O equipamento está em plena capacidade de funcionamento, dentro dos parâmetros exigidos pelo fabricante.</p>	
<div style="display: flex; align-items: center;"><div style="text-align: center;"> <small>Certificate No FM 29473</small></div><div style="margin-left: 20px;"> Eng. Alejandro Paz ZAF Sistemas Analíticos Ltda. OXFORD Instruments Factory Trained</div><div style="margin-left: 20px;"> <small>The Business of Science®</small></div></div>

ANEXO II – Certificado de Análise de Rugosidade (Pós corte – longitudinal)

Mitutoyo

23- Jan -2019

CERTIFICATE OF INSPECTION

Teste rugosidade	CP 01	Operador	Tárcio
Measuring Tool	SurfTest	Comment	Ver2.00
Standard	ISO 1997	N	5
Profile	R	Cut-Off	0.8mm
λ_s	2.5µm	Filter	GAUSS
Ra	3.087 µm		
Rq	3.702 µm		
Rz	14.746 µm		

Copyright (C) 2013 Mitutoyo Corporation

RC: 47625

Disponível em: <https://www.nucleodoconhecimento.com.br/engenharia-mecanica/niveis-de-rugosidade>

ANEXO III - Certificado de Análise de Rugosidade (Pós corte – transversal)

Mitutoyo

23- Jan -2019

CERTIFICATE OF INSPECTION

Teste rugosidade	CP 01	Operador	Tárcio
Measuring Tool	SurfTest	Comment	Ver2.00
Standard	ISO 1997	N	5
Profile	R	Cut-Off	0.8mm
λs	2.5μm	Filter	GAUSS
Ra	4.070 μm		
Rq	4.990 μm		
Rz	21.584 μm		

Copyright (C) 2013 Mitutoyo Corporation

RC: 47625

Disponível em: <https://www.nucleodoconhecimento.com.br/engenharia-mecanica/niveis-de-rugosidade>

ANEXO IV – Certificado de Análise de Rugosidade (Mesh 60# - longitudinal)

25- Jan -2019

CERTIFICATE OF INSPECTION

[illegible]

Copyright (C) 2013 Mitutoyo Corporation

RC: 47625

Disponível em: <https://www.nucleodoconhecimento.com.br/engenharia-mecanica/niveis-de-rugosidade>

ANEXO V – Certificado de Análise de Rugosidade (Mesh 60# - transversal)

Mitutoyo

25- Jan -2019

CERTIFICATE OF INSPECTION

Teste rugosidade	CP 01	Operador	Tárcio
Measuring Tool	SurfTest	Comment	Ver2.00
Standard	ISO 1997	N	5
Profile	R	Cut-Off	0.8mm
λ_s	2.5 μ m	Filter	GAUSS
Ra	1.380 μ m		
Rq	1.740 μ m		
Rz	9.626 μ m		

Copyright (C) 2013 Mitutoyo Corporation

RC: 47625

Disponível em: <https://www.nucleodoconhecimento.com.br/engenharia-mecanica/niveis-de-rugosidade>

ANEXO VI – Certificado de Análise de Rugosidade (Mesh 120# - longitudinal)

Mitutoyo

25- Jan -2019

CERTIFICATE OF INSPECTION

Teste rugosidade	CP 01	Operador	Tárcio
Measuring Tool	SurfTest	Comment	Ver2.00
Standard	ISO 1997	N	5
Profile	R	Cut-Off	0.8mm
λs	2.5μm	Filter	GAUSS
Ra	0.807 μm		
Rq	1.060 μm		
Rz	5.687 μm		

Copyright (C) 2013 Mitutoyo Corporation

RC: 47625

Disponível em: <https://www.nucleodoconhecimento.com.br/engenharia-mecanica/niveis-de-rugosidade>

ANEXO VII – Certificado de Análise de Rugosidade (Mesh 120# - transversal)

Mitutoyo

25- Jan -2019

CERTIFICATE OF INSPECTION

Teste rugosidade	CP 01	Operador	Tárcio
Measuring Tool	SurfTest	Comment	Ver2.00
Standard	ISO 1997	N	5
Profile	R	Cut-Off	0.8mm
λs	2.5μm	Filter	GAUSS
Ra	0.901 μm		
Rq	1.184 μm		
Rz	7.708 μm		

Copyright (C) 2013 Mitutoyo Corporation

RC: 47625

Disponível em: <https://www.nucleodoconhecimento.com.br/engenharia-mecanica/niveis-de-rugosidade>

ANEXO VIII – Certificado de Análise de Rugosidade (Mesh 220# -longitudinal)

Mitutoyo

25- Jan -2019

CERTIFICATE OF INSPECTION

Teste rugosidade	CP 01	Operador	Tárcio
Measuring Tool	SurfTest	Comment	Ver2.00
Standard	ISO 1997	N	5
Profile	R	Cut-Off	0.8mm
λs	2.5μm	Filter	GAUSS
Ra	0.248 μm		
Rq	0.332 μm		
Rz	1.619 μm		

Copyright (C) 2013 Mitutoyo Corporation

RC: 47625

Disponível em: <https://www.nucleodoconhecimento.com.br/engenharia-mecanica/niveis-de-rugosidade>

ANEXO IX – Certificado de Análise de Rugosidade (Mesh 220# - transversal)

Mitutoyo

25- Jan -2019

CERTIFICATE OF INSPECTION

Teste rugosidade	CP 01	Operador	Tárcio
Measuring Tool	SurfTest	Comment	Ver2.00
Standard	ISO 1997	N	5
Profile	R	Cut-Off	0.8mm
λs	2.5µm	Filter	GAUSS
Ra	0.139 µm		
Rq	0.180 µm		
Rz	0.990 µm		

Copyright (C) 2013 Mitutoyo Corporation

RC: 47625

Disponível em: <https://www.nucleodoconhecimento.com.br/engenharia-mecanica/niveis-de-rugosidade>

ANEXO X – Certificado de Análise de Rugosidade (polido- longitudinal)

Mitutoyo

25- Jan -2019

CERTIFICATE OF INSPECTION

Teste rugosidade	CP 01	Operador	Tárcio
Measuring Tool	SurfTest	Comment	Ver2.00
Standard	ISO 1997	N	5
Profile	R	Cut-Off	0.8mm
λs	2.5µm	Filter	GAUSS
Ra	0.036 µm		
Rq	0.049 µm		
Rz	0.337 µm		

Copyright (C) 2013 Mitutoyo Corporation

RC: 47625

Disponível em: <https://www.nucleodoconhecimento.com.br/engenharia-mecanica/niveis-de-rugosidade>

ANEXO XI – Certificado de Análise de Rugosidade (polido- transversal)

25- Jan -2019

CERTIFICATE OF INSPECTION

[illegible]

Copyright (C) 2013 Mitutoyo Corporation

RC: 47625

Disponível em: <https://www.nucleodoconhecimento.com.br/engenharia-mecanica/niveis-de-rugosidade>

MULTIDISCIPLINARY SCIENTIFIC JOURNAL

**NÚCLEO DO
CONHECIMENTO**

REVISTA CIENTÍFICA MULTIDISCIPLINAR NÚCLEO DO
CONHECIMENTO ISSN: 2448-0959

<https://www.nucleodoconhecimento.com.br>

Enviado: Outubro, 2019.

Aprovado: Março, 2020.

RC: 47625

Disponível em: <https://www.nucleodoconhecimento.com.br/engenharia-mecanica/niveis-de-rugosidade>