

ANÁLISE DO COMPORTAMENTO SUPERFICIAL NA MANUFATURA CNC DE MATERIAL LAMINADO EM PLACAS DE RENSHAPÉ 440

Walkiria Kohmoto Nishimurota (IC) e Prof. Dr. Marco Stipkovic Filho (Orientador)

Apoio: PIVIC Mackenzie

RESUMO

Neste artigo propomos a análise do comportamento superficial na manufatura CNC do Renshape 440. Uma resina de poliuretano com propriedades mecânicas favoráveis para a obtenção de modelagens rápidas, com acabamentos excelentes. Esse material, ainda não muito utilizado, possui escassez de material científico a respeito do modo no qual ele pode ser trabalhado a partir da manufatura em CNC. Apresentado este problema, se viu necessário o estudo aprofundado do comportamento superficial, quando utilizados em máquinas CNC. Devido a isto, esse artigo surgiu com a proposta de auxiliar na utilização do Renshape 440, para obtenção de escolhas apropriadas de parâmetros de cortes, nos quais fossem possíveis entender o comportamento de cada passe sobre o acabamento final do material. O estudo mostrará parâmetros de corte na usinagem, que possibilitará ao usuário do material, a obter resultados bons, sem a necessidade prévia de fazer tentativas de ajustes das máquinas. Com isso haverá ganho de tempo para qualquer tipo de projeto. O estudo obteve resultados satisfatórios devido ao uso do ensaio de rugosidade, que foi um grande indicativo para a análise comportamental das superfícies dos corpos-de-prova, e então permitindo a conclusão e triagem dos melhores parâmetros de corte, que serão mostrados em forma de tabela, para a maior compreensão dos leitores.

Palavras-chave: Renshape 440; Parâmetros de corte; Manufatura CNC; Comportamento Superficial.

ABSTRACT

In this article we propose the study of the superficial behavior in the CNC manufacture of Renshape 440. A polyurethane resin with favorable mechanical properties to obtain fast modeling with excellent finishes. This material, still not widely used, has a scarcity of scientific material about the way in which it can be worked from CNC manufacture. Given this problem, it was necessary to study in depth the superficial behavior, when used in CNC machines. Due to this, this article came up with the proposal to assist in the use of Renshape 440, to obtain appropriate choices of cutting parameters, in which it was possible to understand the behavior of each pass on the final finish of the material. The study will show cutting parameters in the machining, which will enable the user of the material to obtain good results, without having the prior need to make attempts to adjust the machines. With this there will be time gain for any type of project. The study obtained satisfactory results due to the use of the roughness test, which was a great indicator for the behavioral analysis of the surfaces of the specimens, and then allowing the conclusion and triage of the best cutting parameters, which will be shown in the form of table, for the greater understanding of the readers.

Key-words : Renshape 440; Cutting Parameters; Manufacturing CNC; Surface Behavior.

1. INTRODUÇÃO

Existe uma busca incessante por desenvolvimento de novos recursos e modernizações de processamentos para estar no mercado competitivo. Com isso, a procura por parametrizações e diminuições de custos e tempo é praticamente inevitável para um projetista.

O Renshape 440 também conhecido como Cibatool, foi desenvolvido para suprir a busca por um material que poderia ser o substituto da madeira, para desenvolvimento de modelos em projetos [8]. Porém, o material ainda não se popularizou para que se torna-se um material com confiabilidade, para ser uma escolha primordial, quando se trabalha com criações de modelos [3].

Partindo do princípio de que existe a escassez de documentos de estudos relacionados ao material Renshape 440, se fez necessário a iniciativa de investigar os resultados estimados dos acabamentos superficiais dessa resina de poliuretano, quando utilizados em processos de manufatura CNC.

O estudo será realizado a partir de análises técnicas e visuais afim de compartilhar conhecimento sobre o manuseio do Renshape 440 na manufatura CNC para obter resultados bons de acabamentos superficiais, em função de parâmetros de rotação, avanço e profundidade.

Uma das principais dificuldades que poderá ser encontrada, será a falta de parâmetros já estudados em bibliografias relacionadas para comparação, tornando-se necessário a criação de novos métodos comparativos, a partir dos dados coletados.

2. DESENVOLVIMENTO ARGUMENTATIVO

Visando a inovação de fontes alternativas de materiais na área de projetos [3], o composto que possui partículas de alumínio misturadas de forma aleatória em um matriz epóxi, denominada e comercializada como Renshape 440 em formas de placas, vem ganhando espaço na cultura industrial de processamentos e desenvolvimentos de projetos.[2]

Visto que não há informações necessárias publicadas sobre o assunto, tornando-se então, a investigação e o estudo específico do mesmo, uma questão primordial.

O desenvolvimento deste artigo veio para suprir a carência de dados, com relação a análise comportamental em função de análises técnicas, correlacionadas aos ensaios de rugosidade, supostamente criado para a verificação da rugosidade, sobre uma superfície.[5]

Lembrando que, o objetivo deste trabalho, é realizar a análise do comportamento superficial do material, quando manufaturados em máquinas CNC.[1]

Muitos artigos relacionados ao Renshape 440, indicam somente os estudos químicos e físicos aprofundado do material.

O relato dos resultados de acabamento superficiais do material, em manufatura CNC, e as informações serão de grande influência para projetistas utilizarem o material para reversão de problemas ambientais enfrentados na área.[7]

Supostamente quando manuseado, se espera obter resultados de acabamentos superficiais melhores do que, os resultados de acabamentos superficiais encontrados, quando manufaturados em madeira.

Sendo assim, um grande indicativo para projetistas utilizarem o Renshape 440 ao invés de madeira, pois hoje ela se encontra em muito lugares, como preservadas ambientalmente.

2.2 METODOLOGIA

O desenvolvimento do trabalho utilizou-se de recursos existentes dentro dos laboratórios de usinagem da Universidade Presbiteriana Mackenzie, como por exemplo as máquinas CNC e os equipamentos de ensaio de rugosidade. Não sendo necessário a busca por outros recursos. Com isto, foi possível a iniciação do processo, com mais agilidade.

As amostras a serem utilizadas como corpos-de-prova foram confeccionadas inicialmente, a partir de placas de Renshape 440 e usinadas em formato de blanks cilíndricos simples.

As máquinas CNC utilizadas foram, o torno mecânico Centur 30D e o centro de usinagem Romi D600 [4]. Será feito a formatação dos corpos-de-prova do projeto, utilizando parâmetros de rotação, avanço e profundidade com programações em código G nas máquinas CNC [4], analisando as condições físicas do material, que poderão ser vistas na tabela 2.2.1.

Para análise numérica do comportamento superficial dos corpos-de-prova após serem usinadas, será utilizado métodos de ensaio de rugosidade, com o medidor de rugosidade Mitutoyo SJ-210. Nessa seção será feito um comparativo de parâmetros para análise dos melhores resultados superficiais do material.

Material	Cor	Densidade	Tensão última a tração	Módulo de Elasticidade
Renshape 440@	Marrom avermelhado	0,55 g/cm ³	1300 psi	105000 psi

Tabela 2.2.1: Propriedades Físicas e Mecânicas da Resina [2]

2.3. FORMATAÇÃO DAS PEÇAS

A placa de “Renshape 440” tem medidas de fabricação de (2’x20’x60’) mm. A confecção dos blanks cilíndricos simples deverão ter medidas equivalentes a (Ø46,5 X 62,5) mm. Para a formatação dos corpos-de-prova do projeto, será manufaturado em CNC utilizando medidas de Ø40 x 42 x 62,5, com uma rosca M12X15 em uma das faces para fixação. Na figura 2.3.1 podemos observar o projeto em CAD do corpo-de-prova.

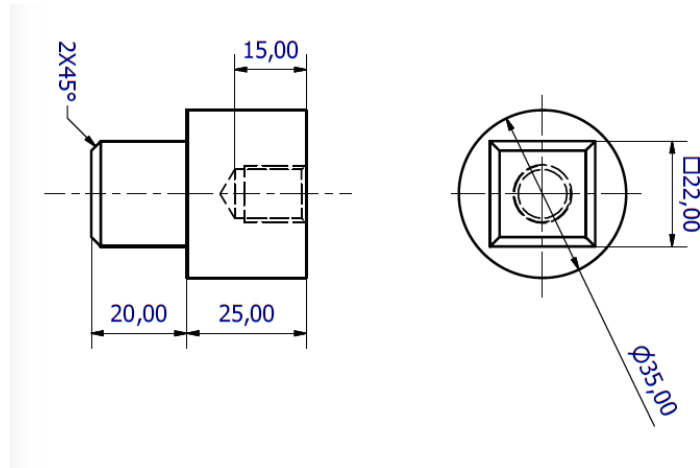


Figura 2.3.1: Projeto em CAD do corpo-de-prova

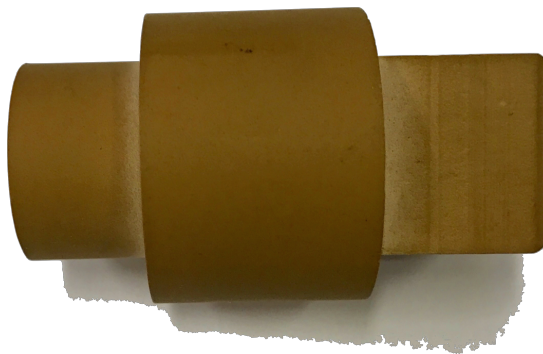


Figura 2.3.2: Corpo-de-Prova

2.4. PROGRAMAÇÃO DO TORNO E DA FRESADORA CNC

Foi gerado uma programação em código G padrão para o Torno ROMI Centur 30D, que poderá ser vista juntamente a figura 2.4.1 e também para fresadora ROMI D600 uma programação em G, localizada ao lado figura 2.4.3, onde as variações se encontram nos parâmetros de rotação, avanço e profundidade.

Os programas fornecidos facilitam a utilização das máquinas CNC para a manufatura das peças em Renshape 440. A seguir analisaremos essas programações para maior compreensão [1].

- **TORNO**

```
G291  
G21 g40 g90 g95  
G54 g00 x100 z100  
T0301  
G97 “rpm variado” m03  
G00 x40 z2  
G01 z-30 f0.3  
G00 x41  
G00 z2  
G00 X36
```



Figura 2.4.1: Programação e Torno CNC

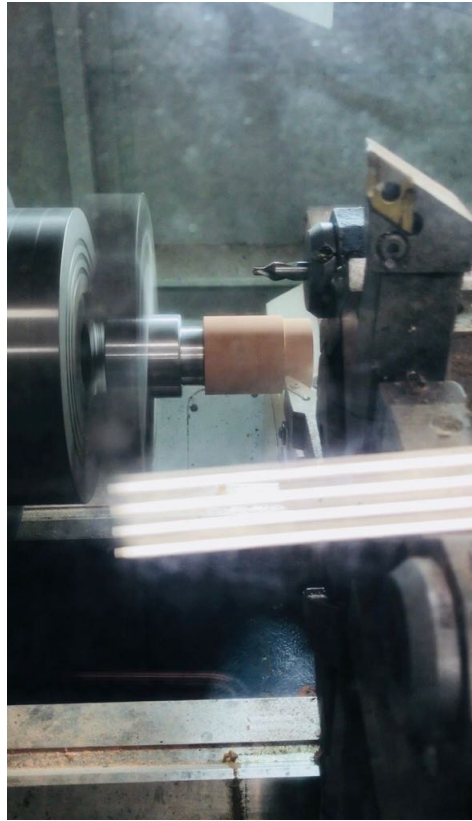


Figura 2.4.2: Torno CNC em funcionamento.

Para o torno desenvolvemos a programação em código G padrão, com possibilidade de variação de rotação e avanço que poderão ser substituídos nos espaços indicados, “rpm variado” e “avanço” [2].

Os conjuntos de variações poderão ser escolhidos na tabela 2.5.1 de acordo com a necessidade, visto que a escolha dos parâmetros também deverá ser influenciada pelos resultados numéricos da tabela 2.9.1, que indicam os ensaios de rugosidade de acordo com os parâmetros de corte.

A indicação em vermelho no programa, mostra a diferença de 40 para 36 que nos dará um resultado no qual deverá ser dividido por 2 para obter a profundidade de corte do projeto.

- **FRESADORA**

G17 G71 G90 G94

T02

M06

G54

S “rpm variado” M03

G41

G00 X-15 Y-15 Z5

G01 Z-20 F “avanço”

G01 X-10

G01 Y10



Figura 2.4.3: Programação e fresadora CNC.

A programação em código G padrão para fresadora, também possui modificações em seus parâmetros de rotação e avanço, no qual deverão ser substituídos nos espaços, “rpm variado” e “avanço” da mesma forma que as indicações da programação em código G do torno CNC .



Figura 2.4.5: Fresadora CNC em funcionamento.

2.5. PARÂMETROS DE CORTE

Os parâmetros de corte foram adotados na tabela 2.3.1 com base no artigo 2, que poderá ser utilizado para efetuar análises técnicas sobre os resultados e seus parâmetros de rotação, avanço e profundidade.

Foram usinadas 54 peças como amostras, de forma a obter variadas combinações de parâmetros para se verificar os melhores resultados de acabamentos superficiais do material, utilizando as máquinas CNC.

N.P	ID	rpm	Av.[mm/v]	Prof. [mm]	Fres rpm	Fres Av.
	A111	1000	0.2	1.0	3000	100
1A	A112	1000	0.2	2.0	3000	200
	A113	1000	0.2	4.0	3000	300
	A121	1000	0.6	1.0	3000	400
2A	A122	1000	0.6	2.0	3000	500
	A123	1000	0.6	4.0	3000	600
	A131	1000	1.0	1.0	3000	700
3A	A132	1000	1.0	2.0	3000	800
	A133	1000	1.0	4.0	3000	900
	A211	2000	0.3	1.5	2000	100
4A	A212	2000	0.3	3.0	2000	200
	A213	2000	0.3	4.5	2000	300
	A221	2000	0.8	1.5	2000	400
5A	A222	2000	0.8	3.0	2000	500
	A223	2000	0.8	4.5	2000	600
	A231	2000	1.6	1.5	2000	700
6A	A232	2000	1.6	3.0	2000	800
	A233	2000	1.6	4.5	2000	900
	A311	2500	0.2	1.0	5000	100
7A	A312	2500	0.2	2.0	5000	200
	A313	2500	0.2	4.0	5000	300
	A321	2500	0.6	1.0	5000	400
8A	A322	2500	0.6	2.0	5000	500

	A323	2500	0.6	4.0	5000	600
	A331	2500	1.0	1.0	5000	700
9A	A332	2500	1.0	2.0	5000	800
	A333	2500	1.0	4.0	5000	900
	A411	3000	0.3	1.5	4000	100
10A	A412	3000	0.3	3.0	4000	200
	A413	3000	0.3	4.5	4000	300
	A421	3000	0.8	1.5	4000	400
11A	A422	3000	0.8	3.0	4000	500
	A423	3000	0.8	4.5	4000	600
	A431	3000	1.6	1.5	4000	700
12A	A432	3000	1.6	3.0	4000	800
	A433	3000	1.6	4.5	4000	900
	A511	3500	0.2	1.0	7000	100
13A	A512	3500	0.2	2.0	7000	200
	A513	3500	0.2	4.0	7000	300
	A521	3500	0.6	1.0	7000	400
14A	A522	3500	0.6	2.0	7000	500
	A523	3500	0.6	4.0	7000	600
	A531	3500	1.0	1.0	7000	700
15A	A532	3500	1.0	2.0	7000	800
	A533	3500	1.0	4.0	7000	900
	A611	4000	0.3	1.5	6000	100
16A	A612	4000	0.3	3.0	6000	200
	A613	4000	0.3	4.5	6000	300
	A621	4000	0.8	1.5	6000	400
17A	A622	4000	0.8	3.0	6000	500
	A623	4000	0.8	4.5	6000	600
	A631	4000	1.6	1.5	6000	700
18A	A632	4000	1.6	3.0	6000	800
	A633	4000	1.6	4.5	6000	900

Tabela 2.5.1: Conjuntos de parâmetros de corte da material prima na mesma direção das fibras [2].

2.6. MEDIÇÕES DE RUGOSIDADE

O ensaio de rugosidade foi feito, utilizando um rugosímetro Mitutoyo SJ-210 mostrado na figura 2.6.1, devidamente calibrado e também utilizando um aparato de medição, com um bloco em V para obter maior estabilidade aos corpos-de-prova no ensaio. A coleta de dados do rugosímetro foram obtidos em R_a [μm] e R_z [μm].



Figura 2.6.1: Rugosímetro Mitutoyo SJ-210

2.7. RESULTADOS OBSERVADOS

As características superficiais dos corpos-de-prova analisados com o rugosímetro, após o processo de manufatura CNC do material, constatou variações de resultados, dependendo da forma no qual se encaixava o corpo-de-prova no suporte, na seção de ensaios de rugosidade. Então, cuidados foram tomados para erradicar qualquer forma de erro humano, visto que informações técnicas devem ser coerentes para obtenção de escolhas de parâmetros confiáveis.

Neste caso, no qual se trata de um material que possui escasso material de estudo, não foi possível fazer uma análise comparativa, com relação a outros dados. Visando somente a análise do comportamento superficial do material em função dos conjuntos de parâmetros relacionados a cada processo.

2.8. CARACTERÍSTICAS FINAIS DOS CORPOS-DE-PROVA ENSAIADOS

A análise do comportamento superficial do material em função dos conjuntos de parâmetros, tecnicamente, foi feita as análises de dados de acordo com os ensaios de rugosidade.

Porém, foi visto que pode ser de difícil compreensão se somente forem demonstrados as análises técnicas. Por este motivo, foi criado um conjunto comparativo visual, para que se tornasse possível se fazer uma escolha rápida dos parâmetros ideais, de acordo com as necessidades de um projetista.

A figura 2.8.1, utiliza métodos de ampliação de imagens para análise das classificações visuais estabelecidas. O sistema de classificação apresenta a seguinte ordem:

- **A-** Acabamento superficial excelentes;
- **B-** Acabamento superficial aceitáveis;
- **C-** Acabamento superficial ruins

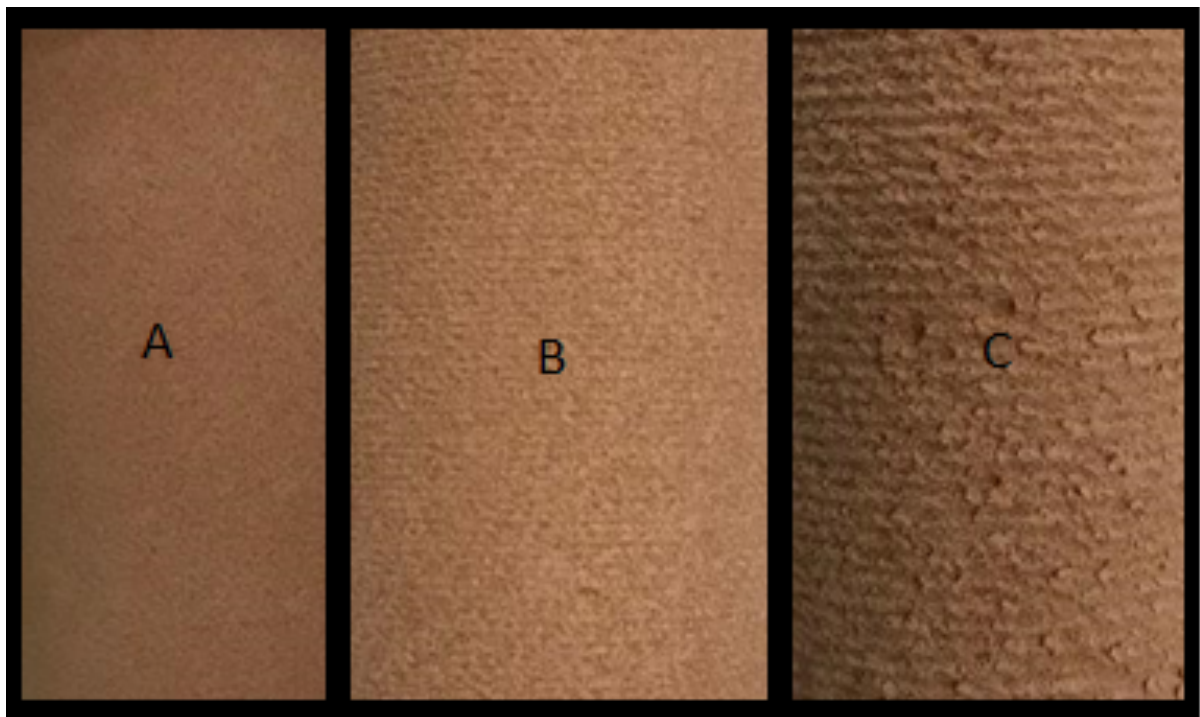


Figura 2.8.1: análise do comportamento superficial dos corpos-de-prova usinados com análise fotográfica aumentada.

2.9. RESULTADOS DOS ENSAIOS DE RUGOSIDADE

Alguns parâmetros foram adotados, baseando-se nos estudos do artigo 2, porém se fez necessário a criação de mais tipos de conjuntos de parâmetros, para aumentar o leque de possibilidades de resultados satisfatórios.

O ensaio foi feito de forma a se obter resultados em R_a [μm] e R_z [μm], assim sendo possível realizar três coletas de amostras para cada corpo-de-prova, e então, obter uma média entre cada conjunto de parâmetros.

O intuito de se fazer três coletas por amostra, como indicadas na tabela 2.9.1, foi para aumentar a precisão dos dados, e diminuir os possíveis erros.

N.P	ID	Test1 Ra (μm)	Teste 2 Ra (μm)	Test3 Ra (μm)	Ra (méd) (μm)	Teste1 Rz (μm)	Teste2 Rz (μm)	Teste3 Rz (μm)	Rz (méd) (μm)	Classe
1A	A111	5,498	5,745	5,863	5,702	24,045	30,482	29,523	28,016	A
	A112	5,863	6,117	7,39	6,456	29,523	30,211	34,508	31,414	A
	A113	6,179	5,923	5,577	5,893	28,746	27,215	28,622	28,194	B
2A	A121	7,386	5,097	6,534	6,339	36,378	23,669	26,947	28,998	B
	A122	5,971	6,458	6,182	6,203	25,417	31,705	27,371	28,164	C
	A123	6,721	6,644	6,68	6,681	28,375	31,906	31,132	30,471	C
3A	A131	6,732	5,319	5,263	6,681	28,906	25,101	31,452	28,486	A
	A132	6,5	3,102	7,123	5,575	28,355	14,544	31,702	24,867	A
	A133	4,451	4,567	4,537	4,518	24,202	21,084	22,136	22,474	A
4A	A211	0	0	0	0	0	0	0	0	C
	A212	7,244	4,457	7,741	6,48	31,105	24,88	33,553	29,846	B
	A213	7,085	5,955	5,736	6,258	45,072	26,873	26,25	32,731	B
5A	A221	4,663	6,835	7,227	6,241	19,625	33,582	32,667	28,624	A
	A222	6,326	6,109	4,973	5,803	26,493	27,235	24,999	26,242	B
	A223	0	0	0	0	0	0	0	0	C
	A231	6,128	5,008	6,146	5,76	32,299	24,283	31,073	29,218	A
6A	A232	0	0	0	0	0	0	0	0	C
	A233	5,123	5,305	6,332	5,586	24,349	24,418	28,36	25,709	C
7A	A311	6,207	0	4,759	3,655	26,472	0	23,174	16,548	C
	A312	6,13	6,064	5,238	5,81	32,715	30,625	25,307	28,425	B
	A313	5,63	6,351	5,239	5,74	29,175	28,412	24,15	27,245	B

8A	A321	5,136	6,724	1,374	4,411	25,538	37,953	37,935	33,808	B
	A322	5,655	6,701	5,53	5,962	32,249	30,833	27,318	30,133	A
	A323	6,059	6,235	6,015	6,103	27,424	28,042	26,944	27,47	B
9A	A331	5,734	6,129	8,051	6,638	27,27	26,063	38,887	30,74	A
	A332	5,918	5,639	5,887	5,815	22,954	25,384	29,346	25,894	A
	A333	5,759	5,097	5,105	5,32	26,123	23,016	27,081	25,406	A
10A	A411	6,019	6,422	6,998	6,479	25,749	26,201	36,586	29,512	B
	A412	5,258	5,503	4,744	5,168	22,905	25,662	23,203	23,923	A
	A413	5,2	5,441	6,133	5,591	25,962	24,97	27,243	26,058	B
11A	A421	0	0	0	0	0	0	0	0	C
	A422	6,561	5,285	7,577	6,474	27,629	24,104	40,562	30,765	B
	A423	6,476	5,097	5,511	5,694	31,631	21,729	27,292	26,884	A
12A	A431	0	0	0	0	0	0	0	0	C
	A432	6,547	4,68	7,054	6,093	30,63	20,207	33,81	28,215	A
	A433	0	0	0	0	0	0	0	0	C
13A	A511	5,361	5,662	5,868	5,63	23,5	23,556	25,95	24,335	A
	A512	3,834	5,439	5,41	4,894	19,568	25,769	28,604	24,647	A
	A513	4,937	5,733	6,435	5,701	22,76	25,992	28,299	25,609	A
14A	A521	7,353	6,743	7,175	7,09	30,761	29,456	31,812	30,676	B
	A522	5,316	5,543	6,825	5,894	24,254	23,553	31,046	26,284	B
	A523	5,962	4,033	5,911	5,302	26,551	21,283	28,303	25,379	B
15A	A531	0	6,322	5,892	4,071	0	28,483	27,439	18,64	C
	A532	0	0	7,393	2,464	0	0	30,223	10,074	C
	A533	8,9	8,713	0	5,871	35,556	36,564	0	24,04	C
16A	A611	5	8,556	5,771	6,494	21,033	40,213	27,059	29,435	A
	A612	0	0	0	0	0	0	0	0	C
	A613	6,49	5,651	5,987	6,042	27,97	28,464	28,54	28,324	B
17A	A621	7,471	5,743	6,463	6,559	33,558	27,177	28,744	29,826	A
	A622	0	4,522	6,332	3,618	0	20,559	27,426	15,995	B
	A623	5,495	5,141	5,41	5,348	26,3	23,563	23,784	24,549	A
18A	A631	7,321	7,064	5,109	6,498	38,906	29,308	23,923	30,712	B
	A632	0	0	0	0	0	0	0	0	C
	A633	0	0	0	0	0	0	0	0	C

Tabela 2.9.1: Resultados dos ensaios de rugosidade referente aos conjuntos de parâmetros corte em CNC.

3. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A análise do comportamento superficial do Renshape 440 nos forneceu conhecimento necessário para afirmar que o material pode ser definido como um ótimo material para se trabalhar com qualquer tipo de modelagem.

Para se obter os melhores resultados de acabamentos superficiais visualmente ideais, é necessário utilizar os parâmetros de corte entre baixas e médias rotações juntamente com parâmetros de avanço e profundidade.

No caso da não utilização desses parâmetros ideais, constatou-se que o material obtém um resultado predominantemente ruim. Tecnicamente, é possível fazer essa análise na tabela 2.9.1, onde se encontra dados de coleta que demonstram o número “zero” em uma linha toda, isso explica o comportamento superficial ruim do material em função das rotações exercidas com outros parâmetros.

Futuramente, é esperado que haja novos estudos para esse material utilizando máquinas CNC. Pois, existe uma escassez de conteúdo para verificação e comparação de dados. No entanto, acredita-se que esse material venha a ser um novo substituto ecologicamente viável para a substituição da madeira nos processos de fabricação de modelos.

Por existir esse propósito no mercado de modelos, esse artigo poderá ser efetivamente um estímulo para o uso do Renshape 440, visto que o comportamento superficial dele, pode ser extremamente eficaz.

4. REFERÊNCIAS

1. OLIVEIRA, A. M. et al. Usinabilidade em compósitos observando os efeitos da dureza e forma do cavaco avaliado através do coeficiente volumétrico de cavaco nas etapas de fresamento convencional e CNC. In: COBEF,n. VI, 2011, Caxias do Sul. **VI Congresso brasileiro de engenharia de fabricação**, Caxias do Sul : ABCM, 2011
2. SOUZA J. F., V. Caracterização da Resina Renshape 440 do ponto de vista da usinagem e das propriedades mecânicas.In: COMEM,n. VI, 2010,Campina Grande. **VI Congresso nacional de engenharia mecânica**, Campina Grande: ABCM, 2010.
3. KING, D., TANSEY, T.,“**Alternative Materials for Rapid Tooling**”, Journal of Materials Processing Technology, 2002, v. 121, pp. 313-317
4. NOVASKI, O,“**Introdução a Engenharia de Fabricação**”, 1. ed, Edgard Blucher, 1994.
5. JR.,CALLISTER, D., W. et al. “**CIÊNCIA E ENGENHARIA DE MATERIAIS UMA INTRODUÇÃO**”, 8. ed. LTC, 2013.
6. POLLI, L.M. et al. “**Influência dos Parâmetros de Corte Sobre os Erros Dimensionais no Fresamento de Material Polimérico para Moldes-Protótipo**”. In: COBEF,n. IV,2007. Estância de São Pedro: ABCM, 2007
7. YANG, M.Y., RYU, S.G. “**Development of a composite suitable for rapid prototype machining**”. Journal of Materials Processing Technology. 2001, v.113, 280-284.

8. FREEMAN MANUFACTURING & SUPPLY CO. **Renshape Modeling and Styling Boards.** Disponível em : <
<https://www.freemansupply.com/tables/renshapemodeling.pdf>>. Acesso em:
24.fev.2017

Contatos: Walkiria Kohmoto Nishimurota – walkiriakn@icloud.com
Profº Dr. Marco Stipkovic Filho – mstip@uol.com.br