

CENTRO ESTADUAL DE EDUCAÇÃO TECNOLÓGICA PAULA SOUZA
UNIDADE DE PÓS-GRADUAÇÃO, EXTENSÃO E PESQUISA
MESTRADO PROFISSIONAL EM GESTÃO E TECNOLOGIA EM SISTEMAS
PRODUTIVOS

EDNEY EBOLI DOS SANTOS

A APLICAÇÃO DA BIOMIMÉTICA NO DESENVOLVIMENTO DE TEXTURAS
AUTOMOTIVAS PELO DESIGN DE COLOR & TRIM

São Paulo
Dezembro/2018

EDNEY EBOLI DOS SANTOS

A APLICAÇÃO DA BIOMIMÉTICA NO DESENVOLVIMENTO DE TEXTURAS
AUTOMOTIVAS PELO DESIGN DE COLOR & TRIM

Dissertação apresentada como exigência parcial para a obtenção do título de Mestre em Gestão e Tecnologia em Sistemas Produtivos do Centro Estadual de Educação Tecnológica Paula Souza, no Programa de Mestrado Profissional em Gestão e Tecnologia em Sistemas Produtivos, sob Orientação do Professor Dr. Antonio César Galhardi.

São Paulo
Dezembro/2018

FICHA ELABORADA PELA BIBLIOTECA NELSON ALVES VIANA
FATEC-SP / CPS – CRB8-8281

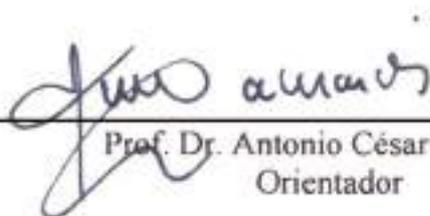
S237a Santos, Edney Eboli dos
A aplicação da biomimética no desenvolvimento de texturas
automotivas pelo design de Color & Trim / Edney Eboli dos Santos.
– São Paulo : CPS, 2018.
243 f. : il.

Orientador: Prof. Dr. Antonio César Galhardi
Dissertação (Mestrado Profissional em Gestão e Tecnologia em
Sistemas Produtivos) - Centro Estadual de Educação Tecnológica
Paula Souza, 2018.

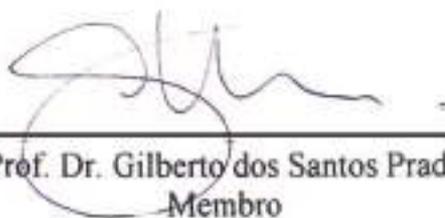
1. Biomimética. 2. Design de superfície. 3. Texturas. 4.
Indústria automobilística. 5. Sistemas produtivos. I. Galhardi,
Antonio César. II. Centro Estadual de Educação Tecnológica Paula
Souza. III. Título.

EDNEY EBOLI DOS SANTOS

A APLICAÇÃO DA BIOMIMÉTICA NO DESENVOLVIMENTO DE TEXTURAS
AUTOMOTIVAS PELO DESIGN DE COLOR & TRIM



Prof. Dr. Antonio César Galhardi
Orientador



Prof. Dr. Gilberto dos Santos Prado
Membro



Prof. Dr. Francisco Tadeu Degasperi
Membro

São Paulo, 10 de dezembro de 2018

Para Fernanda e Vitor Angelo,
pelo apoio, paciência e amor incondicional a mim
devotados em todos os momentos, e ao querido amigo
Prof. Dr. João Gomes Filho que tanto significa para
mim, e pelo brilhante legado
que nos deixou,
dedico.

AGRADECIMENTOS

Aos meus pais Sidney e Cleide, pela educação e amor com que me criaram.

À minha família: Fernanda, Vitor Angelo e Sra. Marisa, pela compreensão e amor que devotaram a mim, respeitando meus valores e ideais.

Ao meu orientador Prof. Dr. Antonio César Galhardi, pela disponibilidade e dedicação nas orientações, e pelos relevantes ensinamentos no processo de aprendizagem em pesquisa.

Aos professores do programa de Mestrado Profissional do Centro Paula Souza, por todo conhecimento compartilhado, e aos colegas de turma pela amizade e companheirismo.

Ao estimado amigo Prof. Dr. João Gomes Filho, pelos conselhos e oportunidades que me deu ao longo destes 25 anos de amizade, com inigualável paciência, sabedoria e humildade. Sem o seu incentivo eu não teria chegado até aqui...

Aos profissionais da Volkswagen do Brasil, pelo apoio e contribuições, em especial aos executivos do Departamento de Design da América do Sul, José Carlos Pavone e Jonas Aparecido Ferreira da Silva, e aos colaboradores do Centro Tecnológico de Materiais (MTC), Michael Matz, Flávia Bassani e Felipe Pessoa Duarte.

Aos colegas Marcelo Lóss e Prof. Dr. Osmar Vicente Rodrigues, pelas contribuições bibliográficas.

Aos professores e alunos do curso de Design FMU-FIAM FAAM pelas contribuições, em especial ao Prof. Alexandre F. Iervolino e à Prof^a MSc. Virgínia Pereira C. Bertomeu, pelo incentivo e apoio.

Ao Laboratório de Design e Seleção de Materiais da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (LdSM – UFRGS) em especial ao Prof. Dr. Wilson Kindlein Junior e ao Prof. Dr. Everton Sidnei Amaral da Silva, pela cordialidade que demonstraram em me receber, apoiar e compartilhar conhecimentos essenciais que nortearam os rumos deste trabalho.

Às empresas texturizadoras que contribuíram substancialmente para a viabilidade desta pesquisa, sobretudo pela expertise de seus diretores e técnicos, e pelas contribuições no desenvolvimento de moldes, amostras e medições, sem as quais esta pesquisa não seria possível. Em especial agradeço a: João Wagner Coutinho, Sergio Coutinho, Luiz Eduardo Coutinho, Kaê Coutinho e Antonio Bondan (TSP); João Carlos da R. Lopes e Talita Tairini (PKW); Fernando Ximenes Rodorigo (LASERMOLD) e Massimo Rodorigo (grupo Metadil/Lasermold).

A todos aqueles que de alguma forma contribuíram com esta pesquisa, o meu muito obrigado!

“[...] there is more to discover than to invent.”

Janine Benyous.

RESUMO

SANTOS, E.E. **A APLICAÇÃO DA BIOMIMÉTICA NO DESENVOLVIMENTO DE TEXTURAS AUTOMOTIVAS PELO DESIGN DE COLOR & TRIM**. 243f. Dissertação (Mestrado Profissional em Gestão de Sistemas Produtivos). Centro Estadual de Educação Tecnológica Paula Souza, São Paulo, 2018.

O objetivo desta pesquisa foi identificar se o uso da biomimética como fonte de inspiração pode gerar inovação e aumentar o valor agregado do produto no desenvolvimento de texturas para peças plásticas automotivas. Em paralelo, foram direcionados esforços para o desenvolvimento de tecnologias de produção de moldes a laser, no sentido de ampliar as possibilidades de texturas contemplando a biomimética. A relevância desta pesquisa justifica-se a partir dos resultados obtidos de uma análise bibliométrica da literatura, que indicou um *gap* de pesquisa na aplicação da biomimética como fonte de inspiração no desenvolvimento de texturas automotivas, e dos resultados de uma pesquisa *Survey* aplicada a usuários de automóveis, indicando que as pessoas percebem as texturas como atributo que gera valor agregado e aumenta a qualidade percebida no produto, com potencial de gerar inovação a partir de inspirações na Biomimética. A partir de entrevistas realizadas com profissionais e da observação direta dos processos de texturização em empresas especializadas pôde-se levantar os requerimentos para o desenvolvimento de texturas e desenvolver doze modelos de design inspirados na Natureza, reproduzidos em dois processos produtivos - laser e químico. Amostras foram injetadas em plástico e submetidas a medições para comparação das características formais obtidas nos dois tipos de processos de texturização. Os resultados desta pesquisa mostram que a inspiração na natureza possibilita a criação de desenhos de texturas que agregam valor às peças plásticas dos automóveis. As medições das amostras plásticas possibilitaram analisar características da forma e entender as vantagens e as desvantagens de cada processo de texturização na reprodução de diferentes padrões estéticos das texturas criadas.

Palavras-chave: Biomimética. Design de superfície. Texturas. Indústria automobilística. Sistemas produtivos.

ABSTRACT

SANTOS, E.E. **THE APPLICATION OF BIOMIMETICS IN THE DEVELOPMENT OF AUTOMOTIVE TEXTURES BY THE COLOR & TRIM DESIGN**. 243f. Dissertação (Mestrado Profissional em Gestão de Sistemas Produtivos). Centro Estadual de Educação Tecnológica Paula Souza, São Paulo, 2018.

The aim of this research was to identify if the use of biomimetics as a source of inspiration can generate innovation and increase the added value of the product in the development of textures for automotive plastic parts. In parallel, efforts were directed towards the development of technologies for the production of laser molds, in the sense of expanding the possibilities of textures contemplating biomimetics. The relevance of this research is justified by the results obtained from a bibliometric analysis of the literature, which indicated a research gap in the application of biomimetics as a source of inspiration in the development of automotive textures, and the results of a survey applied to users of automobiles, indicating that people perceive the textures as an attribute that generates added value and increases the perceived quality in the product, with potential to generate innovation from inspirations in Biomimetics. Based on interviews with professionals and the direct observation of the texturing processes in specialized companies, it was possible to raise the requirements for the development of textures and to develop twelve models of design inspired by Nature, reproduced in two productive processes - laser and chemical. Samples were injected in plastic and submitted to measurements to compare shape characteristics obtained by the two types of texturing processes. The results of this research show that inspiration in nature enables the creation of texture designs that add value to the plastic parts of automobiles. The measurements of plastic samples allowed to analyze shape characteristics and to understand the advantages and disadvantages of each texturing process used to reproduce the different aesthetic patterns from created textures.

Keywords: Biomimetics. Surface Design. Textures. Automotive industry. Production systems.

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Quantidade de filmes e tempo de corrosão (text. A, B, C, E, Fp e Fn)	60
Quadro 2 – Quantidade de filmes e profundidades atingidas (text. G, H, I, J, K e L)	60
Quadro 3 – Resultados SciELO (palavras-chave: <i>design, innovation e biomimicry</i>)	82
Quadro 4 – Resultados IEEE (palavras-chave: <i>design, innovation e biomimicry</i>)	83
Quadro 5 – Resultados SciELO (palavras-chave: <i>texture e perception</i>)	83
Quadro 6 – Resultados IEEE (palavras-chave: <i>texture e perception</i>)	84
Quadro 7 – Quadro teórico conceitual – Design e inovação, design de superfície, texturas..	86
Quadro 8 – Quadro teórico conceitual - Biomimética.....	87
Quadro 9 – Comparativo de processos de texturização.....	89
Quadro 10 – Texturas aprovadas no teste de riscabilidade.....	110

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Escala das texturas	31
Tabela 2 – Resultados da <i>survey</i> questões de 1 a 4.....	79
Tabela 3 – Resultados da <i>survey</i> questões de 5 a 8.....	80
Tabela 4 – Resultados da <i>survey</i> questões de 9 a 11.....	81

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Visão geral da estrutura do trabalho	21
Figura 2 – Injetora de plástico	28
Figura 3 – Matriz de molde de injeção (em texturização por ataque químico)	29
Figura 4 – Classificação dos padrões de textura.....	30
Figura 5a – Fluxograma do trabalho de pesquisa.....	39
Figura 5b – Fluxograma do trabalho de pesquisa.....	40
Figura 6 - Desenhos bidimensionais para desenvolvimento da textura A	47
Figura 7 - Imagem da modelagem tridimensional da textura <u>A</u>	48
Figura 8 - Fluxos de atividades básicas de texturização por processo laser	49
Figura 9 - Fluxos de atividades básicas texturização por processo de ataque químico	50
Figura 10 – Tela de parâmetros de exportação do arquivo <u>.stl</u>	51
Figura 11 – Imagem de tons de cinza em função das alturas das superfícies	51
Figura 12 – Máquina de gravação - a / Cabeçote laser em operação - b	52
Figura 13 - Placa gravada a laser ampliada 4x	52
Figura 14 – Texturas com dimensões iniciais - a / Texturas redimensionadas - b.....	53
Figura 15 – Placas em aço gravadas a laser para avaliações preliminares.....	54
Figura 16 – Visualização das texturas-teste em massa de modelar	55
Figura 17 – Dimensões finais das texturas desenvolvidas	55
Figura 18 – Posicionamento da placa molde no equipamento de ablação.....	56
Figura 19 – Placa-molde com testes preliminares texturas A, B, C, D, E, Fp e Fn.....	57
Figura 20 – Placa molde confeccionada a laser das texturas G, H, I, J, K e L.....	58
Figura 21 – Impressora de cera.....	61
Figura 22 – Desenhos iniciais para impressão de máscaras de proteção (textura E)	61
Figura 23 – Exemplos de filmes impressos com cera para máscaras de proteção	62
Figura 24 – Exemplo de cópia de silicone para avaliação da textura B	62
Figura 25 – Exemplo de transferência de cera do filme plástico para a placa em aço	63
Figura 26 – Imersão de molde em ataque químico, lavagem e medição	63
Figura 27 – Placas-molde para injeção de texturas reproduzidas por ataque químico	64
Figura 28 – Microscópio digital manual	65
Figura 29 – Imagens ampliadas por microscópio digital manual (A, B, C, E, Fp, Fn)	66
Figura 30 – Imagens ampliadas por microscópio digital manual (G, H, I, J, K e L).....	67
Figura 31 – Perfilômetro óptico de contato.....	68

Figura 32 – Relatório de medição: representação tridimensional	70
Figura 33 – Relatório de medição: representação topográfica	70
Figura 34 – Relatório de medição: análise de perfil transversal	71
Figura 35 – Relatório de medição: curva Abbott perfil transversal e tabelas	71
Figura 36 – Relatório de medição: análise de perfil longitudinal.....	72
Figura 37 – Relatório de medição: curva Abbott perfil longitudinal e tabelas	72
Figura 38 – Relatório de medição: visualização foto-realista	73
Figura 39 – Equipamento utilizado no teste de riscabilidade.....	74
Figura 40 – Placa plástica após submissão ao teste de riscabilidade.....	75
Figura 41 – Exemplo de um equipamento espectrofotômetro	75
Figura 42 – Número de publicações por ano.....	84
Figura 43 – Classificação das texturas em relação à forma e distribuição de elementos	91
Figura 44 – Componentes de uma superfície texturizada	93
Figura 45 – Perfil de superfície	94
Figura 46 – Elementos de perfil	95
Figura 47 – Curvas de perfil em escalas absolutas - Textura A - laser e químico	96
Figura 48 – Curvas de perfil em escalas absolutas - Textura B - laser e químico.....	98
Figura 49 – Curvas de perfil em escalas absolutas - Textura C - laser e químico.....	99
Figura 50 – Curvas de perfil em escalas absolutas - Textura E - laser e químico.....	100
Figura 51 – Curvas de perfil em escalas absolutas - Textura Fp - laser e químico	101
Figura 52 – Curvas de perfil em escalas absolutas - Textura Fn - laser e químico	102
Figura 53 – Curvas de perfil em escalas absolutas - Textura G - laser e químico	103
Figura 54 – Curvas de perfil em escalas absolutas - Textura H - laser e químico	104
Figura 55 – Curvas de perfil em escalas absolutas - Textura I - laser e químico.....	105
Figura 56 – Curvas de perfil em escalas absolutas - Textura J - laser e químico.....	106
Figura 57 – Curvas de perfil em escalas absolutas - Textura K - laser e químico	107
Figura 58 – Curvas de perfil em escalas absolutas - Textura L - laser e químico.....	108
Figura 59 – Faixas etárias da amostra.....	113
Figura 60 – Gêneros da amostra.....	113
Figura 61 – Nível de escolaridade da amostra.....	114
Figura 62 – Áreas de atuação da amostra.....	114
Figura 63 – Texturas que mais agradam	115
Figura 64 – Grupos de texturas que mais agradam.....	115
Figura 65 – Valor agregado das texturas escolhidas.....	116

Figura 66 – Texturas que mais desagradam	116
Figura 67 – Grupos de texturas que mais desagradam	117
Figura 68 – Comparação de tecnologias por textura - aparência	117
Figura 69 – Comparação por tecnologias – aparência	118
Figura 70 – Comparação de tecnologias por textura – sensação tátil.....	118
Figura 71 – Comparação por tecnologias – sensação tátil	119
Figura 72 – Aplicação das texturas por categ. de veículos como forma de agregar valor....	120

LISTA DE SIGLAS

3D	Modelo matemático tridimensional
ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
AgNO ₃	Nitrato de prata
ANFAVEA	Associação Nacional de Fabricantes de Veículos Automotores
CMF	Color, Material and Finish
HNO ₃	Ácido Nítrico
IEEE	Institute of Electrical and Electronics Engineers
ISO	International Organization for Standardization
LdSM	Laboratório de <i>Design</i> e Seleção de Materiais
LED	Light Emitting Diode
OICA	Organisation Internationale des Constructeurs d'Automobiles
P20	Especificação do aço utilizado na fabricação de moldes de injeção
PP	Polipropileno
PV3952	Norma Volkswagen para testes de resistência a riscos
Pz	Parâmetro de amplitude do perfil primário (altura máxima do perfil)
Ra	Parâmetro de perfil de rugosidade (desvio médio de rugosidade)
RGB	Red, Green e Blue (sigla do sistema de cores aditivas)
RH	Recursos Humanos
S10z	Parâmetro de característica (altura média de dez pontos da superfície)
SciELO	Scientific Electronic Library Online
UFRGS	Universidade Federal do Rio Grande do Sul
USB	Universal Serial Bus
UHD	Ultra High Definition
WoS	Web of Science

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO	16
Objetivos	19
1 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	22
1.1 Design e Inovação	22
1.2 Design de Superfície	23
1.3 Texturas e tecnologias de texturização em moldes plásticos	28
1.4 Biomimética	32
<i>1.4.1 Biomimética e Projeto do Produto</i>	37
2 MÉTODO	39
2.1 Questionário tipo Survey	41
2.2 Análise bibliométrica	42
2.3 Entrevistas com profissionais e observação direta	43
2.4 Desenvolvimento das texturas	45
2.5 Processos de texturização	49
2.6 Confeção das placas-molde e injeção das amostras plásticas texturizadas	50
2.7 Medições das amostras plásticas injetadas	64
<i>2.7.1 Fotografia microscópica</i>	65
<i>2.7.2 Digitalização tridimensional por perfilômetro ótico de contato</i>	68
<i>2.7.3 Testes de riscabilidade</i>	73
2.8 Pesquisa de opinião	75
3 RESULTADOS E DISCUSSÕES	77
3.1 Questionário tipo Survey	77
3.2 Análise bibliométrica	82
3.3 Entrevistas com profissionais e observação direta	87
3.4 Desenvolvimento das texturas inspiradas na Natureza	90
3.5 Medições das amostras plásticas injetadas	92
<i>3.5.1 Fotografias microscópicas</i>	92
<i>3.5.2 Medições com perfilômetro de contato</i>	93
<i>3.5.3 Testes de riscabilidade</i>	109
<i>3.5.4 Pesquisa de opinião</i>	111
4 CONCLUSÕES E SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS	121

REFERÊNCIAS	124
APÊNDICES	127

INTRODUÇÃO

O automóvel é um bem de consumo de alto valor agregado, produzido mundialmente em larga escala. Segundo dados da Organisation Internationale des Constructeurs d'Automobiles (OICA, 2018) entre 2015 e 2017 foram produzidos aproximadamente 207 milhões de unidades de veículos de passageiros ao redor do mundo. A Associação Nacional de Fabricantes de Veículos Automotores (ANFAVEA, 2018) relata que no Brasil foram produzidos cerca de seis milhões de automóveis no mesmo período. Estes dados apontam a importância da indústria automotiva na economia mundial e indicam que o automóvel é um produto de consumo relevante no Brasil e no mundo.

A decisão de compra por um determinado modelo de automóvel está relacionada, entre outros fatores, às percepções de valor e de qualidade que o consumidor atribui ao produto. A partir de pesquisas e do desenvolvimento de novos produtos as empresas se utilizam de conhecimentos da engenharia e do *design* para gerar inovação, e aplicá-la na criação de novos produtos, buscando aumentar seu valor agregado e melhorar a qualidade percebida pelo usuário, o que por outro lado, contribui para aumentar a competitividade das empresas.

Assim, o *Design* de Produtos como uma ciência humana aplicada, atua no desenvolvimento de novos produtos em parceria com as engenharias e outras ciências. O *designer* conceitua novos produtos a partir de bases conceituais do objeto, como: funcionalidade, operacionalidade, ergonomia, materiais, processos produtivos, sistemas construtivos, criatividade, função informacional, função estética, função simbólica e função semântica (GOMES FILHO, 2007).

O *designer* atua não apenas definindo as formas dos objetos, mas propondo soluções de acabamento das superfícies dos produtos com o objetivo de atender aos aspectos funcionais, estéticos, táteis, simbólicos e ergonômicos, relacionados à segurança, conforto e bem-estar. A área do *design* especializada no desenvolvimento e aplicação de materiais, cores e acabamentos é conhecida como *Design* de Superfície, *CMF* (*Color, Material and Finish*) ou ainda, no mercado automobilístico, como *Color & Trim* (Cor e Acabamento).

Uma das atribuições do *Designer* de *Color & Trim* é o desenvolvimento de texturas aplicadas às peças plásticas do automóvel. Esse desenvolvimento tem início após a definição de um *briefing*, obtido por meio de uma pesquisa realizada com base em elementos do *design* de objetos, arquitetura, artes, moda entre outros, a fim de identificar tendências que possam inspirar as diretrizes do projeto da textura a ser desenvolvida.

Na indústria automobilística as texturas aplicadas às superfícies de peças plásticas desempenham diversas funções, as mais importantes são: agregar valor estético visual ao produto; diminuir o brilho superficial da peça; melhorar a percepção de qualidade do material; minimizar a visualização de efeitos de manchas de fluxo do material oriundos do processo de injeção do plástico; melhorar a aderência das mãos em peças que necessitam manuseio como: volante, comandos e manípulos; melhorar a ergonomia relacionada aos aspectos hápticos (agradável ao toque) da peça plástica; atenuar a percepção visual de eventuais marcas de arranhões gerados durante a utilização do produto; evitar a troca prematura de peças e contribuir para aumentar a longevidade do produto.

Esta pesquisa analisa as formas pelas quais a Biomimética pode contribuir no desenvolvimento de texturas aplicadas às peças plásticas do automóvel, em busca de agregar valor, aumentar a qualidade percebida e melhorar a competitividade das empresas, a partir da inovação em aspectos visuais e táteis de texturas desenvolvidas com inspiração em elementos da Natureza.

Os processos mais comuns de texturização de moldes de injeção de peças plásticas utilizados atualmente podem ser classificados em:

- I. Processo por ataque químico (*Etching grain process*): é o processo mais utilizado atualmente na confecção de texturas no Brasil. Consiste no ataque químico por imersão do molde de injeção a ser texturizado em um tanque contendo solução química que corrói o aço da matriz de injeção, por meio do controle de parâmetros como: tempo, temperatura e profundidade do ataque. Este processo pode ser resumido nas seguintes etapas: isolamento das áreas do molde a serem protegidas do ataque químico; definição do desenho bidimensional da textura em software de imagem e criação do elemento de repetição da textura; confecção de filme plástico impresso em cera a ser transferida ao molde como um *frame* de proteção para as áreas que não devem ser corroídas pelo ataque químico; aplicação do desenho da textura pela transferência da cera protetiva do filme plástico à superfície do molde; imersão do molde em tanque de corrosão; controle da profundidade dos sulcos da corrosão; controle de brilho superficial.

Em função da complexidade do desenho da textura podem ser necessários vários ataques químicos, realizados com aplicação sucessiva de diferentes *frames* de proteção que ao final reproduzem o desenho da textura no molde.

- II. Processo por gravação a laser: gravação direta da textura na superfície do molde por meio de feixe laser onde o desgaste da superfície (ablação) ocorre em camadas. Este processo pode ser resumido nas seguintes etapas: a matemática tridimensional (modelo virtual) do molde é analisada virtualmente em uma simulação por software para avaliar o acesso do feixe laser às superfícies a serem texturizadas; os dados com o desenho da textura são aplicados virtualmente na matemática do molde e trabalhados de forma a se ajustar o posicionamento do desenho da textura nas superfícies; o molde físico a ser texturizado é posicionado no equipamento de texturização laser a partir de um sistema de coordenadas (x,y,z) para sofrer a ablação do laser. Comparativamente ao processo por ataque químico, apresenta a vantagem de permitir distorções propositas no desenho para compensações visuais (ajustes óticos).

- III. Processo híbrido: utiliza o processo laser para transferência do padrão de desenho da textura (*frame* de proteção) à superfície do molde, seguido por ataque químico. As superfícies do molde onde serão realizadas as gravações recebem uma tinta protetiva que é parcialmente retirada pela ação do laser, formando-se *frames* de proteção (que substituem os *frames* de cera utilizados no processo químico) e permitem o ataque químico apenas nos espaços onde o laser retirou a tinta protetiva. De forma análoga ao processo químico, em função da complexidade do desenho da textura, o processo híbrido pode necessitar de vários ataques químicos sucessivos a partir de programação laser de *frames* de proteção distintos.

Como premissa deste estudo ressalta-se a contribuição da biomimética como ferramenta de investigação e inspiração de *design*, a fim de gerar inovação e aumentar o valor agregado no campo do *Design* de Superfície, especificamente no desenvolvimento de texturas tridimensionais aplicadas em peças plásticas automotivas, por meio de melhorias estéticas do produto, para o aumento da satisfação do usuário e para agregar valor às empresas, contribuindo com toda a cadeia de suprimentos da indústria automobilística. Este estudo também buscou comparar as propriedades estéticas e táteis das texturas criadas, a partir de sua reprodução em dois processos de texturização (laser e químico), com o intuito de certificar as vantagens e desvantagens de cada processo no resultado visual e tátil das texturas.

A atuação do autor como *designer* de produto, atuante no desenvolvimento de texturas

de peças plásticas no departamento de *design* da Volkswagen do Brasil Indústria de Veículos Automotores Ltda., situada na cidade de São Bernardo do Campo, Estado de São Paulo, foi a principal motivação que o levou à realização desta pesquisa, além de ter possibilitado acesso às pessoas e tecnologias necessárias para a realização da pesquisa empírica.

A pesquisa se justifica pela contribuição que traz ao estudo dos processos produtivos relacionados à texturização de peças plásticas automotivas, um *gap* de pesquisa em uma área temática ainda pouco explorada pela comunidade científica, mas com relevância crescente na área do *Design* de *Color&Trim*, em especial para aplicações na indústria automobilística. Não foi encontrado na literatura qualquer estudo que compare os processos de texturização a laser e químico sob a ótica do *design*, a partir da análise de texturas criadas com inspiração na natureza.

O resultado deste estudo contribui cientificamente em duas abordagens:

- Apresenta a aplicação da Biomimética como uma possibilidade viável de metodologia de projetos de *design*, sobretudo na fase de busca por inspirações ao desenvolvimento de texturas.
- Apresenta comparações entre as texturas reproduzidas pelos processos de texturização laser e químico, e auxilia na tomada de decisões sobre qual processo é mais adequado em função do *design* da textura.

Objetivo Geral

Identificar o potencial de aplicação da Biomimética no desenvolvimento de texturas aplicadas em peças plásticas do automóvel como estratégia de *design* para agregação de valor e aumento da competitividade da indústria automotiva.

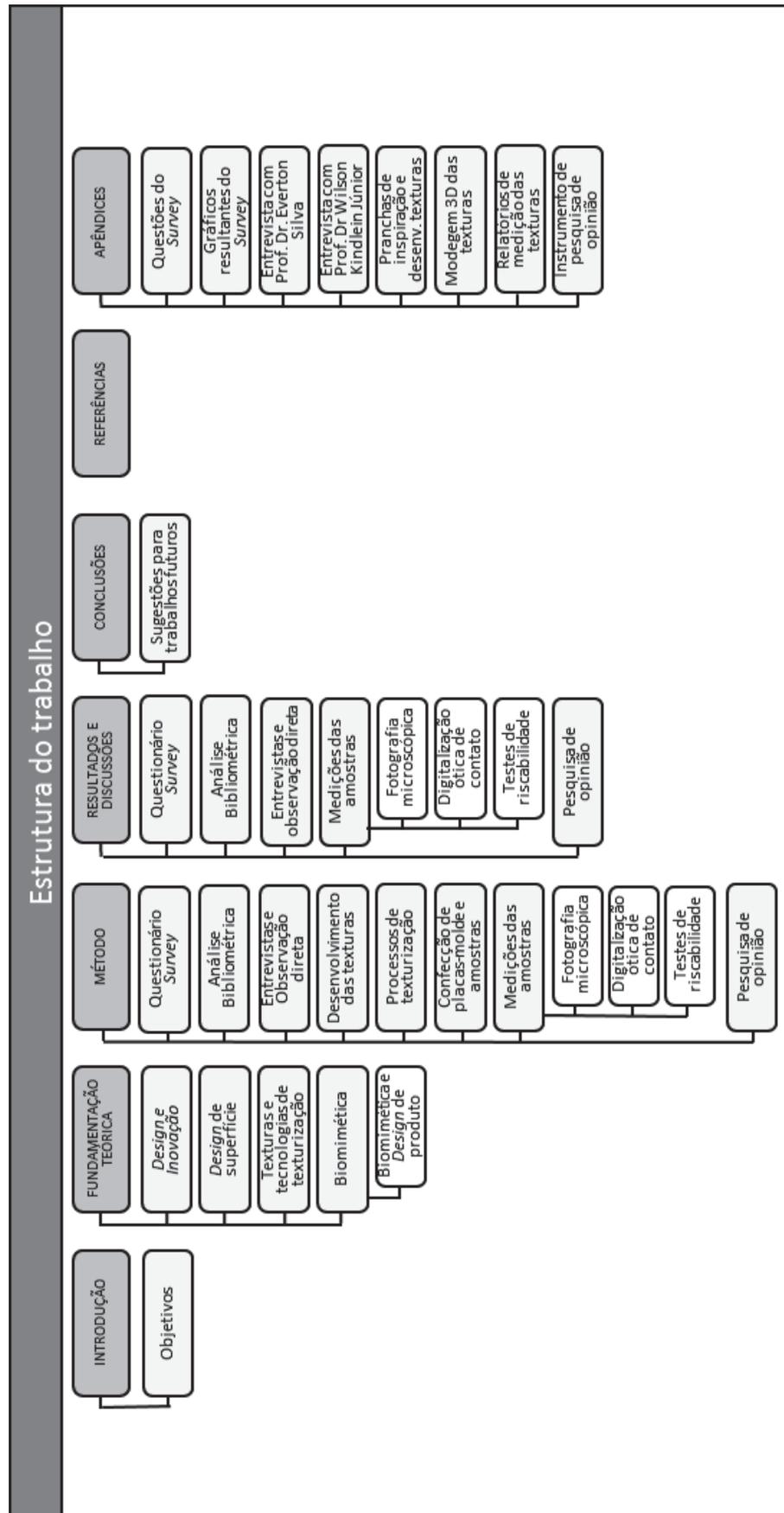
Objetivos específicos

Os objetivos específicos podem ser resolvidos a partir das respostas às seguintes questões básicas de pesquisa:

- De que forma texturas inspiradas na Natureza agregam valor na percepção do usuário de automóveis?
- Quais diferenças visuais e táteis os processos de texturização químico e laser conferem a texturas inspiradas na Biomimética?
- Quais as vantagens e desvantagens de cada processo produtivo de texturização?
- Como é a percepção sobre agregar valor em cada um dos grupos de textura (orgânicos aleatórios, orgânicos ordenados e geométricos ordenados)?
- Quais as relações entre idade, gênero e área de formação dos usuários de automóvel com a predileção por determinados tipos de padrões de textura?
- Qual a relação entre a tecnologia de texturização aplicada e resultados de testes de riscabilidade?
- Os resultados das medições óticas das texturas reproduzidas pelos processos químico e laser são compatíveis com a opinião de especialistas?
- Quais as relações entre os tipos de padrões de textura e as classes de veículos a serem aplicadas, segundo usuários?

A figura 1 apresenta a estrutura desta dissertação e realça os principais tópicos e subtópicos abordados em cada um dos capítulos.

Figura 1 – Visão geral da estrutura do trabalho



Fonte: o autor

1 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

A fundamentação teórica desta pesquisa está balizada em autores de diferentes áreas do conhecimento, com destaque para as áreas do *Design*, Engenharia e Biologia.

O referencial utilizado apresenta conceitos relacionados a: *Design* de Produtos; *Design* de Superfície; Texturas; Tecnologias de texturização em moldes plásticos; Biomimética.

1.1 *Design* e Inovação

O *Design* faz parte das ciências humanas aplicadas e é utilizado como importante ferramenta para gerar inovação em produtos e contribuir para a competitividade das empresas.

A relação existente entre a prática do *design* e sua capacidade de gerar inovação é abordada por diferentes autores na literatura acadêmica e científica. Um levantamento bibliométrico da literatura realizado a partir das palavras-chave *design*, *innovation*, *texture*, *perception* e *biomimicry* apontou que o tema *inovação* ganhou maior relevância no meio científico mundial a partir de 2009. Este levantamento possibilitou selecionar os autores que abordam o *design* como fonte de inovação sob diferentes perspectivas.

Verganti (2008) estuda as teorias de gerenciamento de tecnologia focadas em gerar inovação, e afirma que há três possibilidades de estratégias de inovação: a inovação puxada pelo mercado; a inovação empurrada pela tecnologia; e a inovação norteada pelo *design*. Esta última estratégia foca em uma mudança radical dos conteúdos simbólicos e emocionais dos produtos e leva a mudanças em suas linguagens e em seus significados. Este tipo de estratégia de inovação é capaz de gerar mais valor e fortalecer a marca, dificultando imitações pelos competidores. Desta forma, a inovação guiada pelo *design* assegura vantagem competitiva sustentável e lucros a longo prazo para a empresa.

Norman e Verganti (2014) afirmam que a inovação radical acontece em duas ocasiões: quando se desenvolve uma nova tecnologia, ou na ocasião em que se altera o significado do objeto. Esta última não tem sido estudada como uma abordagem à inovação. Os autores sugerem que a pesquisa de *design* pode levar a inovações radicais de produtos, entretanto, acreditam que isso seja improvável por métodos tradicionais de desenvolvimento (*design* centrado no ser humano), evidenciando que a pesquisa em *design* tem muito mais potencial de geração de inovação no campo da alteração do significado do objeto.

De acordo com Farhana e Bimenyimana (2015) mudanças emergentes na percepção do

consumidor levaram a indústria automotiva a focar o *design* como norteador na definição de seus planejamentos estratégicos como forma de gerar inovação. Neste contexto a estratégia de inovação guiada pelo *design* pode ser explorada criando vantagem competitiva sustentável a partir do balanceamento entre necessidades do usuário, oportunidades tecnológicas e significado do produto. Atualmente o *design* é reconhecido como recurso estratégico, uma vez que os consumidores estão aumentando sua atenção para a linguagem do *design*, valorizando a estética, os aspectos simbólicos e os valores emocionais do produto. Os autores relacionam a dimensão estética de um produto ao pensamento estratégico de inovação e analisam sua contribuição para atingir a vantagem competitiva sustentável dentro do mundo contemporâneo dos negócios.

Farhana e Binemiyama (2015) também analisam diversos autores que abordam o tema da inovação norteada pelo *design*, revelando, a partir destes estudos, que o *design* é um recurso estratégico que traz mais valor ao produto e conseqüentemente aos consumidores. Desta forma as empresas levam a corrida competitiva a um novo nível, onde a competição se torna menos violenta, menos feroz. A força do avanço tecnológico não pode ser mais considerada como a única fonte confiável de vantagem competitiva sustentável. Os consumidores almejam não somente ter todas as características técnicas e funcionais como base, mas algo extra, como a aparência estética de um carro, que reflita sua personalidade ou status social. Desta forma a estratégia de inovação norteada pelo *design* pode ser uma fonte potencial para a indústria automobilística com o objetivo de atingir vantagem competitiva sustentável e também dar uma nova dimensão à competição na indústria.

A importância em se atribuir novos significados aos produtos e gerar valor agregado relaciona-se com o tema desta pesquisa considerando que o desenvolvimento de texturas inspiradas na Natureza pode levar a uma nova percepção do produto, gerar inovação pela aplicação do *design* em relação aos aspectos estéticos, simbólicos e semânticos que as texturas podem representar aos usuários de automóveis.

1.2 Design de superfície

O *Design* de Superfície é uma área do *design* que trata do desenvolvimento e da definição de materiais e acabamentos dos produtos. A partir da aplicação de cores, materiais, texturas e acabamentos de diferentes tecnologias, busca-se atender às necessidades estéticas, práticas e simbólicas dos usuários.

A importância do *design* de superfície na concepção de produtos industriais e sua

relação entre as percepções táteis e visuais dos usuários consumidores com o sucesso dos produtos são abordadas na literatura científica por diferentes autores no Brasil com maior frequência a partir de 2008.

Segundo Schwartz (2008), a utilização da superfície como suporte para a valorização de produtos existe desde as mais antigas civilizações. As superfícies dos artefatos têm sido exploradas com padrões e desenhos como forma de valorizar o produto. Estes desenhos podem carregar um valor simbólico-histórico significativo ou servir unicamente como ornamentos abstratos. Independente do seu valor simbólico, hoje a interferência na superfície do produto, além de ser uma tendência no *design* contemporâneo, é um fator importante de inovação.

Schwartz, Neves e Rüttschilling (2008) afirmam que o surgimento do *design* de superfície como especialidade do *design* se deu em resposta às necessidades da sociedade pós-industrial do final do séc. XX, momento em que o sujeito (usuário do objeto) passa a ser o foco no desenvolvimento de projetos de produtos. Pelo fato dos produtos da era pós-industrial serem muito equivalentes tecnicamente, tornou-se necessária a produção de objetos diferenciados para atender a públicos igualmente distintos, fazendo do *Design* de Superfície uma ferramenta estratégica capaz de criar esta customização nos objetos. Desta forma, esta área do conhecimento ganha espaço no desenvolvimento de produtos com o foco de proporcionar ao sujeito uma relação mais harmoniosa com os produtos.

De acordo com Karana, Hekkert e Kandachar (2008) as pessoas interagem com os materiais principalmente por meio de produtos e esta interação envolve atributos como propriedades técnicas (que garantem cumprir os requisitos funcionais dos produtos) e sensoriais (em especial a visão e o toque). A partir desta perspectiva, a escolha de materiais e acabamentos com foco em atender às necessidades técnicas e sensoriais, campo de estudo do *Design* de superfície, assim como o estudo das características intangíveis dos materiais (envolvendo valores e significados culturais, tendências, associações e emoções despertadas pelos materiais nos usuários) é uma ferramenta que o *designer* se utiliza para atribuir significado particular a seus produtos de forma a criar significados intencionais pela seleção apropriada de materiais e acabamentos, incluindo formas, cores e texturas.

Karana, Hekkert e Kandachar (2009) afirmam que os usuários atribuem significados aos materiais que constituem os produtos. A partir de um estudo empírico buscaram relacionar as propriedades sensoriais dos materiais (rugosidade, brilho, transparência etc.) e processos de fabricação (polimento, junção, moldagem etc.) com cinco aspectos efetivos na atribuição do significado dos materiais (agressivo, nostálgico, profissional, *sexy* e lúdico) pelos usuários. O estudo focou prioritariamente nos materiais de 125 produtos apresentados e procurou explorar

como os materiais são empregados para criar significados, buscando entender os diferentes significados que assumem nos produtos. De forma secundária os autores pesquisaram quais processos específicos podem ser usados para garantir experiências sensoriais e significados às pessoas.

A partir dos resultados da pesquisa, Karana, Hekkert e Kandachar (2009) concluem que certos processos produtivos desempenham um papel crucial na criação de significados especiais como luxo, elegância e riqueza. A dureza aparece como o atributo de maior importância para os entrevistados, seguida por rugosidade, brilho e cor (em ordem decrescente de importância). A cor foi associada a produtos divertidos enquanto dureza a produtos agressivos. A rugosidade foi altamente associada ao significado *sexy*. Os autores sintetizam que o significado atribuído ao material depende: do tipo de significado do material (agressivo, nostálgico, profissional, *sexy* e lúdico); do tipo do material; do produto em que o material é aplicado; como o produto é usado; e da experiência pregressa do usuário. As propriedades sensoriais dos materiais desempenham um papel crucial na atribuição de significado aos materiais. O estudo aponta que não é possível determinar uma relação exata entre uma determinada propriedade e um significado. Diferentes combinações de propriedades resultam em diferentes significados dos materiais, entretanto, propriedades particulares são geralmente usadas como signos para atribuir significados aos materiais como dureza, rugosidade e brilho.

As conclusões da pesquisa de Karana, Hekkert e Kandachar (2009) apontam que o estudo de diferentes texturas, considerando suas propriedades visuais e táteis, podem interferir na percepção e significado atribuído por parte dos usuários, incluindo percepção de valor agregado e qualidade percebida, objetos de estudo desta pesquisa.

Brown (2010) afirma que por meio de imagens, formas, texturas, cores, sons e aromas o *Design* enriquece a vida dos seres humanos envolvendo suas emoções, e que tais atributos são resultados de um processo de desenvolvimento de *design* de superfície, capazes de gerar experiências nos usuários, criando vínculos emocionais com os produtos. Tais vínculos refletem na fidelização do cliente à marca, com impacto positivo na competitividade das empresas e em sua atuação de mercado.

Freitas (2011, p.17) afirma que o *Design* de Superfície visa “conferir à superfície uma carga comunicativa com o exterior do objeto e também o interior, capaz de transmitir informações significativas que podem ser percebidas por meio dos sentidos, tais como cores, texturas e grafismos”. A autora aponta o *designer* de superfície como sendo o profissional capaz de tratar, explorar e ressaltar a interface comunicativa dos objetos unindo características funcionais e estéticas. Ao abordar a importância das texturas na indústria por seu propósito

técnico em cobrir imperfeições do processo de injeção de peças plásticas, a autora afirma que, além de proporcionar melhor acabamento às peças, as texturas contribuem para aumentar o valor percebido de qualidade, lembrando que a indústria automotiva, a partir de pesquisa e desenvolvimento em *Design* (em especial a área de *Color&Trim*), pode ser considerada pioneira na área de desenvolvimento de texturas aplicadas a peças plásticas como forma de gerar inovação e aumentar a qualidade percebida do produto.

Referindo-se ao *Design* de superfície e à sua relação com as escolhas do usuário ao adquirir um produto, Rinaldi (2013) afirma que a união de fatores representativos, estruturais e relacionais, entendidos e considerados no planejamento do produto, mostra, por meio da configuração final do objeto, as influências no comportamento humano ao se adquirir um bem. O autor afirma que o *Design* de Superfície é uma área em plena expansão e que confere aos produtos valores distintos, a partir de um trabalho cuidadoso de *design* que envolve tecnologia, sustentabilidade e estética funcional. O autor afirma que o *design* de superfície vem sendo utilizado pelas indústrias como uma ferramenta capaz de aumentar a competitividade das empresas a partir de uma estratégia de projetos com foco na valorização do usuário, considerando o modo como ele pensa e se relaciona com o produto. Desta forma, a superfície é considerada como um elemento essencial no projeto, contribuindo para a qualidade e sucesso do produto perante o consumidor, desvinculando-se do antigo estigma de cumprir a apenas uma função ornamental ou decorativa.

Para Yanagisawa e Takatsuji (2015) a textura de superfície é um fator de *design* que consiste em atributos físicos criados por uma variedade de materiais e acabamentos de superfície com atributos como rugosidade, brilho, cor e dureza. As pessoas percebem ou preveem as características das superfícies correlacionando cada um de seus atributos físicos pela informação sensorial, em um processo chamado pelos autores de características percebidas, exemplo: a rugosidade de uma superfície percebida por meio do toque. Usando uma combinação de características percebidas de uma textura superficial, as pessoas percebem a qualidade tátil da superfície como algo agradável ao toque. Algumas características de superfícies podem ser percebidas por meio de múltiplas modalidades sensoriais, por exemplo: nós podemos perceber a rugosidade de uma superfície pelo olhar, assim como pelo toque. Para desenhar a textura superficial de um produto, o *designer* precisa entender a relação entre os atributos físicos das superfícies (como parâmetro de *design*), e a resposta psicológica do consumidor à superfície.

Com foco em verificar as contribuições da biomimética como fonte de inspiração do *designer* para a criação de desenhos de texturas aplicadas em peças plásticas do interior de

veículos, buscou-se identificar no levantamento bibliográfico os autores que abordam a questão das fontes de inspiração do *designer* no processo de desenvolvimento.

De acordo com Gonçalves, Cardoso e Badke-Schaub (2014) a inspiração para *designers* pode vir de exemplos de produtos, edificações, peças de arte, figuras, documentos escritos, e também de diversas formas de vida da natureza e outros fenômenos, entretanto, não há registros que possam apontar uma tendência dos tipos de estímulos inspiradores que os *designers* supostamente usam ou preferem. Durante a fase de geração de ideias os *designers* utilizam-se de suas experiências pregressas, assim como dos diferentes tipos de estímulos internos e externos aos quais podem ter acesso.

Por uma pesquisa realizada com 103 estudantes de *design* e 52 *designers* profissionais, Gonçalves, Cardoso e Badke-Schaub (2014) levantaram os seguintes dados:

1. A importância atribuída à inspiração no processo de geração de ideias de *design*: em uma escala entre 1,0 (equivalente a nenhuma importância) e 5,0 (equivalente a muito importante) a média entre estudantes e profissionais de *design* foi acima de 4,3 (importante);
2. A frequência de uso da pesquisa inspiracional: em uma escala entre 1,0 (nunca) e 5,0 (sempre) a média entre estudantes e profissionais de *design* foi acima de 4,2 (entre frequentemente e sempre);
3. As fontes inspiracionais são mais importantes na fase de geração de ideias (acima de 70%);
4. A importância de estímulos representacionais por imagens, objetos e textos, em uma escala entre 1,0 (equivalente a nenhuma importância) e 5,0 (equivalente a muito importante) a média entre estudantes e profissionais de *design* pelo uso de imagens foi acima de 4,2 (importante);

A partir das abordagens dos autores utilizados neste referencial teórico, verifica-se que o uso do *design* e do *design* de superfície como ferramenta para gerar inovação é um recurso estratégico cada vez mais explorado pelas empresas.

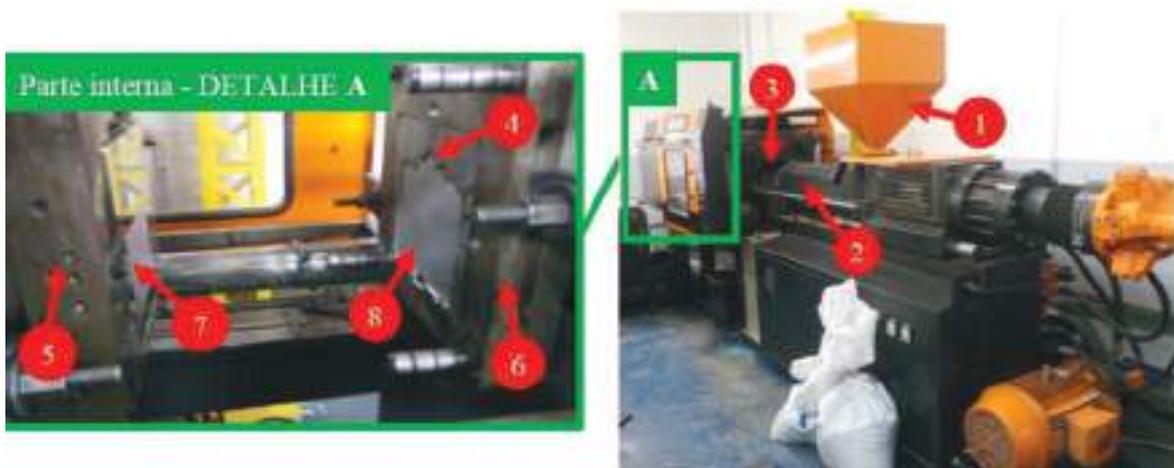
O *design* tem o potencial de melhorar a relação emocional entre o cliente e o produto e, desta forma, servir como elemento diferenciador na competitividade das empresas.

O alto nível de importância e frequência de uso atribuídos às pesquisas inspiracionais visuais no processo de *design* por parte de estudantes e profissionais, justifica a busca por inspiração em elementos visuais da Natureza como um caminho possível para a criação de texturas aplicadas em peças automotivas.

1.3 Texturas e tecnologias de texturização em moldes plásticos

As peças plásticas utilizadas no interior de automóveis são produzidas pelo processo de injeção. O processo de injeção plástica é realizado a partir de injetoras de plástico em moldes metálicos compostos por cavidades cujas configurações de forma devem possibilitar a moldagem e a extração das peças plásticas com qualidade. A figura 2 apresenta a foto de uma máquina injetora de plástico.

Figura 2 – Injetora de plástico



- 1 - Armazenagem do polímero em grânulos
- 2 - Cilindro com rosca e resistências elétricas (plastificação do polímero)
- 3 - Bico de injeção
- 4 - Canal de injeção (entrada do material no molde)
- 5 - Placa móvel
- 6 - Placa estacionária
- 7 - Placa-molde com textura (fixa na placa estacionária)
- 8 - Cavidade do molde

Fonte: o autor, a partir de arquivo pessoal

Os moldes metálicos variam de tamanho, peso e complexidade de construção em função das dimensões e da complexidade da forma das peças injetadas. Para garantir a produção de peças com qualidade os moldes devem ser projetados considerando diversos parâmetros como: viscosidade do material injetado; tempo, temperatura e pressão de injeção; dimensões da peça; tempo de resfriamento entre outros. A figura 3 apresenta como exemplo a matriz de um molde de injeção de um painel de instrumentos automotivo em processo de texturização por ataque químico.

Todas as peças plásticas do automóvel que não recebem pintura são texturizadas para melhorar a aparência do produto. O tipo de textura aplicada depende de características da peça

e do conceito de *design*.

Figura 3 – Matriz de molde de injeção (em texturização por ataque químico)



Fonte: arquivo pessoal do autor

Silva *et al.* (2009) afirmam que as texturas podem contribuir na relação emocional entre usuário e objeto pois estão diretamente relacionadas à percepção de valor e à qualidade percebida do produto.

Segundo Lóss e Jansen (2015) a palavra textura é basicamente o oposto de polimento, enquanto texturização é um processo usado para aplicar padrões às superfícies dos moldes (de injeção plástica). As texturas são aplicadas diretamente no molde durante sua manufatura. A qualidade final de aparência (visual) e tátil (háptica) da superfície plástica do produto estão diretamente relacionadas a características como: padrão de textura; acabamento superficial da textura; características do polímero injetado; contração do material injetado; parâmetros de produção do processo de injeção plástica; cor e brilho da peça injetada.

Ainda segundo Lóss e Jansen (2015), os padrões de texturas podem ser classificados como: naturais ou orgânicos; geométricos e funcionais. A figura 4 apresenta exemplos e um resumo das características de cada grupo de padrões de textura.

Figura 4 – Classificação dos padrões de textura

CLASSIFICAÇÃO DOS PADRÕES DE TEXTURA		
Tipo	Características Predominantes	Exemplos
NATURAL ou ORGÂNICO	Imitam: peles (couros), madeiras ou pedras	
	Rapport de repetibilidade de padrão aleatório	
	Profundidades entre 60 µm e 125 µm	
GEOMÉTRICO	Formas básicas compostas por quadrados, círculos e linhas	
	Filme único ou multilayer	
FUNCIONAL	Método de aplicação tipo Spray	
	Profundidades entre 10µm e 30µm	
	Pode aparentar acabamento similar ao de Eletroerosão	

Fonte: o autor

As texturas aplicadas às superfícies de peças plásticas apresentam diversas funções no *design* de superfície, as mais importantes são:

- i. Agregar valor estético visual ao produto pela aplicação de desenhos que imitam efeitos de tecidos, couros ou ainda desenhos aleatórios ou geométricos ordenados, aumentando a percepção de qualidade do produto;
- ii. Diminuir o brilho superficial do polímero injetado, melhorando a percepção de qualidade do material;
- iii. Minimizar a visualização de efeitos de manchas de fluxo do material oriundos do processo de injeção;
- iv. Melhorar a aderência em peças que necessitam de maior controle e precisão de manipulação como volantes, comandos, manípulo do câmbio entre outros;
- v. Melhorar a ergonomia relacionada aos aspectos hápticos (suavidade, maciez e toque) entre o ser humano e a peça plástica;
- vi. Minimizar o efeito visual de eventuais marcas de arranhões causados durante a utilização do produto, buscando aumentar o ciclo de vida e minimizar a necessidade de troca ou substituição.

De acordo com Silva (2016) a percepção de texturas e materiais dos produtos pelo toque com os dedos é uma maneira de comunicação entre usuário e produto. O autor destaca os

principais atributos de classificação das texturas táteis da seguinte forma: 1. Dimensão (relacionado ao tamanho do comprimento de onda da textura - micro, macro ou mega textura); 2. Densidade (relação de número de elementos sobre a área da superfície - exemplo: 25 elementos por mm²); 3. Regularidade (relacionado à simetria e proporção - regulares ou irregulares) e; 4. Forma (baseado na estrutura – orgânica ou geométrica). O desenvolvimento de texturas aplicadas a produtos deve considerar suas dimensões mínimas para que sejam perceptíveis tátil e visualmente pelo usuário e, dessa forma, serem utilizadas como atributo de valor agregado ao produto.

Tabela 1 – Escala das texturas

ESCALA DAS TEXTURAS			
Definição:	Microtextura	Macrotextura	Megatextura
Comprimento de onda	< 0,5 mm	0,5mm - 50mm	> 50mm

Fonte: adaptado de SILVA (2016)

Silva (2016) refere-se à escala das texturas (dimensões dos desenhos de cada elemento de repetição da textura), fator que influencia tanto na percepção tátil como visual. As escalas das texturas são definidas a partir de seus comprimentos de onda, conforme apresentado na tabela 1. Comprimento de onda refere-se à distância entre repetições da forma da textura.

A indústria automotiva utiliza no interior de seus produtos algumas peças plásticas com microtexturas (exemplo: alças, botões, maçanetas, molduras) e a maioria das peças de revestimento com macrotexturas (painel de instrumentos, revestimentos de porta, revestimento de colunas, soleiras, consoles entre outras).

A observância e o atendimento dos parâmetros dimensionais de escala e profundidade (rugosidade da macrotextura) para o desenvolvimento das texturas desta pesquisa foram fundamentais para viabilizar a análise de percepção visual e tátil proposta neste estudo.

De acordo com Lóss e Jansen (2015), durante o desenvolvimento das superfícies dos produtos, a informação mais importante na execução da viabilidade técnica da injeção é a definição dos ângulos mínimos de extração da peça do molde. Estes ângulos estão relacionados, entre outros aspectos, às profundidades e desenhos das texturas: quanto maior a profundidade da textura, maior deve ser o ângulo de extração mínimo requerido a fim de se evitar problemas de marcas de raspagem, riscos e conseqüente diminuição da qualidade do produto por conta de avarias causadas na superfície no momento da extração do molde de injeção.

Vários fatores influenciam na definição do ângulo de extração, como o tipo de resina ou polímero utilizado, melhorias na tecnologia de moldagem, entre outros, entretanto, para

superfícies polidas a prática estabelece um ângulo mínimo de extração de um grau e adição proporcional de mais um grau a cada quinze microns de profundidade de textura. Em algumas regiões do produto pode ser necessária a utilização de *dégradés* (*grain depth gradient*) onde a textura é reproduzida em regiões específicas com profundidades menores do que a nominal, a fim de atender a limitações de ângulos de saída da geometria do produto sem causar problemas de raspagem.

1.4 Biomimética

Janine M. Benyus cunhou pela primeira vez em 1997 o termo “Biomimética – Inovação inspirada na Natureza” apresentando-o como uma nova ciência, que identifica os elementos da Natureza capazes de revolucionar os produtos, os processos e a vida cotidiana, em todos os campos da inventividade humana: informática, medicina, produção, distribuição de energia, economia e negócios, e a alimentação do planeta como um todo (BENYUS, 2002).

O termo biomimética vem do grego *bios* (vida) e *mimesis* (imitação), ou seja: biomimética significa imitação da vida, e representa um novo foco de imitação dos processos naturais para encontrar soluções inovadoras a problemas complexos. Em vez de focar no que pode ser extraído da natureza, a biomimética se atenta ao que se pode aprender com ela. Esta abordagem é baseada em três dimensões: os nove princípios da vida; a natureza como modelo, medida e mentora; a metodologia de design espiral.

Benyus (2002) aponta nove princípios básicos de operação da natureza que podem ser utilizados como um modelo benéfico para o comportamento humano. Benyus postula que estas leis, estratégias e princípios têm sido encontrados de forma consistente ao longo de gerações e culturas. Esses nove princípios refletem as características inerentes dos ecossistemas. Os princípios são:

- A natureza vive em cooperação - ecossistemas naturais operam em uma rede simbiótica, complexa, de relações mutuamente benéficas. Trabalhar em conjunto é gratificante e necessário.
- A natureza adapta forma à função – eficiente e elegantemente, a natureza constrói coisas que funcionam pois foi construída limitando-se aos recursos disponíveis.
- A natureza se assenta na diversidade – para encontrar a melhor solução, a aleatoriedade da entropia permite flexibilidade e adequação.
- A natureza recicla e encontra uso para tudo – não gera resíduos, tudo é reaproveitado.

- A natureza exige conhecimento preciso do local e de recursos - requer uma rica biodiversidade para se adaptar às mudanças e crescer, os ecossistemas locais exigem uma rica gama de recursos e o envolvimento de muitas espécies locais para criar uma comunidade. Os moradores estão familiarizados com os limites dentro dos quais eles estão vivos e estão familiarizados com outras espécies que compartilham este espaço e que desenvolveram sua própria experiência adaptativa. A natureza não precisa importar nada de fora. Se o recurso não estiver lá, não pode ser usado.

- A natureza corta o desperdício desde a origem – evita excessos internos em sua construção, mantendo o equilíbrio com a biosfera.

- A natureza não ultrapassa seus limites - vive com os recursos essenciais disponíveis para sua manutenção.

- A natureza trabalha à luz do sol.

- A natureza utiliza apenas da energia de que necessita - não esgota os recursos naturais por consumi-los desnecessariamente e otimiza sua utilização ao máximo; utiliza apenas do que precisa para sobreviver e evoluir.

A Biomimética é uma nova maneira de ver e valorizar a natureza. Benyus (2002) propõe que se as pessoas querem imitar conscientemente a natureza, precisam enxergá-la como modelo, medida e mentora.

- Modelo: as pessoas podem recorrer à natureza para modelarem novas formas de comportamento. A natureza pode fornecer *insights* sobre a busca de novas formas de enquadrar a vida do dia-a-dia. Na natureza, não há desperdício. Existem sistemas que se suportam mutuamente, respeitando as necessidades de cada espécie. A otimização prevalece em relação à maximização, criando sistemas tão eficazes e funcionais quanto possível.
- Medida: a natureza pode oferecer padrões de uso que possibilitam aprender a manter uma estabilidade dinâmica, melhorar a interação, sem prejudicar ou comprometer o outro.
- Mentora: a partir da qual pode-se aprender como uma fonte de ideias, inovação e inspiração. A natureza é uma fonte de conhecimento para a imitação. Mentores são amigos confiáveis; conselheiros ou professores, geralmente uma pessoa mais experiente. O planeta Terra teve 4,2 bilhões de anos para evoluir e ganhar experiência de sistemas eficientes, resistentes e adaptativos. Os seres humanos

fariam bem em prestar atenção e aprender, em vez de explorar e destruir (BENYUS, 2002).

O Instituto Biomimicry (fundado por Janine Benyus) criou uma metodologia de projeto espiral para ajudar as pessoas a aprender e praticar a biomimética em cinco fases iterativas com base no pressuposto de que depois de se resolver um desafio, deve-se avaliar o quão bem ele atende aos princípios da vida e, com frequência, um novo desafio desponta, e o processo de *design* recomeça.

Intitulado O desafio à Biologia – espiral do *Design* esta abordagem metodológica proposta pelo instituto Biomimicry é composta por cinco fases:

- Destilação – desmembrar a função *design* a fim de se estabelecer os propósitos e objetivos do desenvolvimento.
- Tradução – correlacionar as funções de *design* com a biologia. Traduzir a questão para saber de que forma pode ser abordada sob a perspectiva da natureza.
- Descoberta – investigar e pesquisar a fim de descobrir possíveis soluções da natureza que possam resolver o problema levantado.
- Emulação – explorar a criação de múltiplas soluções, estratégias e modelos possíveis para a solução do problema.
- Avaliação – discutir se a solução aplicada atende à solução do problema respeitando as leis e princípios de sucesso encontrados na natureza.

A partir da análise bibliométrica realizada, alguns estudos mais relevantes relacionados ao tema foram identificados e selecionados como fonte de pesquisa.

Designers, engenheiros e arquitetos utilizam diferentes metodologias para a busca de soluções em seus projetos. Nesse processo, a busca por inspirações destaca-se como importante atividade da fase conceitual do projeto. De acordo com Alshami *et al.* (2015) novos métodos de busca por fontes de inspiração para *designers* e arquitetos têm sido criados ao longo dos anos, a maioria com foco em buscar sustentabilidade. Arquitetos procuram entender os princípios e regras de sistemas naturais que produzem ordem estrutural e organização de material de alta complexidade, eficiência e beleza.

Designers de produto utilizam diversas ferramentas durante o processo de identificação da problemática e busca por soluções de projeto. Segundo Volstad e Boks (2008) o uso da biomimética como uma das ferramentas que o *designer* utiliza tem sido uma alternativa aos métodos tradicionais de desenvolvimento de produto. Os autores citam exemplos de soluções inspiradas na natureza já implementadas em diversas indústrias, seja na inspiração de formas mais aerodinâmicas dos veículos, na construção de estruturas tridimensionais baseadas nas

colmeias de abelhas, como forma de melhor relação entre espaço construído e quantidade de material utilizado (cera), ou ainda no desenvolvimento de adesivos baseados nos filamentos encontrados nas patas de lagartixas.

Volstad e Boks (2008) propõem uma nova ferramenta para o uso da biomimética por *designers* e engenheiros e afirmam que, mesmo que estes profissionais já tenham consciência das oportunidades que a biomimética pode trazer às soluções de projetos, muitas vezes os dados oriundos das ciências biológicas estão ocultos em trabalhos técnicos e científicos escritos para biólogos e raramente organizados para que sejam acessíveis para funções de *design* e engenharia. Duas ferramentas são citadas pelos autores: uma é a *Biologists at the Design Table*, ação que envolve biólogos e apresenta metodologias de *design* a fim de que estes possam entender melhor como podem contribuir para soluções de projeto de *design*, ou seja, como podem encontrar as estratégias naturais que atendem a desafios específicos de *design* e avaliar quais desses projetos ou estratégias de sistemas são mais promissores como proposta de projeto. A outra ferramenta citada consiste em tentativas de se criar bases de dados que possibilitem uma forma fácil e clara de *designers* e engenheiros acessarem as informações biológicas de que precisam.

Volstad e Boks (2008) concluem que os exemplos do uso da biomimética demonstram que esta ferramenta pode ser muito útil aos *designers* e que o principal desafio é o acesso às informações necessárias ao seu uso eficaz e bem-sucedido. Encerram o estudo pontuando que o uso da biomimética pode ser uma ferramenta adicional ao *designer* (e não exclusiva) pois para cada problema a ser solucionado nos projetos há soluções específicas que podem ou não ser oriundas da natureza. Em alguns casos a restrição do tempo do projeto também pode ser um impeditivo ao estudo da biomimética e cabe ao *designer* decidir se esta ferramenta é o caminho mais adequado para encontrar a solução de seu problema específico.

Sobre os estudos relacionados exclusivamente ao biomimetismo, percebe-se que, embora a inspiração na natureza para a produção de produtos dedicados às soluções humanas do mundo contemporâneo não seja algo recente (a exemplo do Velcro[®], desenvolvido em 1941 pelo engenheiro suíço Georges de Mestral a partir da observação da estrutura superficial de sementes que ficavam presas nos pelos de seu cão), o estudo da biomimética (*Biomimicry*) ganhou visibilidade pelo mundo e importância no campo científico a partir dos estudos científicos de Janine M. Benyus com a publicação do livro “*Biomimicry: innovation inspired by nature*” com primeira edição de 1997.

Exemplos desses estudos são os relacionados à textura da pele do tubarão e de padrões de microtextura nas superfícies de plantas como a flor de lótus e da planta aquática *Salvinia*

molesta.

Por meio de experiência científica, Steigleder (2010) observou que a morfologia da planta *Salvinia Molesta* apresenta tanto características hidrofóbicas (capacidade de repelir água), quanto hidrofílicas (capacidade de absorver água), abrindo possibilidades de criação de superfícies baseadas nas texturas de sua estrutura superficial que sejam repelentes ou que absorvam água, ou então a junção dessas duas, o que resultará em uma superfície de dupla função. A autora cita possíveis aplicações de superfícies com características hidrofóbicas e/ou hidrofílicas no *design* de produtos e na arquitetura com potencial para aumento do conforto térmico, bem-estar e conservação de energia. A aplicação de texturas desenvolvidas a partir deste estudo com as propriedades citadas pode levar a uma maior facilidade e eficácia na limpeza e remoção de resíduos em embalagens de cosméticos, vasos, vidros automotivos entre outros.

Um estudo realizado na Itália (TRICINCI *et al.*, 2015) simulou fisicamente por prototipagem rápida a textura encontrada nas folhas da planta aquática *Salvinia Molesta*, e concluiu poder reproduzir em superfícies de material sintético três propriedades naturais da folha estudada: a capacidade hidrofóbica desta textura; retenção de ar na superfície quando submerso em água; e a capacidade de promover a condensação de água da atmosfera. A partir da conclusão deste estudo levantou-se a hipótese da replicação da experiência para aplicação em polímeros dos quais as peças automotivas são fabricadas, com o intuito de obtenção de melhoria nas características superficiais como sujidade e limpeza.

Estudos relacionados ao desenvolvimento de superfícies com propriedades mecânicas específicas como a hidrofobia da flor de Lótus, que foi inspiração para tintas e superfícies autolimpantes, são mencionados com frequência em estudos científicos que tratam a biomimética como uma prática de observação e aplicação importante no desenvolvimento de soluções para o ser humano (ARNARSON, 2015).

Tavsan e Sonmez (2015) apresentam um estudo de diversos móveis criados a partir de conceitos biomiméticos, sejam de ordem estética ou prática, lembrando a importância de tais objetos nos aspectos simbólicos do estilo de vida e riqueza cultural do ser humano. Esta abordagem revela a importância do *design* na compra de produtos a partir de questões simbólicas implícitas nos objetos e sua relação com a qualidade percebida do produto.

O *design* baseado na biomimética é um paradigma que ganhou popularidade entre *designers* que precisam construir um *design* complexo, sustentável e criativo. Weiler e Goel (2015) preocupados em construir teorias baseadas em evidências nos processos de criação de *design* utilizando a biomimética como inspiração, realizaram um estudo de caso a partir de um

projeto de um grupo multidisciplinar de pesquisadores composto por um biólogo, um engenheiro de materiais e um *designer*. O foco da pesquisa foi registrar detalhadamente os passos de um desenvolvimento de *design* de um condensador de água atmosférica partir de conceitos biomiméticos inspirados na configuração formal e funcionalidade das mitocôndrias. O registro das evidências dos passos adotados na metodologia de projeto foi documentado detalhadamente em diários dos três pesquisadores com o intuito de registrar as evidências da metodologia utilizada, as dificuldades e os resultados encontrados desde as primeiras ideias até a avaliação final de um protótipo utilizado como prova de conceito. O primeiro passo do método foi contextualizar a pesquisa definindo a problemática e os objetivos do projeto. O processo de *design* consistiu em: estabelecer o problema inicial e contextualizar seu uso e público alvo; reformular o problema a fim de ampliar as aplicações de uso do produto (com foco no uso por campistas); conceituar o *design* e a inspiração biomimética; redefinir o problema; reproduzir fisicamente o modelo a partir de testes iniciais as ideias levantadas; observar as falhas destes primeiros testes; fazer pesquisas adicionais, redesenhar, testar e experimentar; executar um experimento tipo prova de conceito pela construção de um protótipo; comparar o modelo de tarefa com o processo de *design* inspirado na biomimética; discutir conclusões. Os autores concluem que este método de uso de registros dos passos da pesquisa e a análise detalhada dos diários foi possível descrever uma pesquisa ampla e bem documentada. Foi identificada a eficiência do protótipo, comparando-o com os sistemas disponíveis no mercado. O uso do experimento possibilitou: a evolução do problema e sua reformulação; testar as analogias transferidas entre *design* e biologia; verificar que o modelo físico evidencia que a transferência de analogias conceituais entre a biologia e os padrões criados pelo *design* necessitam de ajustes para melhoria da eficácia do experimento.

1.4.1 Biomimética e Projeto de Produto

O estudo da natureza para se obter ideias na solução de problemas transdisciplinares tem recebido recentemente nova atenção do campo da biomimética. Segundo McGregor (2013), a biomimética surgiu da demanda crescente por inovações e inspirações mais profundas e é uma metodologia para a solução de problemas transdisciplinares. A natureza da resolução de problemas sob a perspectiva da Biomimética reflete a essência da metodologia transdisciplinar usada para a criação de novos conhecimentos. A transdisciplinaridade se empenha na produção de novos conhecimentos que podem ser usados para criar soluções inovadoras para os prementes problemas mundiais, inovações em pensamento, bem como em artefatos reais.

Detanico, Teixeira e Silva (2010) apontam que a competitividade do mercado atual leva as indústrias a um constante aprimoramento de seus produtos, nos quais os conceitos de funcionalidade, estética e economia (sustentabilidade) são essenciais para que as empresas atinjam suas metas. Para isso, *designers* utilizam-se do processo criativo para desenvolverem soluções inovadoras. Dentre outros, a Biomimética também pode ser considerada como um método criativo, pela busca de soluções análogas a elementos da Natureza em âmbito formal, comportamental ou funcional.

Silva (2016) destaca que as texturas da Natureza são muito singulares pois derivam de uma evolução lenta organizadas de forma mais eficiente. A observação direta na natureza abre uma ampla gama de possibilidades criativas. O uso de equipamentos tecnológicos, como a digitalização assistida por softwares tridimensionais, assim como de softwares de vetorização bidimensional a partir de desenhos de texturas naturais, têm permitido o desenvolvimento de uma metodologia de criação de texturas baseadas na natureza que possibilitam ajustes de tamanho e padrão a partir de micro ou macro texturas. Em um mundo de soluções artificiais repetidas, esta metodologia permite um retorno a parâmetros orgânicos emocionalmente importantes ao ser humano e, desta forma, relevantes no desenvolvimento de novos produtos.

Ainda segundo Silva (2016), texturas inspiradas na biomimética podem ser encontradas com frequência em produtos industriais, entretanto, nem sempre desenvolvidas a partir de uma perspectiva da relação emocional que provocam no usuário. A exploração do ambiente natural como forma de inspiração para o desenvolvimento de texturas que aumentem a qualidade sensorial é um campo de pesquisa da Biomimética. A sequência de Fibonacci, a proporção áurea, a proporção divina são exemplos de elementos estruturais que reforçam a identidade organizacional complexa de texturas naturais, bem equilibradas.

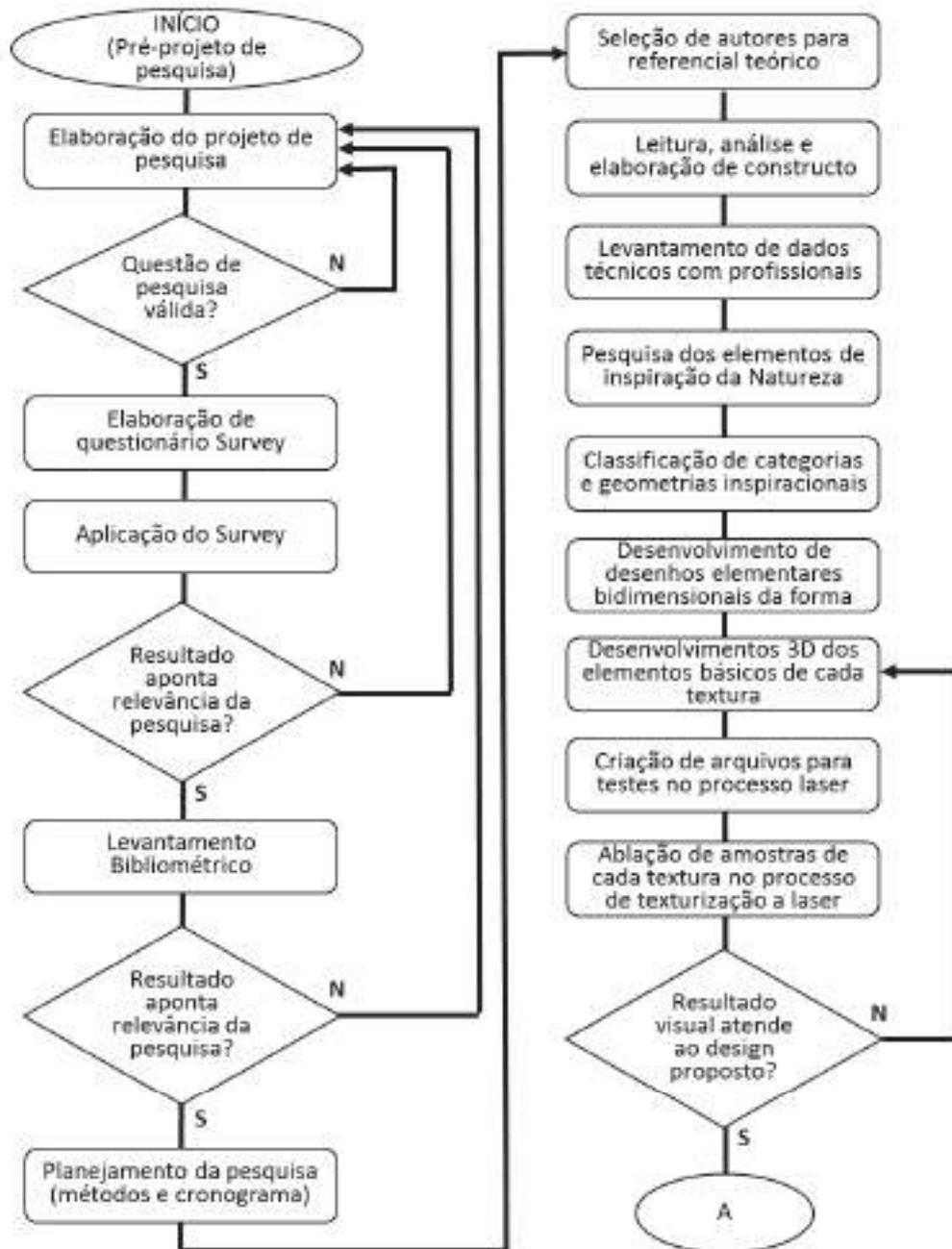
O uso de amostras físicas que reproduzem a texturização de peças plásticas possibilita a captação da real percepção do usuário em relação aos aspectos visuais e táteis de cada textura, e apontam o quanto tais desenhos e relevos podem agregar valor e gerar inovação ao produto. O resultado desta pesquisa pode, desta forma, servir como base para novos desenvolvimentos de texturas a serem aplicadas em automóveis.

2 MÉTODO

Esta pesquisa é empírica, de natureza aplicada com objetivo exploratório e abordagem mista (qualitativa e quantitativa).

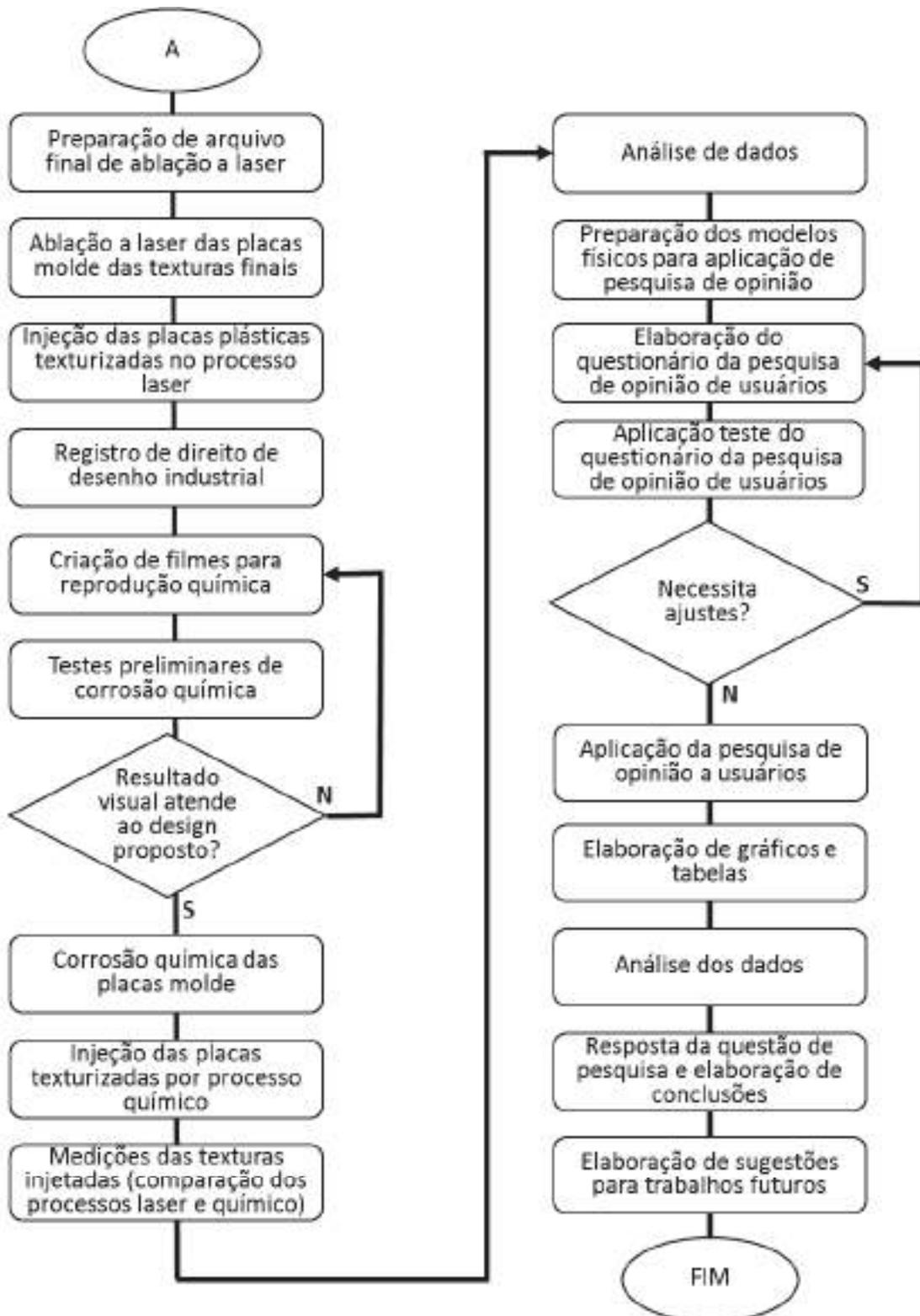
As figuras 5a e 5b apresentam o fluxograma do trabalho de pesquisa.

Figura 5a – Fluxograma do trabalho de pesquisa



Fonte: o autor

Figura 5b – Fluxograma do trabalho de pesquisa



Fonte: o autor

2.1 Questionário tipo Survey

A partir da aplicação de um questionário tipo *Survey* foi possível identificar o grau de familiaridade de uma amostra não-probabilística de pessoas com o campo da Biomimética e entender a percepção de valor que a amostra apresentou em relação às texturas aplicadas em superfícies dos automóveis. Os resultados deste questionário indicam a relevância do tema desta pesquisa e o nível de importância da inovação em texturas inspiradas na biomimética, sob a ótica de usuários de automóveis.

De acordo com Babbie (2003), o *Survey* é provavelmente o método de pesquisa mais amplamente conhecido e utilizado pelas Ciências Sociais, crescendo diariamente seu uso no mundo acadêmico nos departamentos das ciências políticas, sociologia, administração, geografia entre outros. O autor descreve as características científicas do questionário tipo *Survey* classificando-a como: lógica, determinística, geral, parcimoniosa e específica. O autor conclui que, onde a ciência deve ser empiricamente verificável, o questionário tipo *Survey* oferece um método de verificação empírica e adequado à intersubjetividade. Afirma ainda que este método facilita a abertura da ciência, uma vez que coleta e quantifica dados que ficam disponíveis como fonte permanente de informações para futuras comparações e análises de contexto histórico temporal.

Os objetivos de se aplicar o questionário tipo *Survey* nesta pesquisa foram: a) medir o grau de relevância das texturas como item de geração de valor e de qualidade percebida no automóvel; b) levantar a opinião de usuários a respeito da aplicação da biomimética como ferramenta a ser utilizada no desenvolvimento de texturas automotivas, com o objetivo de gerar inovação e aumentar o valor agregado no automóvel; c) verificar se há divergência de opinião e percepção das questões relacionadas ao automóvel entre as diferentes gerações: *baby boomers* (pessoas acima de 50 anos de idade em 2017), geração X (entre 38 e 50 anos de idade em 2017), geração Y ou *millennials* (entre 23 e 37 anos de idade em 2017) e geração Z (entre 18 e 22 anos de idade em 2017) – os resultados desta estratificação geracional podem indicar caminhos estratégicos para os fabricantes de automóveis criarem veículos que atendam às demandas dos indivíduos pertencentes às novas gerações, grupo potencial de consumidores em médio prazo.

A pesquisa foi estruturada a partir de um questionário contendo onze itens e abordou os temas: Inovação, Biomimética e texturas de peças plásticas no interior do automóvel.

O modelo *Survey* aplicado foi elaborado utilizando-se a plataforma Google Forms® e disponibilizado *link* do dia 15/05/2017 ao dia 26/05/2017, por meio da rede social LinkedIn®

que, totalizavam 671 profissionais de diversas áreas, incluindo os que atuam na indústria automobilística, profissionais de RH, marketing, administração, representantes comerciais, estudantes de *design*, profissionais de *design*, professores, executivos das mais diversas áreas industriais e de serviços, entre outros. Compôs-se desta forma uma amostragem não probabilística (por conveniência), com intuito meramente exploratório. A pesquisa foi enviada como forma de convite com objetivos acadêmicos, cuja participação não-obrigatória dos respondentes aconteceu de forma não identificada, e se obteve 137 respondentes.

2.2 Análise bibliométrica

A partir de uma análise bibliométrica buscou-se levantar o estado da literatura sobre o tema Biomimética a fim de se conhecer a relevância do tema e possíveis *gaps* de pesquisa de sua aplicação no desenvolvimento de texturas na indústria automobilística. Paralelamente fez-se um levantamento de estudos relacionados aos temas: *Design*; *Design* de superfície; inovação; texturas; e percepções do usuário.

A busca por conteúdo científico relacionado aos assuntos abordados no tema da pesquisa se deu entre os meses de abril e julho de 2017 a partir das palavras-chave: *Design*; *Innovation*; *Biomimicry*; *Texture*; e *Perception*.

As bases de dados consultadas e os softwares utilizados no levantamento bibliométrico foram:

- i. Utilização do *software* Publish or Perish[®] para levantamento de dados na base Google Scholar;
- ii. Pesquisas no site SciELO (*Scientific Electronic Library Online*) vinculado às bases de dados Scielo e Web of Science (<http://www.scielo.org/php/index.php>)
- iii. Buscas no site IEEE Xplore Digital Library (<http://ieeexplore.ieee.org/Xplore/home.jsp>);

As buscas realizadas por meio do software Publish or Perish[®] incluíram livros, artigos, citações, teses e dissertações disponíveis na base de dados Google Scholar[®] selecionadas a partir de buscas individuais de títulos publicados entre 2003 e 2017.

As pesquisas no site SciELO tiveram início pela busca individual das palavras-chave e posterior aplicação de filtros considerando: artigos científicos publicados entre os anos de 2003 e 2017 nos idiomas português, inglês e espanhol; seleção de áreas temáticas da base de dados

SciELO e WoS (*Web of Science*) compatíveis com a área estudada; e número de citações do artigo (mais de duas citações).

A partir de buscas pelas palavras-chave no site IEEE fez-se a aplicação dos filtros: seleção somente em periódicos; palavra-chave contida no título do documento; palavra-chave do autor; palavra-chave contida no resumo; corte por data (entre 2003 e 2017); e palavra-chave contida no título da publicação.

Foram encontrados 1988 itens científicos pelas buscas das palavras-chave. Exportaram-se arquivos em formato *.ris* de todas as referências selecionadas em pastas separadas e organizadas por palavra-chave para o software Endnote[®], eliminaram-se os artigos duplicados e artigos de congressos e simpósios, e desta forma chegou-se a um total de 1948 artigos.

Utilizou-se o software Endnote[®] para nova filtragem dos artigos a partir da combinação booleana de palavras-chave, com as combinações:

- *design OR texture* no campo *Title* e *OR design AND texture* no campo *Keywords*, selecionando-se 99 itens;
- *texture AND perception* no campo *Title*, selecionando-se quatro itens.
- *innovation AND design* no campo *keywords*, selecionando-se seis itens.

Para os resultados obtidos com a palavra-chave *Biomimicry* não foram aplicadas operações booleanas e selecionou-se o total de 39 itens.

Desta forma obteve-se como resultado um total de 148 arquivos que foram analisados pelo título e resumo, dos quais vinte foram estudados e considerados os mais relevantes para referencial desta pesquisa. Além dos artigos selecionados, foram considerados adicionalmente: seis livros, duas teses e uma dissertação.

2.3 Entrevistas com pesquisadores, profissionais e observação direta

A partir de uma abordagem qualitativa com pesquisadores e com profissionais foi possível realizar o levantamento de informações técnicas sobre texturas em duas diretrizes:

1. Levantamento de informações sobre as pesquisas acadêmicas e projetos desenvolvidos por pesquisadores do LdSM (Laboratório de *Design* e Seleção de Materiais da Universidade Federal do Rio Grande do Sul) relacionados ao desenvolvimento de texturas baseadas na Biomimética;

2. Levantamento de informações técnicas a partir do *know-how* de profissionais de empresas especializadas em texturização de moldes para injeção de peças plásticas, a fim de identificar a problemática das texturas aplicadas em peças plásticas dos automóveis, conhecer as diferenças e as especificidades dos processos de texturização (químico, laser e híbrido) e identificar oportunidades de melhoria da qualidade da texturização de peças plásticas no automóvel.

Foram realizadas duas entrevistas com pesquisadores cujas linhas de pesquisa estão relacionadas ao desenvolvimento de texturas e estudo da biomimética. A partir dos estudos bibliométricos realizados se obteve ciência sobre um grupo de pesquisa vinculado à Universidade Federal do Rio Grande do Sul, que se destaca, entre outras linhas de pesquisa, ao estudo de desenvolvimento de texturas a partir da biomimética e desenvolve pesquisas no Laboratório de *Design* e Seleção de Materiais (LdSM) da UFRGS.

Em dezembro de 2017 foi efetuado contato com pesquisadores vinculados ao LdSM e agendada uma visita ao laboratório, que aconteceu em 04 de janeiro de 2018, quando foi possível conversar e conhecer os equipamentos utilizados nas pesquisas relacionadas ao desenvolvimento de texturas.

O Prof. Dr. Everton Sidney Amaral da Silva explicou o processo de criação de texturas utilizado pelo LdSM. Foram apresentadas amostras físicas de alguns estudos realizados, dentre elas algumas texturas usinadas em osso e outras gravadas em cera por tecnologia laser. Apresentou métodos utilizados na avaliação de percepção do usuário em relação a texturas automotivas.

O Prof. Dr. Wilson Kindlein Júnior, explicou sobre os processos de desenvolvimento de texturas baseadas na Biomimética utilizados por seu grupo de pesquisa e teceu apontamentos sobre a importância de uma pesquisa específica e profunda. Contribuiu também com a indicação de alguns trabalhos científicos relevantes sobre o tema, utilizados como referencial teórico desta pesquisa.

Entre os dias 08 e 10 de janeiro de 2018 foram levantadas informações técnicas a partir do *know-how* de profissionais especializados em criação de texturas e texturização de moldes, com o objetivo de se levantar as premissas, as limitações e os requerimentos referentes aos diferentes processos tecnológicos utilizados no desenvolvimento e aplicação de texturas. Os profissionais consultados são proprietários de empresas especializadas na prestação de serviços de texturização para a indústria automobilística, além de atuarem em indústrias do mercado de

utilidades domésticas, embalagens de cosméticos, calçados entre outras. Foram consultados os proprietários de três empresas situadas no estado de São Paulo, das quais, uma localiza-se no município de Santana do Parnaíba (TSP), especializada em todos os processos de texturização usuais (químico, laser e híbrido). A segunda empresa está localizada em Guarulhos (LASERMOLD) e é especializada em texturas laser. A terceira empresa é especializada em texturização por processo químico e está localizada na cidade de Indaiatuba (PKW).

O método de observação direta se deu por diversas visitas realizadas pelo pesquisador, entre os meses de janeiro e junho, às três empresas especializadas em texturização de moldes, onde foi possível:

- Conhecer os equipamentos utilizados pelos processos de texturização: a laser, por ataque químico e híbrido.
- Observar detalhes de cada processo;
- Acompanhar os profissionais texturizadores em cada atividade realizada a fim de sanar dúvidas específicas de rotinas inerentes aos processos de texturização.

2.4 Desenvolvimento das texturas

Após a realização dos questionários com especialistas em desenvolvimento e aplicação de texturas, foi possível entender as limitações e as possibilidades estéticas dos desenhos a serem criados a partir de referências da Natureza e desta forma iniciar o levantamento de fontes de inspiração que pudessem ser utilizadas na criação de desenhos que foram base para a criação das texturas tridimensionais.

O início do desenvolvimento de projetos de *design* supõe um escopo definido do projeto e de um *briefing*. O objeto de estudo desta pesquisa não é um produto específico, mas o desenvolvimento de texturas a serem aplicadas em superfícies de produtos plásticos. Posto isso, considera-se que o *briefing* para o início deste desenvolvimento parte da premissa de se utilizar inspirações da natureza no desenvolvimento das texturas. Desta forma, o primeiro passo para o desenvolvimento é o levantamento de imagens inspiracionais de referência da Natureza

Entre os meses de dezembro de 2017 e janeiro de 2018 realizou-se uma pesquisa pela internet de referências visuais encontradas da Natureza a partir de bancos de imagens, redes virtuais de compartilhamento de imagens (Pinterest®), além de fotografias de elementos da natureza de acervo particular do autor com potencial para gerar inspiração na criação de padrões

de texturas bidimensionais (desenhos, croquis e ilustrações).

As buscas de imagens na internet foram realizadas no site de busca Google Images® e na rede de compartilhamento de imagens Pinterest® a partir dos termos: fauna, flora, plantas, frutos, microscopia, células e microscopia celular.

Esta pesquisa resultou na seleção de 147 imagens inspiracionais que foram classificadas em 6 categorias, a partir de suas características geométricas:

Hexagonais – imagens cujos elementos naturais principais formavam desenhos geométricos predominantemente hexagonais. Totalizaram nesta classificação dezenove imagens de referências.

Pentagonais – imagens cujos elementos naturais principais formavam desenhos geométricos predominantemente pentagonais. Totalizaram nesta classificação dezesseis imagens de referências.

Quadriláteros – imagens cujos elementos naturais principais formavam desenhos geométricos predominantemente quadriláteros (quadrados, retângulos, losangos e formas que sintetizavam contornos desta natureza). Totalizaram nesta classificação dezoito imagens de referências.

Espirais – imagens cujos elementos naturais principais formavam desenhos geométricos predominantemente espirais. Totalizaram nesta classificação dezessete imagens de referências.

Alongados – imagens cujos elementos naturais principais formavam desenhos geométricos predominantemente alongados (elipses e formas cujos comprimentos são muito maiores do que suas larguras, criando formas alongadas, por vezes pontiagudas nas extremidades). Totalizaram nesta classificação vinte imagens de referências.

Não geométricos – imagens cujos elementos naturais principais formavam desenhos amorfos e aleatórios, sem qualquer definição geométrica regular. Totalizaram nesta classificação 57 imagens de referências.

Dentre as 147 imagens selecionadas com potencial de geração de desenhos de texturas foram selecionadas trinta imagens inspiracionais que geraram o desenho de dezoito variações de texturas, com o seguinte resultado:

- Duas texturas hexagonais (a partir de seis imagens inspiracionais);
- Três texturas pentagonais (a partir de quatro imagens inspiracionais);
- Sete texturas quadrilaterais (a partir de seis imagens inspiracionais);

- Três texturas alongadas (a partir de seis imagens inspiracionais);
- Três texturas aleatórias (a partir de oito imagens inspiracionais).

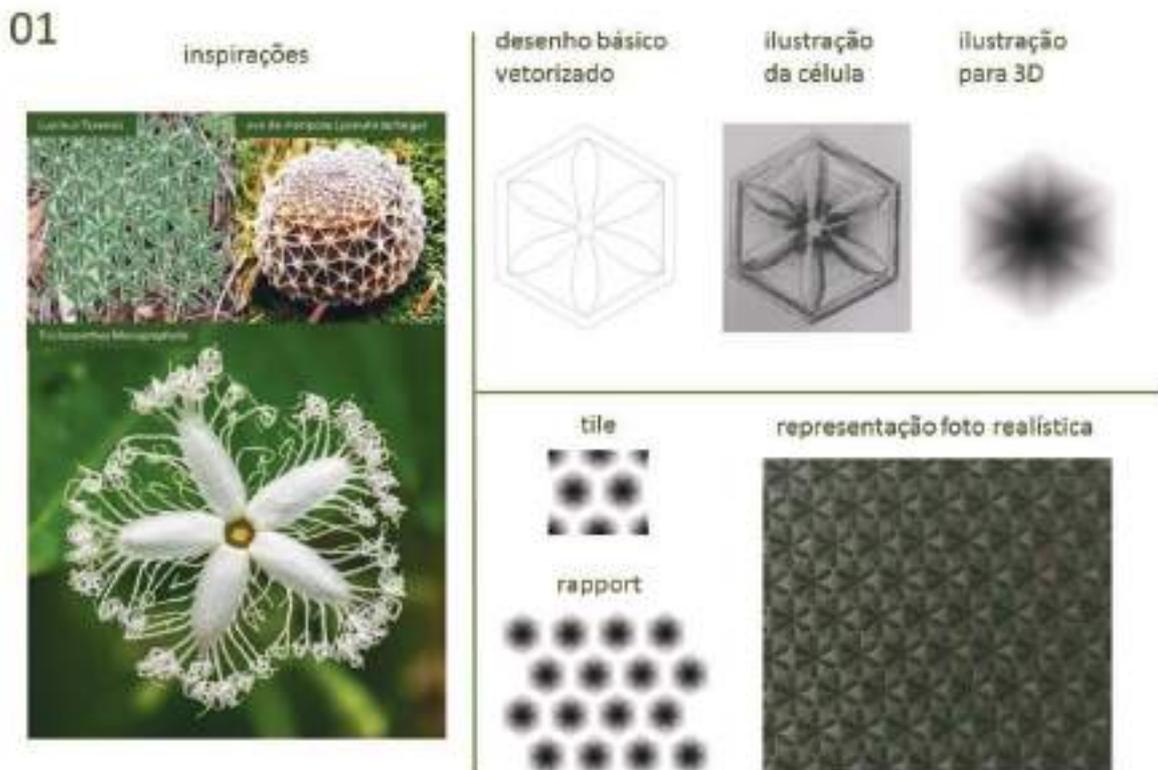
Foram escolhidas doze texturas para serem reproduzidas nas dimensões de 50mm x 50mm cada uma.

Os desenhos das doze texturas foram realizados a partir de croquis manuais com lápis e caneta e posteriormente vetorizados e ilustrados no software Corel Draw[®] para melhor visualização e proporção do desenho em escala. Em algumas texturas foram utilizadas proporções áureas na construção dos elementos, outras foram desenhadas sobre as próprias imagens de inspiração a partir da sobreposição de linhas de construção.

A fim de se avaliar o comportamento de diferentes conceitos estéticos das texturas na reprodução pelos processos químico e laser, decidiu-se por desenvolver texturas de diferentes características formais, classificadas em três grupos a partir dos critérios de forma do elemento básico e distribuição dos elementos. Desta forma as texturas foram criadas e classificadas como:

- Padrões de superfícies orgânicas e distribuição aleatória;
- Padrões de superfícies orgânicas e distribuição ordenada; e
- Padrões de superfícies geométricas e distribuição ordenada.

Figura 6 - Desenhos bidimensionais para desenvolvimento da textura A



Fonte: o autor, a partir de estudos estético-formais

Criaram-se as texturas com base nas informações levantadas junto aos profissionais (requerimentos para a texturização de moldes, características técnicas das texturas e limitações de cada processo de texturização).

A figura 6 mostra as representações do desenvolvimento da textura A (denominada Texas, alusão à imagem inspiracional da planta *Lupinus Texensis*, abundante no estado do Texas – EUA).

As imagens bidimensionais foram utilizadas como base para a modelagem tridimensional das texturas utilizando-se o software de modelagem Rhinoceros®, o que aconteceu entre os dias 15 de fevereiro de 2018 e 02 de março de 2018.

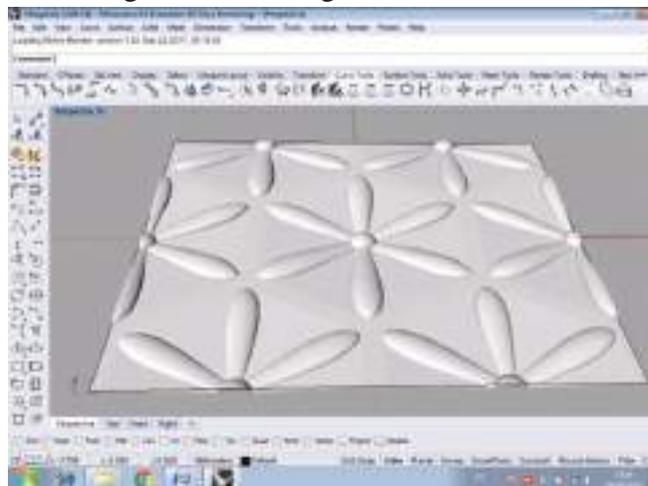
A modelagem matemática levou em consideração as informações levantadas com os profissionais de texturas a fim de garantir que os parâmetros de profundidade e ângulos de desmolde atendessem aos critérios de viabilidade técnica de texturas aplicadas em peças plásticas injetadas.

Para a etapa de modelagem foram utilizados croquis e alguns desenhos técnicos básicos, além das referências visuais das imagens inspiracionais selecionadas.

Inicialmente foram modelados os elementos essenciais de cada textura (elemento básico), que em seguida foram multiplicados de maneira a criar a repetição do padrão esperado da textura.

Cada padrão de textura foi modelado com profundidades distintas, observando a profundidade máxima recomendada pelos profissionais de texturização (200µm). As texturas foram modeladas em arquivos individuais em áreas com dimensões de 50mmx 50mm. A figura 7 apresenta a matemática modelada da textura A desta pesquisa (denominada Texas).

Figura 7 - Imagem da modelagem tridimensional da textura A



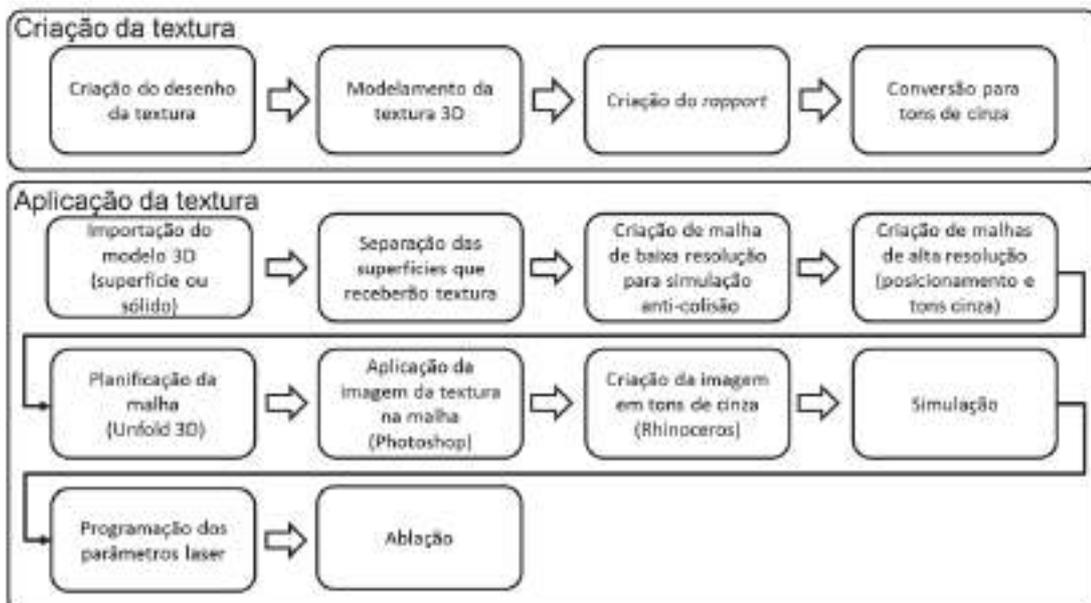
Fonte: Tela do Rhinoceros

2.5 Processos de texturização

Um dos objetivos específicos desta pesquisa é identificar e discutir as vantagens e desvantagens de cada processo de texturização no desenvolvimento de texturas e, a partir deste cenário, apresentar resultados que possam ser utilizados como base para tomada de decisão de investimentos em texturização a laser no Brasil.

A partir das entrevistas com especialistas obteve-se o entendimento de que os processos de texturização por ataque químico e o processo híbrido apresentam características físicas similares. Desta forma para atingir um dos objetivos desta pesquisa – comparar os resultados das texturas desenvolvidas em diferentes tecnologias – decidiu-se por reproduzir as texturas apenas nos processos a laser e por ataque químico.

Figura 8 - Fluxos de atividades básicas de texturização por processo laser



Fonte: o autor (a partir das pesquisas com profissionais)

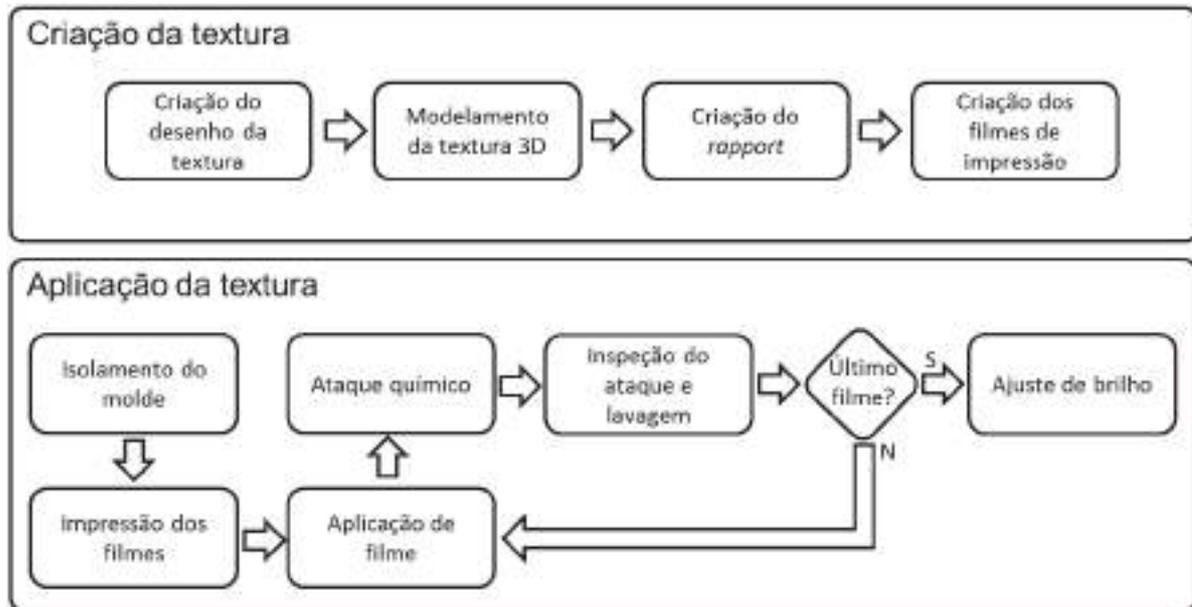
As etapas iniciais de criação da textura são as mesmas tanto para o processo de ablação a laser como para o processo por ataque químico e correspondem às atividades: criação do desenho da textura; modelagem da textura tridimensional (3D virtual); e criação do elemento de repetição da textura (conhecido como *rapport*: elemento gráfico de repetição que possibilita continuidade do desenho quando posicionado lado a lado de si mesmo nos sentidos horizontal e vertical).

Decidiu-se começar a confecção das placas-molde pelo processo de texturização a laser, que ocorreu durante o mês de março de 2018.

A figura 8 apresenta fluxos de atividades básicas para a criação e aplicação de texturas pelo processo de ablação a laser.

A figura 9 apresenta fluxos de atividades básicas para a criação e aplicação de texturas pelo processo de ataque químico.

Figura 9 - Fluxos de atividades básicas texturização por processo de ataque químico



Fonte: o autor (a partir das pesquisas com profissionais)

2.6 Confeção das placas-molde e injeção das amostras plásticas texturizadas

Após a modelagem das texturas 3D por meio do software Rhinoceros®, os dados são exportados em formato *.stl* para o software Laser Design®, um programa que funciona tanto como um programa *stand-alone* da empresa Agie Charmilles® (marca suíça produtora da máquina de gravação a laser) como um *plug-in* utilizado no software Rhinoceros®.

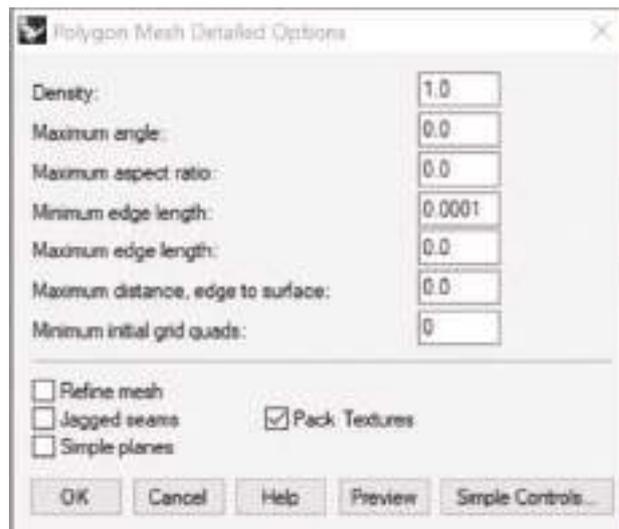
O software Laser Design® decodifica as malhas tridimensionais das texturas modeladas em tons de cinza calculados em função da altura de cada ponto das superfícies modeladas. Os pontos mais altos no eixo da altura (coordenada *z* - profundidade) tendem ao branco, enquanto os pontos mais baixos tendem ao preto. O formato de arquivo exportado do software Laser Design® para a gravação laser é *.bia*.

O processo de gravação a laser é também conhecido por ablação.

A figura 10 apresenta os parâmetros de malha (*mesh*) exportados do Rhinoceros® para o programa Laser Design® da máquina laser.

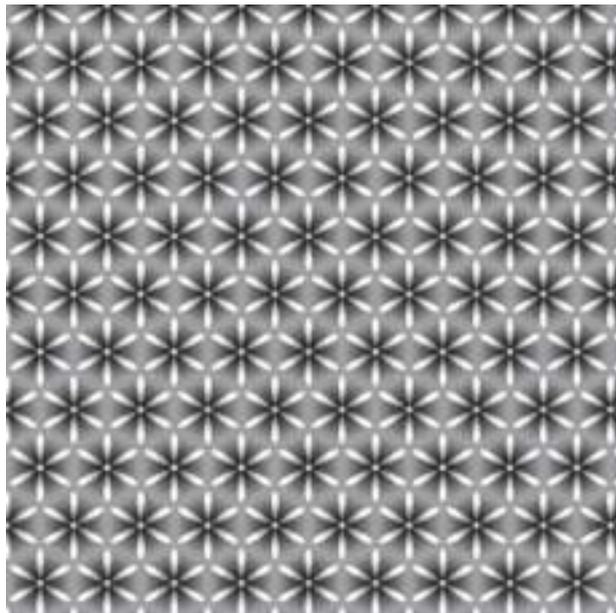
Após a exportação da malha de dados ao programa do equipamento de gravação a laser (Laser Design®), a conversão dos dados em tons de cinza gera um arquivo em formato .tiff conforme ilustrado na figura 11. Os tons mais claros representam coordenadas z (alturas) mais altas enquanto os tons mais escuros representam coordenadas z mais profundas. A figura 11 ilustra os relevos da textura em tons de cinza na configuração da peça final. Para a gravação da placa-molde (negativo) os tons da imagem devem ser invertidos (negativo da imagem).

Figura 10 – Tela de parâmetros de exportação do arquivo .stl



Fonte: tela do Rhinoceros

Figura 11 – Imagem de tons de cinza em função das alturas das superfícies



Fonte: tela do LaserDesign

A figura 12 apresenta imagens da máquina de ablação a laser utilizada e a simulação de uma ablação sobre placa de aço.

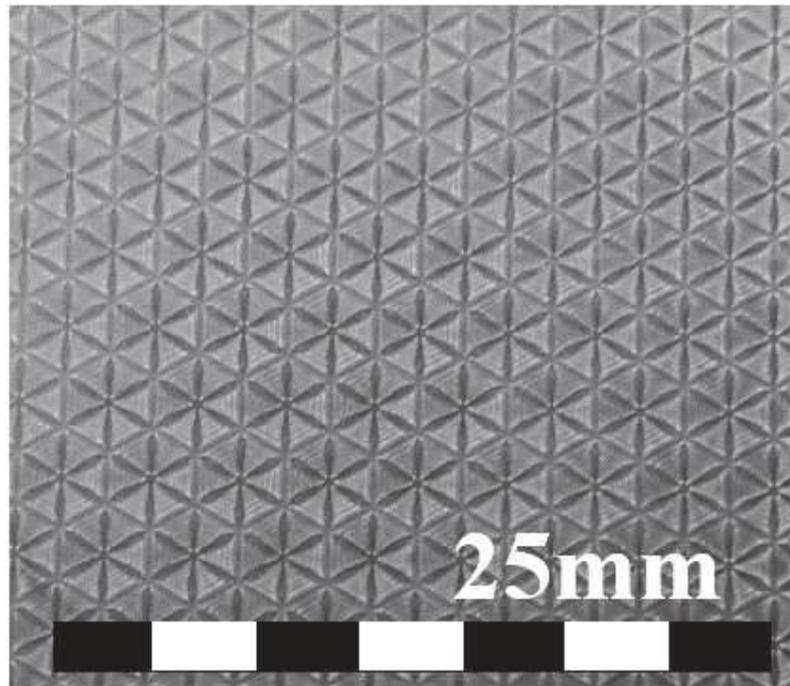
Figura 12 – Máquina de gravação - a / Cabeçote laser em operação - b



Fonte: o autor (arquivo pessoal)

A figura 13 apresenta imagem de placa em aço P20 ampliada em quatro vezes após os primeiros testes de gravação a laser da textura A, para verificação de profundidade e resultado estético-formal da textura.

Figura 13 - Placa gravada a laser ampliada 4x

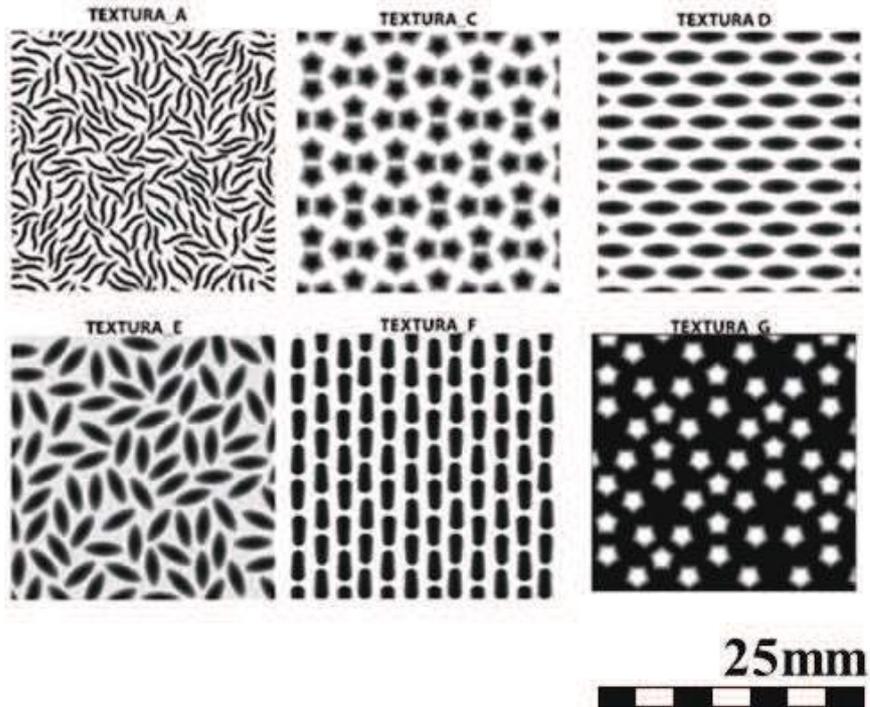


Fonte: o autor (arquivo pessoal)

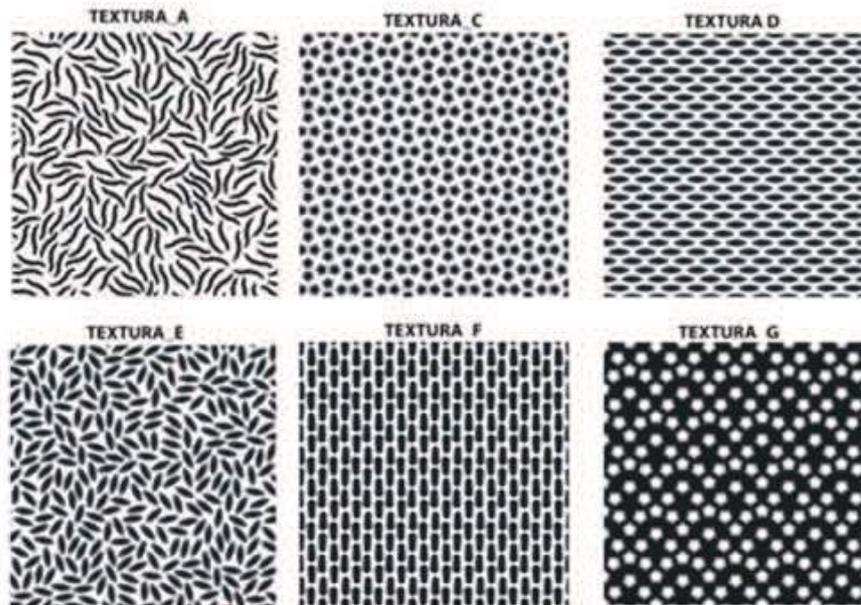
Durante o processo de desenvolvimento de texturas é importante que se realizem testes preliminares para verificação dos aspectos visuais esperados (dimensões do elemento base da textura, dispersão das ilhas e comprimento de onda) antes da confecção da placa-molde final de injeção.

Figura 14 – Texturas com dimensões iniciais – a; Texturas redimensionadas - b

a. Texturas com dimensões iniciais



b. Texturas redimensionadas



Fonte: tela Photoshop

Uma forma simplificada de se verificar os aspectos visuais esperados das texturas é fazer a impressão em escala real (escala 1:1) dos desenhos das texturas, obtidos a partir do modelo

matemático. A figura 14a apresenta, como exemplo, a impressão bidimensional das dimensões reais (escala 1:1) de seis texturas inicialmente criadas. A figura 14b apresenta as respectivas texturas redimensionadas para adequação de escala.

Antes da texturização final das placas-molde realizaram-se testes de texturização para verificação das dimensões dos desenhos, dispersão de ilhas (distâncias entre os elementos da textura) e profundidades.

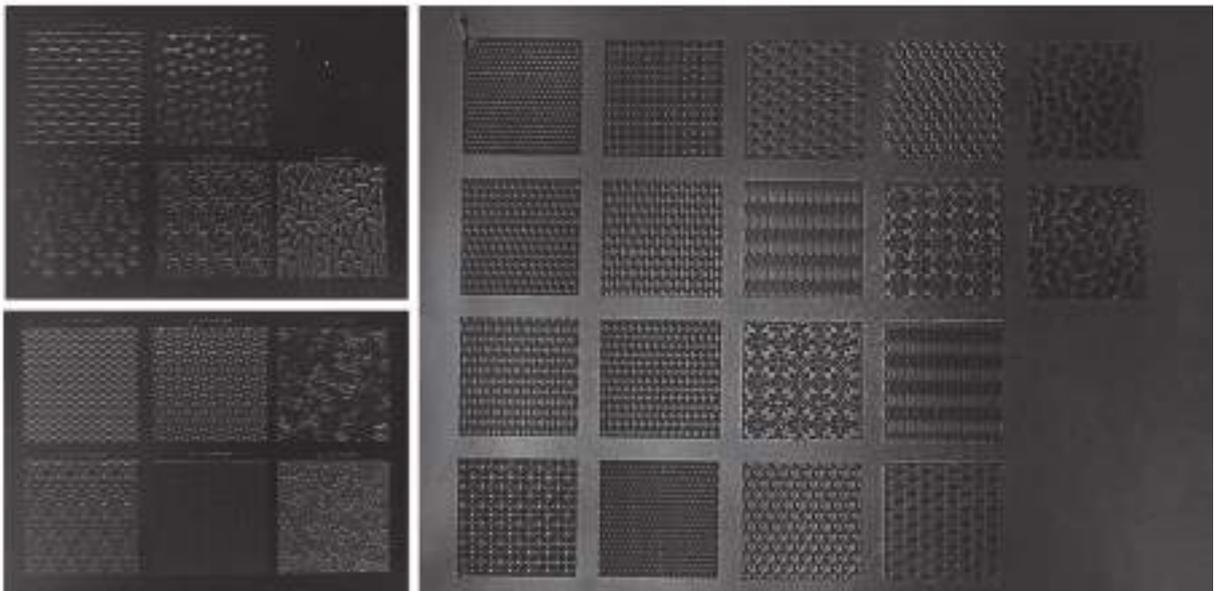
Os testes possibilitaram ajustar o tamanho das texturas para melhorar sua aparência estética e adequar as dimensões para aplicação em peças automotivas. Para finalidade de teste limitou-se a área de gravação de cada textura em 25mm x 25mm.

A figura 15 apresenta testes de gravação preliminares de algumas das texturas criadas, considerando variações de tamanho das texturas e inversões de alto e baixo relevo.

Para que as texturas sejam reproduzidas nas peças plásticas injetadas com a estética criada, as placas-molde devem ser gravadas com o desenho negativo das texturas. Desta forma, para se visualizar a aparência final de cada textura a partir da placa molde (negativo), utilizou-se uma massa de modelar na cor preta, pressionando-a manualmente sobre as regiões texturizadas da placa teste, obtendo-se a cópia invertida do desenho gravado, cuja aparência retrata a textura aplicada à peça plástica, conforme apresentado na figura 16.

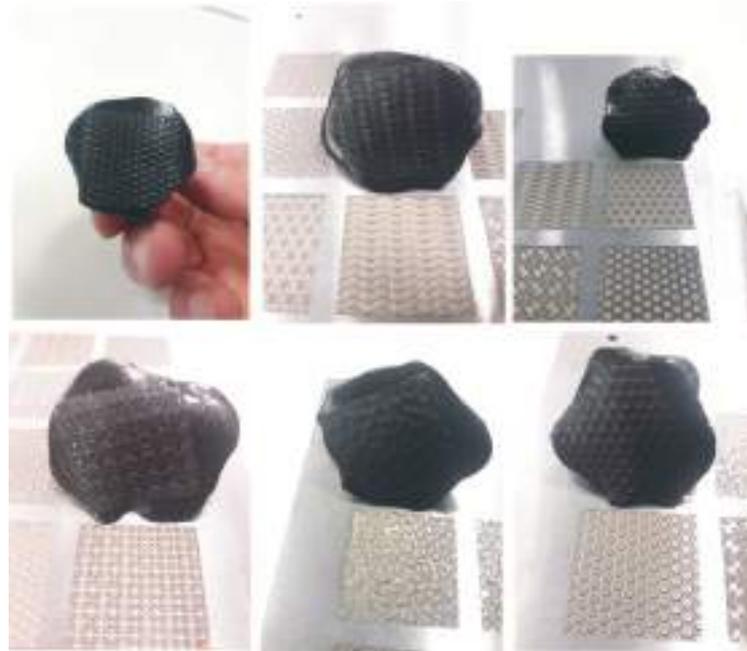
Após análise da aparência das texturas gravadas pôde-se realizar correções dimensionais a fim de melhorar a percepção dos desenhos e adequação à aplicação em peças automotivas.

Figura 15 – Placas gravadas a laser para avaliações preliminares



Fonte: o autor, a partir do desenvolvimento prático da pesquisa

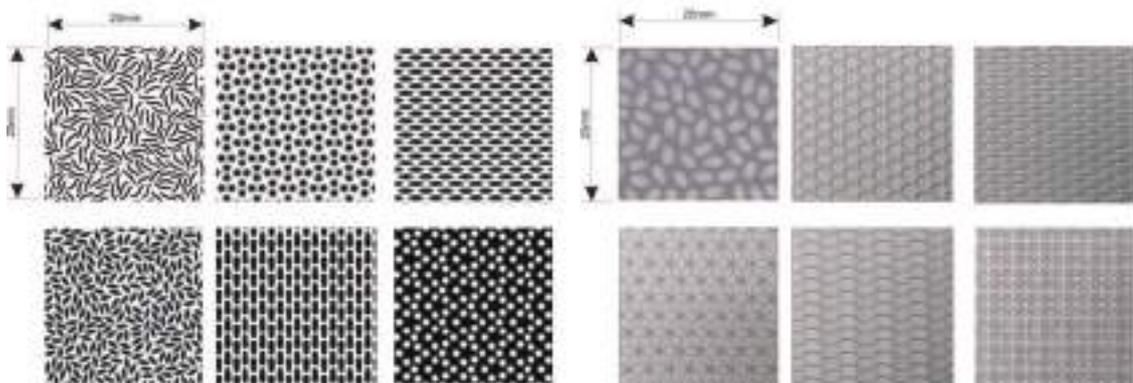
Figura 16 – Visualização das texturas-teste em massa de modelar



Fonte: o autor, a partir do desenvolvimento prático da pesquisa

A figura 17 apresenta as dimensões reais finais das doze texturas desenvolvidas.

Figura 17 – Dimensões finais das texturas desenvolvidas



Fonte: tela Photoshop e fotos do arquivo pessoal do autor

As placas molde das doze texturas criadas nesta pesquisa a partir de inspiração biomimética foram executadas por equipamentos de gravação a laser da marca suíça +GF+ Agie Charmilles®, modelo 1200 5Ax, cujas características principais são:

- Movimentação em até 5 eixos;
- Comprimento máximo de gravação sem emendas: até 700mm;
- Potência nominal máxima do laser 60Watts;
- Velocidade de gravação do feixe laser: até 5000mm/s;
- Frequência de trabalho do laser: até 1000KHz;

As placas molde foram executadas por duas empresas texturizadoras localizadas no estado de São Paulo. Cada uma das empresas reproduziu seis texturas distintas utilizando-se de parâmetros de laser diferentes.

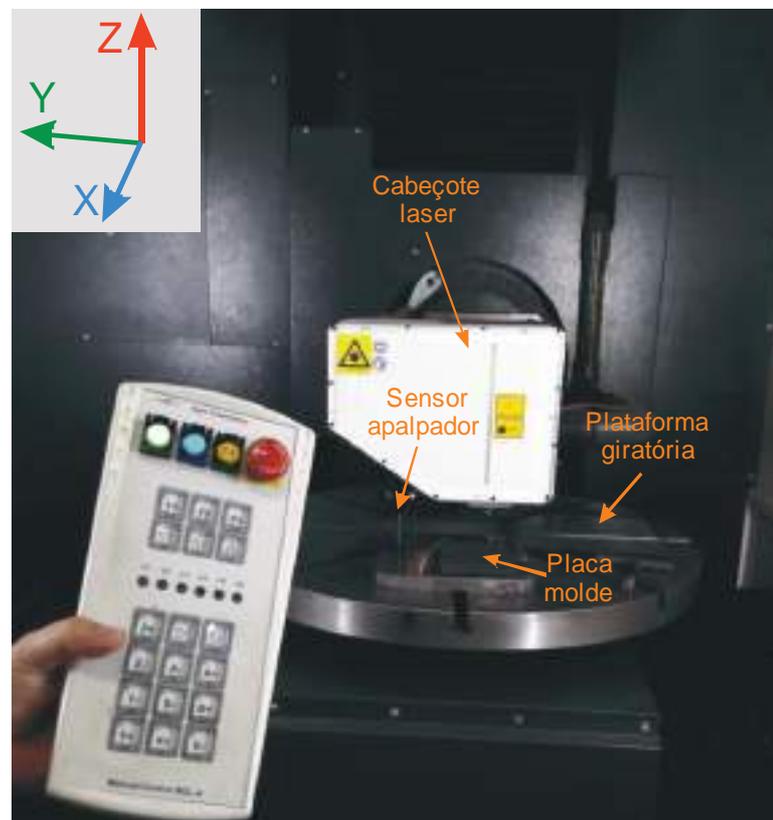
Para a gravação a laser das placas molde, é preciso posicionar e referenciar a placa na base do equipamento a partir de um sistema de coordenadas X, Y e Z, que correspondem respectivamente às dimensões de comprimento, largura e altura da peça. A figura 18 apresenta o posicionamento da placa a ser gravada sobre a plataforma do equipamento a partir de um sensor apalpador e controle.

As texturas A, B, C, D, E e F foram realizadas pela Empresa LASERMOLD, que utilizou duas placas de aço de especificação P20 com dimensões aproximadas de 6mm x 105mm x 145mm.

Os parâmetros laser utilizados para a confecção das placas molde foram:

- Potência: 75% (da potência máxima);
- Frequência: 80KHz;
- Velocidade de varredura do laser: 1000mm/s;
- Quantidade de fatias: 55 (com as últimas três para acabamento).

Figura 18 – Posicionamento da placa molde no equipamento de ablação



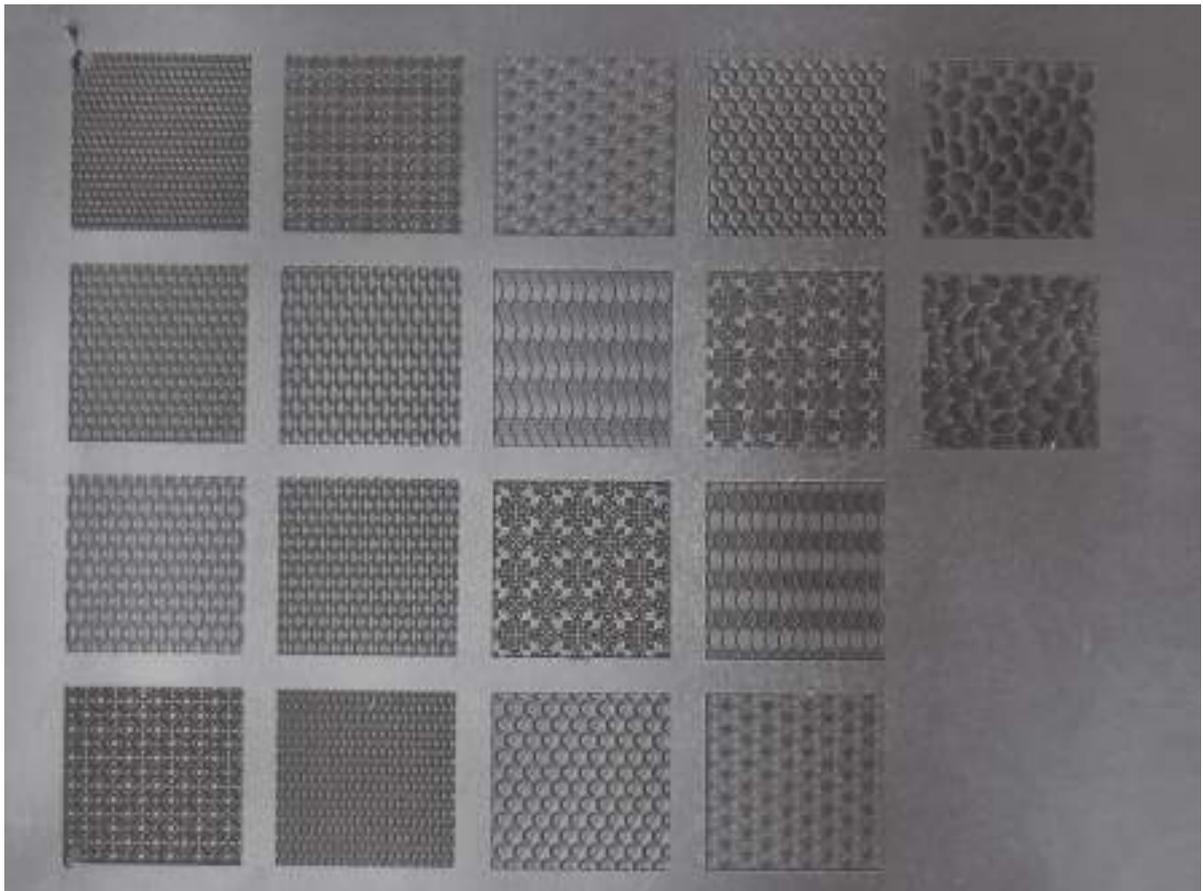
Fonte: o autor (arquivo pessoal)

O tempo de execução da gravação de duas placas contendo quatro texturas cada (com dimensões de 50mm x 50mm) foi de aproximadamente 25 horas.

A figura 19 apresenta os testes preliminares de gravação por ablação a laser das texturas A, B, C, D, E, Fp e Fn executados pela empresa LASERMOLD.

A textura F foi reproduzida em duas versões: Fp (grãos positivos, alto relevo) e Fn (grãos negativos, baixo relevo).

Figura 19 – Placa-molde com testes preliminares texturas A, B, C, D, E, Fp e Fn



Fonte: o autor (arquivo pessoal)

A placa molde das texturas G, H, I, J, K e L foi realizada pela Empresa TSP, que utilizou uma placa de aço com especificação P20 com dimensões 10mm x 110mm x 180mm.

Os parâmetros do equipamento laser utilizados para a confecção da placa molde foram:

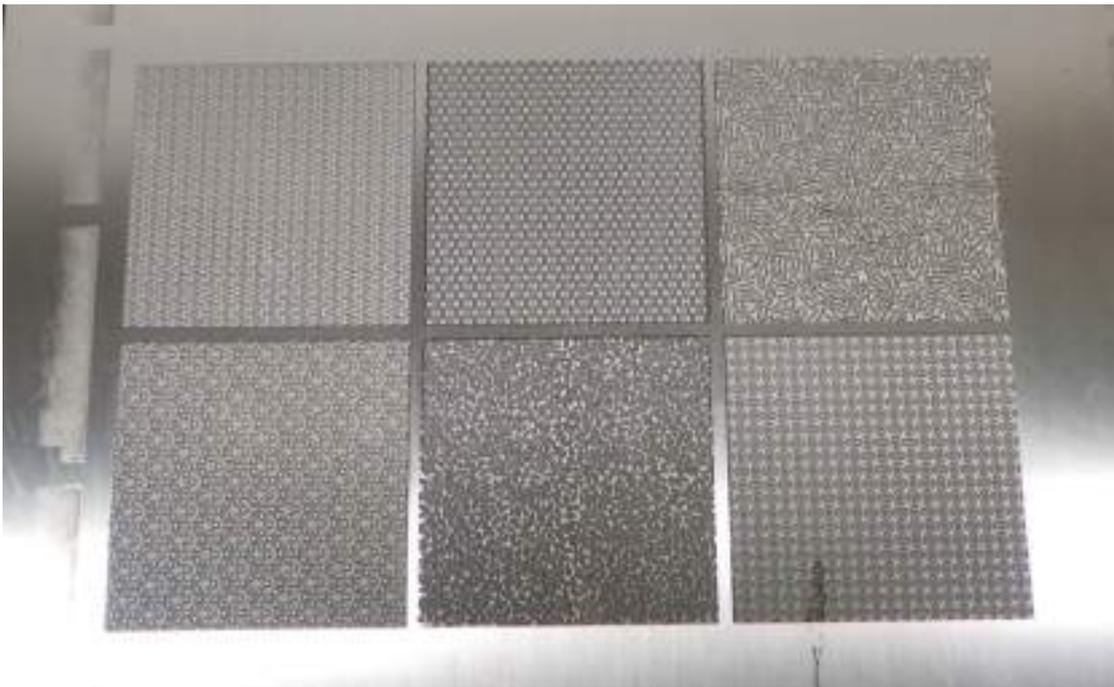
- Potência: 78 % (da potência máxima);
- Frequência: 80 KHz;
- Velocidade de varredura do laser: 1800 mm/s;
- Quantidade de fatias: 116 (com as últimas quatro para acabamento).

O tempo de execução da gravação da placa contendo as seis texturas (com dimensões de 50mm x 50mm cada) foi de aproximadamente trinta horas.

A figura 20 apresenta placas com os testes preliminares e placas-molde finais para gravação por ablação a laser das texturas G, H, I, J, K e L executados pela empresa TSP.

Após a finalização das placas molde foi possível realizar a injeção das placas plásticas das texturas desenvolvidas pelo processo laser.

Figura 20 – Placa molde confeccionada a laser das texturas G, H, I, J, K e L



Fonte: o autor (arquivo pessoal)

Com o intuito de atingir um dos objetivos específicos desta pesquisa, apontar as vantagens e desvantagens de cada processo de texturização no desenvolvimento de texturas inspiradas na Natureza, e a partir dos resultados fomentar discussões sobre investimentos em equipamentos de textura a laser no Brasil, as texturas desenvolvidas por processo de ablação a laser foram reproduzidas também pelo processo de texturização por ataque químico.

A confecção das placas-molde por processo de texturização por ataque químico ocorreu entre os meses de junho e julho de 2018 pelas empresas TSP (texturas G, H, I, J, K, L) e PKW (texturas A, B, C, E, Fp e Fn). Os resultados de reprodução da textura D pelo processo químico não foram satisfatórios devido à complexidade do desenho e ao tempo disponível para confecção das amostras. Assim, o desenvolvimento da textura D pelo processo químico foi cancelado.

A partir do modelo matemático da repetição de cada textura (*rapport*) foi possível exportar imagens bidimensionais de desenhos que serviram de base para a impressão dos filmes de cera utilizados no processo por ataque químico.

O primeiro passo para se reproduzir as texturas desenvolvidas pelo processo de ataque químico se deu a partir da impressão de cera em filmes plásticos para a criação das máscaras de proteção.

A tecnologia de texturização por ataque químico utiliza-se de processos empíricos e artesanais que dependem de diversas variáveis para a fiel reprodução do desenho das texturas, a saber: tempo de imersão do molde no banho químico; quantidade de filmes/banhos utilizados; temperatura da solução química; concentração da solução química; tipo de aço do molde; posicionamento do molde e velocidade de movimentação da solução química durante imersão. Desta forma diversas experimentações são necessárias até se atingir um nível de aparência com boa qualidade em cada textura.

A quantidade de filmes e o tempo do ataque químico em cada imersão variam em função da complexidade do desenho de cada textura e estão relacionados à profundidade final desejada da textura.

As duas empresas que desenvolveram as texturas por processo químico utilizam parâmetros diferentes para controle do ataque químico.

A empresa PKW (que reproduziu as texturas A, B, C, E, Fp e Fn) utiliza a medição do tempo de imersão para desenvolver as placas-molde. Os ataques químicos foram realizados com utilização de ácido nítrico (HNO₃).

A empresa TSP (que reproduziu as texturas G, H, I, J, K e L) utiliza a medição da profundidade de corrosão para desenvolver as placas-molde. Os ataques químicos foram realizados com utilização da solução AgNO₃+HNO₃.

O quadro 1 apresenta a quantidade de filmes utilizados e o tempo de corrosão do ataque químico em cada um dos filmes aplicados nas placas molde para a reprodução das texturas reproduzidas pela empresa PKW.

O quadro 2 apresenta a quantidade de filmes utilizados e a profundidade de corrosão atingida na sequência de cada um dos filmes aplicados nas placas molde para a reprodução das texturas reproduzidas pela empresa TSP.

A figura 21 ilustra um dos equipamentos utilizados para impressão de cera em filme plástico para construção das máscaras de proteção.

Os desenhos das máscaras de proteção utilizadas nos banhos em solução química são gerados a partir de seções de fatiamento do modelo matemático de superfícies 3D, conforme

figura 22. Estes desenhos são utilizados em testes preliminares que podem indicar a necessidade de ajustes de dimensões de cada desenho; ou ainda, a supressão de um ou mais filmes.

Quadro 1 – Quantidade de filmes e tempo de corrosão (texturas A, B, C, E, Fp e Fn)

Texturização Química - Processo da empresa PKW								
Textura		Quantidade de filmes	Tempo do ataque químico					
Código	Nome		Filme 1	Filme 2	Filme 3	Filme 4	Filme 5	Filme 6
A	Texas	6	1'30"	1'20"	1'20"	1'20"	6'	1'30"
B	Templo	1	12'	-	-	-	-	-
C	Buriti	5	1'10"	2'30"	1'50"	1'50"	1'30"	-
D	Pavão	-	-	-	-	-	-	-
E	Colmeia	4	1'40"	1'30"	1'30"	1'50"	-	-
Fp	Canjica positiva	3	1"	12"	3'10"	-	-	-
Fn	Canjica negativa	4	1'50"	1'10"	5'	1'	-	-

Fonte: o autor

Quadro 2 – Quantidade de filmes e profundidades atingidas (texturas G, H, I, J, K e L)

Texturização Química - Processo da empresa TSP								
Textura		Quantidade de filmes	Profundidade acumulada do ataque químico (μm)					
Código	Nome		Filme 1	Filme 2	Filme 3	Filme 4	Filme 5	Filme 6
G	Peixe	3	80	110	180	-	-	-
H	Jabutí	4	80	190	260	280	-	-
I	Lírio	1	190	-	-	-	-	-
J	Alga	2	270	270	-	-	-	-
K	Cacto	2	90	160	-	-	-	-
L	Milho	2	100	290	-	-	-	-

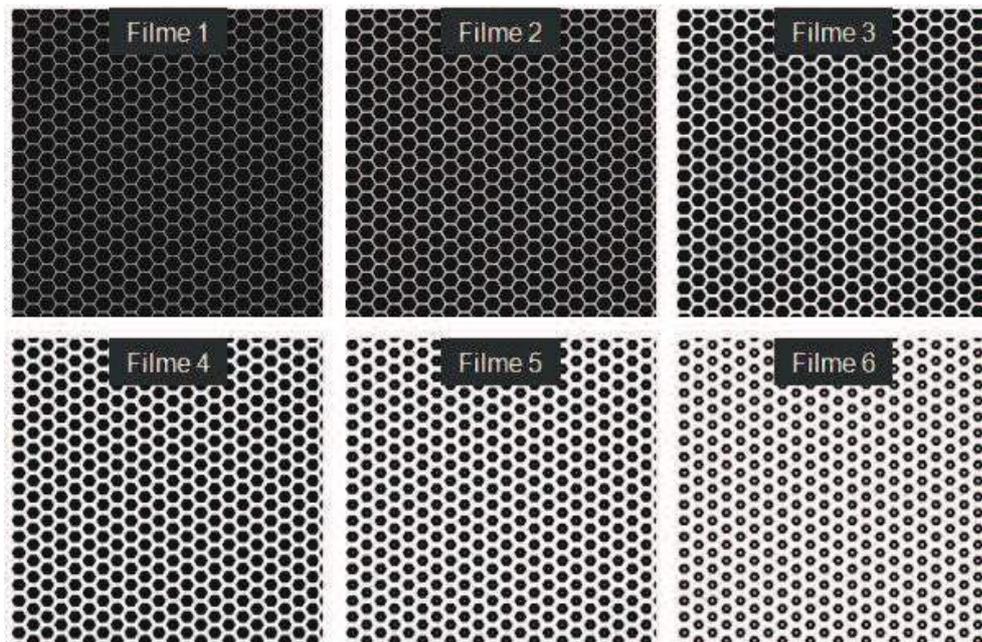
Fonte: o autor

Figura 21 – Impressora de cera



Fonte: o autor (arquivo pessoal)

Figura 22 – Desenhos iniciais para impressão de cera das máscaras de proteção (textura E)

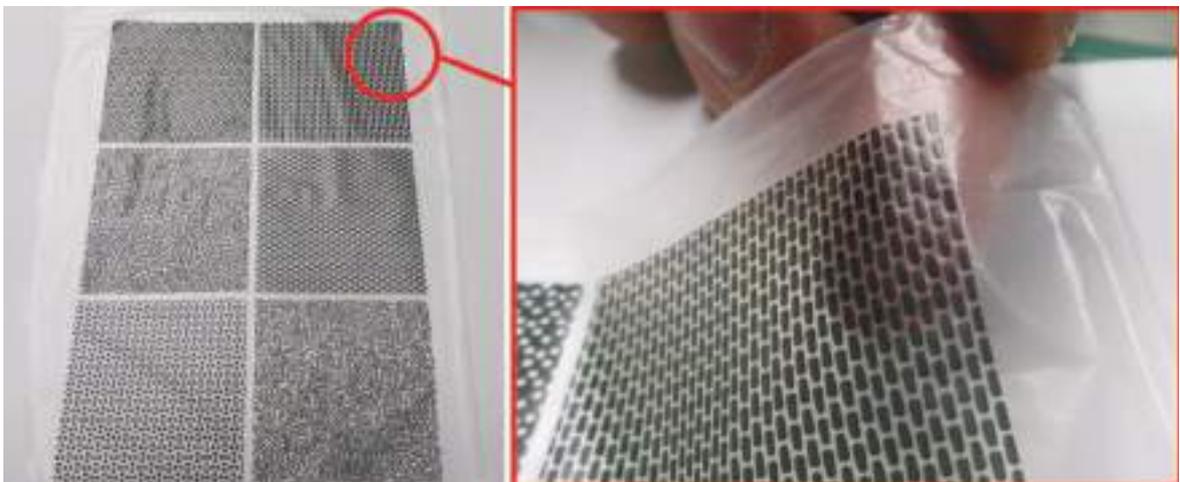


Fonte: imagens Rhinoceros

A figura 23 ilustra exemplos de filmes impressos em cera. Após testes preliminares de gravação química, realizaram-se ajustes nos desenhos originais e na quantidade de filmes necessária para uma reprodução mais fiel de cada textura criada.

Os testes preliminares das texturas reproduzidas pelo processo de ataque químico foram realizados em placas-teste. A partir destas placas foi possível reproduzir uma cópia em silicone para melhor visualização do resultado visual das texturas. A figura 24 ilustra a cópia de silicone da textura B. Este processo permitiu avaliar da geometria das texturas sem a necessidade de injeção de peças plásticas, e auxiliou em ajustes finais da forma.

Figura 23 – Exemplos de filmes impressos com cera para máscaras de proteção



Fonte: o autor (arquivo pessoal)

Figura 24 – Exemplo de cópia de silicone para avaliação da textura B



Fonte: o autor (arquivo pessoal)

A transferência de cera do filme plástico para a placa que será imersa no banho químico

se faz pela fricção de um pincel sobre o filme. Por aquecimento a cera se desprende do filme plástico e adere à superfície metálica da placa. A figura 25 ilustra o processo de transferência de cera do filme para a placa-molde.

Figura 25 – Exemplo de transferência de cera do filme plástico para a placa em aço.



Fonte: o autor (arquivo pessoal)

Os filmes são transferidos à placa de aço respeitando a sequência de desenhos planejada com a imersão em respectivos banhos na solução química até a corrosão do último padrão de filme. O tempo de imersão e corrosão pode variar em cada etapa e é controlado pelo texturizador a partir de testes preliminares de corrosão e medição da profundidade atingida. Em cada etapa de aplicação os filmes devem ser cuidadosamente posicionados para garantia do registro do desenho. A figura 26 ilustra o processo de imersão da placa no banho químico e da medição da profundidade da textura alcançada em cada etapa.

Figura 26 – Imersão de molde em ataque químico, lavagem e medição



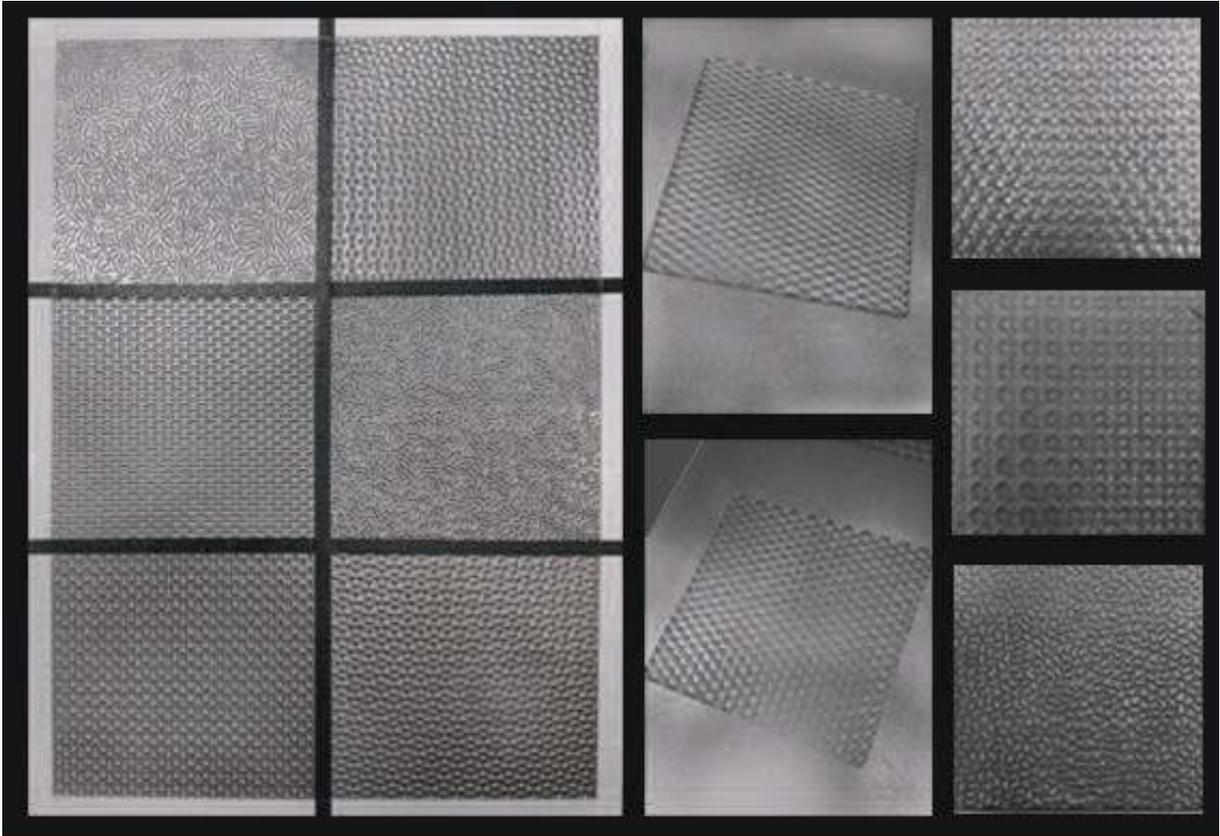
Fonte: o autor (arquivo pessoal)

Desta forma foi possível a criação de placas-molde por processo químico e a reprodução

das texturas criadas pela injeção plástica das placas texturizadas.

A figura 27 mostra placa-molde com algumas das texturas reproduzidas pelo processo químico.

Figura 27 – Placas-molde para injeção de texturas reproduzidas por ataque químico



Fonte: o autor (arquivo pessoal)

Todas as amostras plásticas injetadas com as texturas desenvolvidas nos dois processos de texturização (laser e químico) utilizaram material plástico, um copolímero de polipropileno.

2.7 Medições das amostras plásticas injetadas

As placas plásticas injetadas em polipropileno com a representação das texturas criadas nos dois processos de texturização simulam as características reais de uma peça plástica utilizada no interior de automóveis em termos de características visuais (cor e brilho) e hápticas (rugosidade, dureza e aspereza). Desta forma foi possível realizar medições em equipamentos de laboratório capazes de fornecer informações para análises das amostras e comparação dos resultados de *design* obtidos pelos processos de texturização a laser e químico.

As placas injetadas foram cortadas de forma a se obter amostras individuais de cada textura no formato 50mm x 50mm. Este procedimento facilitou o posicionamento de amostras

nos equipamentos de medição.

Os objetivos das medições realizadas foram de responder às questões de pesquisa:

- Quais diferenças visuais e táteis os processos de texturização químico e laser conferem a texturas inspiradas na Biomimética?
- Quais as vantagens e desvantagens de cada processo produtivo de texturas?
- Qual a relação entre a tecnologia de texturização aplicada e resultados de testes de riscabilidade?
- Os resultados das medições óticas das texturas reproduzidas pelos processos químico e laser são compatíveis com a opinião de especialistas?

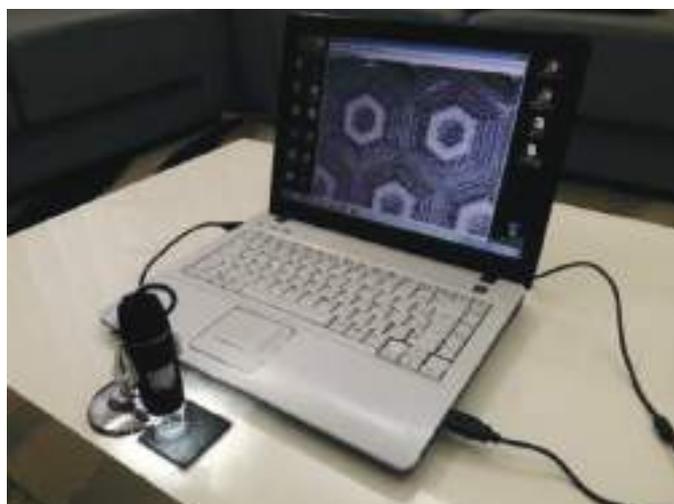
Realizaram-se três tipos de medição das amostras:

- Fotografia microscópica a partir de microscópio digital manual;
- Digitalização óptica tridimensional a partir de um perfilômetro ótico de contato (Marca akk®, modelo 3D UHD Scanner);
- Testes de riscabilidade a partir de equipamento marca ERICHSEN modelo 430.

2.7.1 Fotografia microscópica

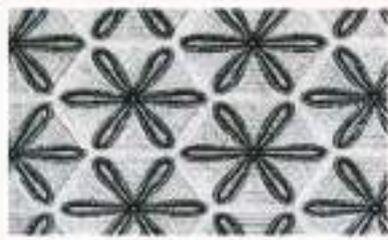
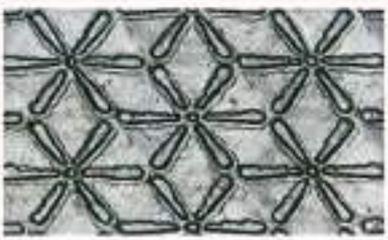
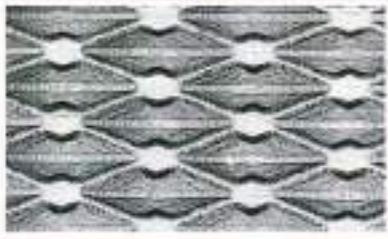
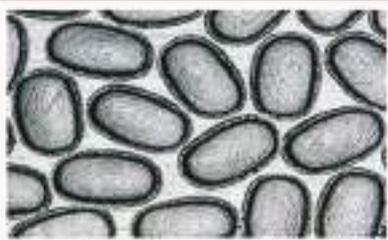
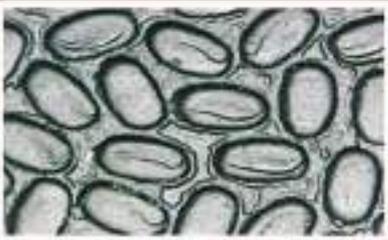
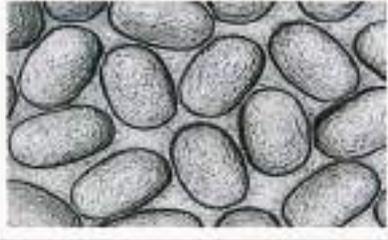
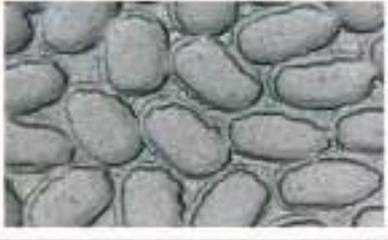
Utilizou-se um microscópio digital manual acoplado via *USB* a um *notebook*. Utilizou-se o software *AMCAP* de captura de vídeo da marca *Cooling Tech* para o registro fotográfico das imagens. A figura 28 apresenta o equipamento e a captura de imagem da textura E denominada Colmeia.

Figura 28 – Microscópio digital manual



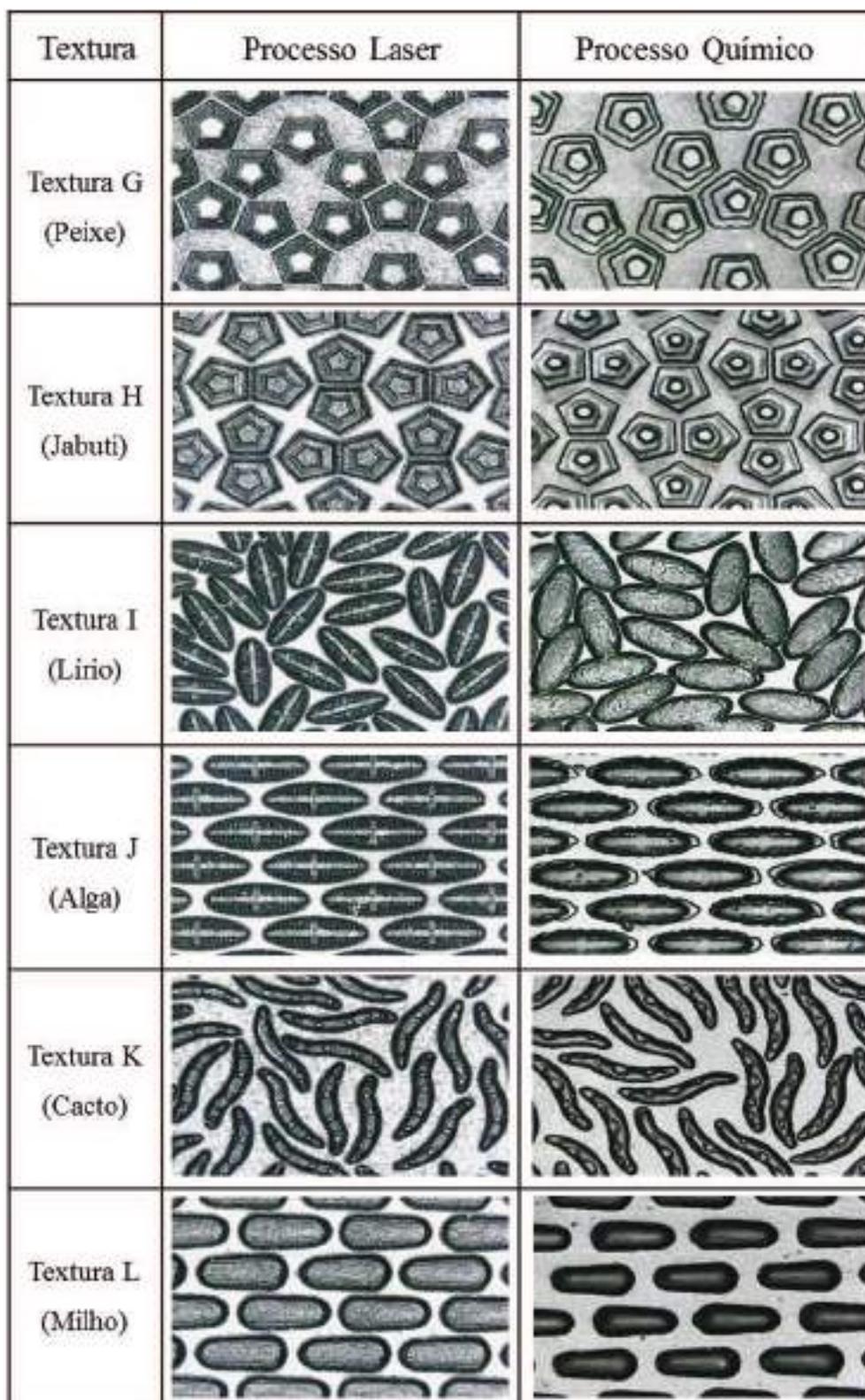
Fonte: o autor (arquivo pessoal)

Figura 29 – Imagens ampliadas por microscópio digital manual (texturas A, B, C, E, Fp, Fn)

Textura	Processo Laser	Processo Químico
Textura A (Texas)		
Textura B (Templo)		
Textura C (Buriti)		
Textura E (Colmeia)		
Textura Fp (Canjica)		
Textura Fn (Canjica)		

Fonte: o autor

Figura 30 – Imagens ampliadas por microscópio digital manual (texturas G, H, I, J, K e L)



Fonte: o autor

O equipamento é ligado ao *notebook* via porta *USB* e por meio da instalação do software

AMCAP faz-se a captura das imagens ampliadas. O equipamento possui um suporte para fixação que possibilita posicionamento sobre as amostras, ajuste da ampliação e foco manual da imagem, realizado a partir de um anel giratório localizado no corpo do aparelho. O microscópio ilumina as amostras por *leds* e possibilita ajuste de intensidade luminosa para melhor captura das imagens.

As imagens capturadas ofereceram condições de avaliação visual preliminar sobre a geometria de cada textura e de comparação estética entre as amostras reproduzidas nos processos laser e ataque químico. As figuras 29 e 30 apresentam as comparações de imagens de cada textura nos processos laser e químico.

2.7.2 Digitalização tridimensional por perfilômetro ótico de contato

As 24 amostras de texturas (doze realizadas pelo processo laser e doze pelo processo químico) foram digitalizadas na empresa de texturas TSP, localizada no município de Santana de Parnaíba, em 25 de julho de 2018. Utilizou-se um equipamento de escaneamento a laser denominado perfilômetro ótico de contato, marca akk® modelo 3D UHD Scanner. Este equipamento é capaz de capturar imagens das amostras e reconstruir tridimensionalmente suas superfícies, o que possibilita diversos tipos de análises a partir do software MountainsMap®. O equipamento é denominado perfilômetro ótico de contato por realizar a medição a partir de um cabeçote ótico composto por câmeras e iluminação por *led* (tecnologia ótica) e por utilizar-se de uma membrana gel ultrafina acoplada ao cabeçote de medição que recobre (por contato) as superfícies das amostras para melhorar a captação das imagens.

A figura 31 mostra o equipamento perfilômetro ótico de contato utilizado.

Figura 31 – Perfilômetro ótico de contato



Fonte: o autor (arquivo pessoal)

O procedimento para cada digitalização consiste em:

- Calibrar o equipamento (automático ao ligar);
- Efetuar limpeza das amostras e da membrana de gel localizada no cabeçote do equipamento. Essa limpeza pode ser realizada com auxílio de uma fita adesiva para remoção de poeira;
- Posicionar amostra na mesa de medição;
- Digitalizar;
- Extrair arquivos .tiff (arquivos de textura);
- Extrair arquivos .sur;

Utilizou-se o software MountainsMap® para a geração de relatórios das medições de cada amostra digitalizada. Aplicou-se uma amplificação de 2% na visualização da profundidade de cada textura para melhor visualização dos relevos.

Criou-se um modelo de relatório com as informações necessárias para as análises. Os arquivos .tiff e .sur obtidos no equipamento de medição foram importados para o software MountainsMap® e possibilitaram a geração de gráficos e imagens das medições. O arquivo gerado tem extensão original em formato .mnt e possibilita exportar relatórios em formato .pdf. Os relatórios completos de todas as amostras encontram-se no apêndice.

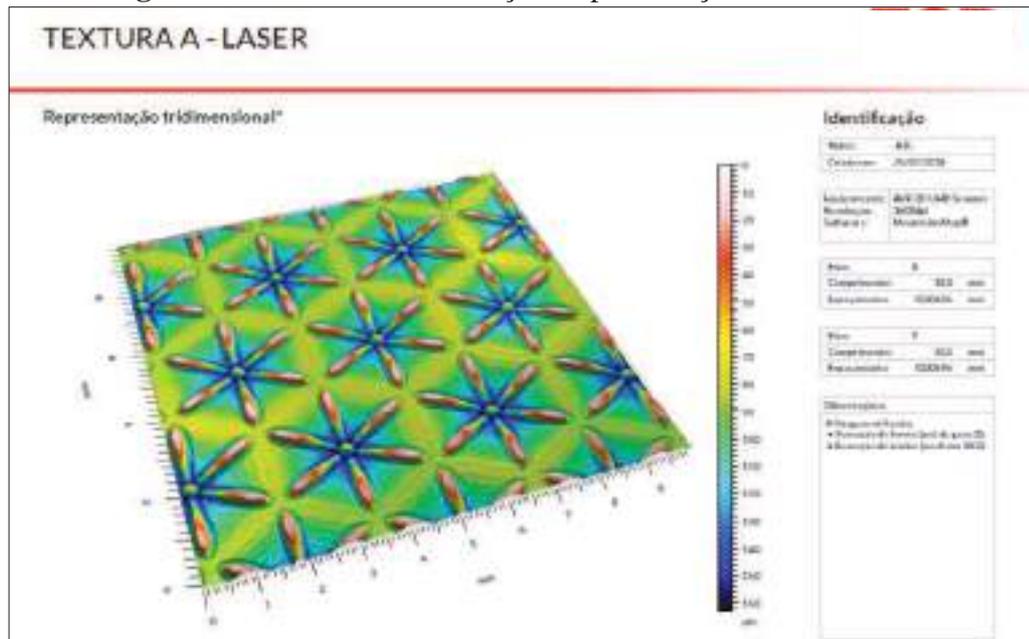
Os relatórios das 24 amostras de texturas foram gerados individualmente, são compostos por sete páginas cada e apresentam:

- Página um - identificação da amostra e do equipamento utilizado; os filtros aplicados para melhor visualização da imagem; a representação tridimensional em perspectiva da superfície da textura.
- Página dois - representações topográficas em duas versões de visualização: tons de cinza (o que permite comparação com os tipos de arquivos gerados para ablação a laser); e em cores (formato RGB) para facilitar a interpretação gráfica da topologia.
- Página três - análise gráfica de perfil em um corte no sentido longitudinal do elemento básico da textura.
- Página quatro - curva Abbott-Firestone do perfil longitudinal extraído e dois quadros que apresentam os parâmetros de rugosidade a partir das normas ISO 4287 (parâmetros R) e ISO 25178 (parâmetros S).
- Página cinco - análise gráfica de perfil em um corte no sentido transversal do elemento básico da textura.

- Página seis - curva Abbott-Firestone do perfil transversal extraído e dois quadros que apresentam os parâmetros de rugosidade a partir das normas ISO 4287 (parâmetros R) e ISO 25178 (parâmetros S).
- Página sete - visualização foto-realística da amostra digitalizada.

A figura 32 ilustra a primeira página do relatório da textura A reproduzida a laser.

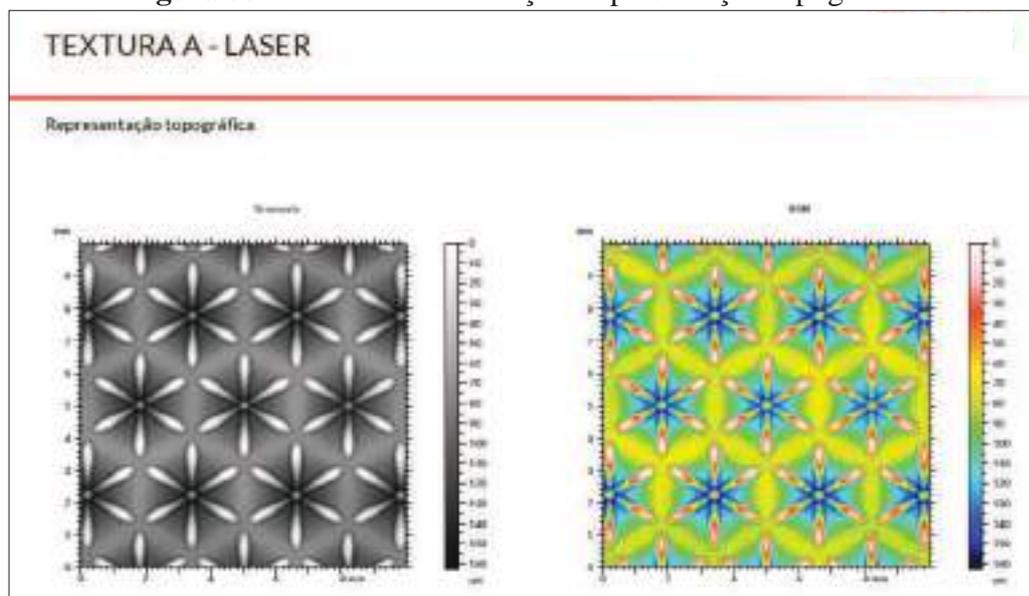
Figura 32 – Relatório de medição: representação tridimensional



Fonte: relatório gerado pelo software MountainsMap

A figura 33 ilustra a segunda página do relatório da textura A reproduzida a laser.

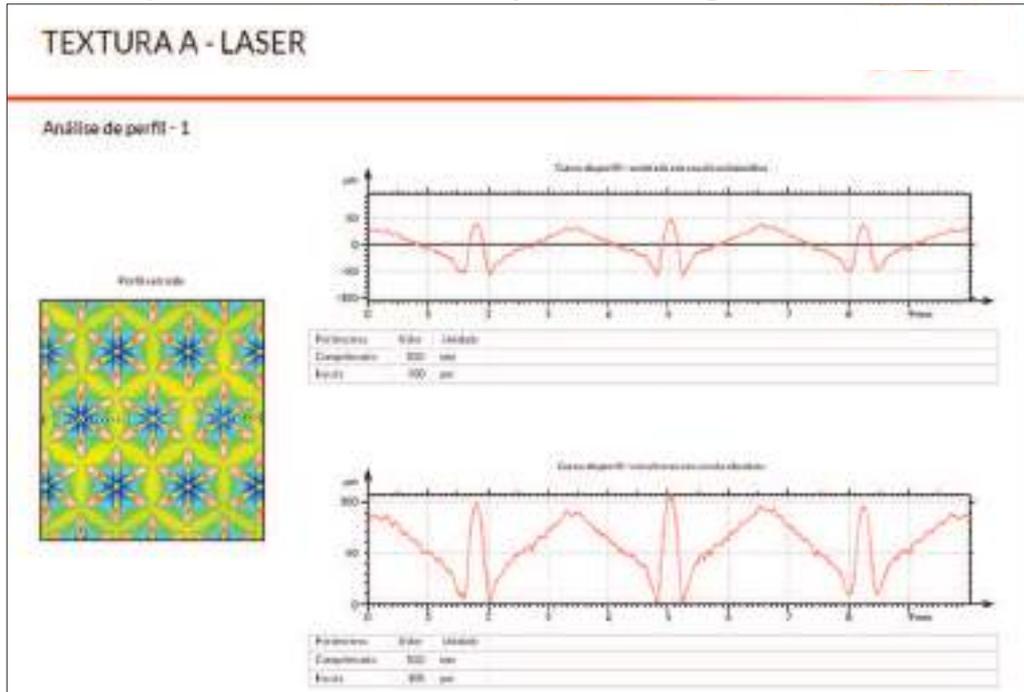
Figura 33 – Relatório de medição: representação topográfica



Fonte: relatório gerado pelo software MountainsMap

A figura 34 ilustra a terceira página do relatório da textura A reproduzida a laser.

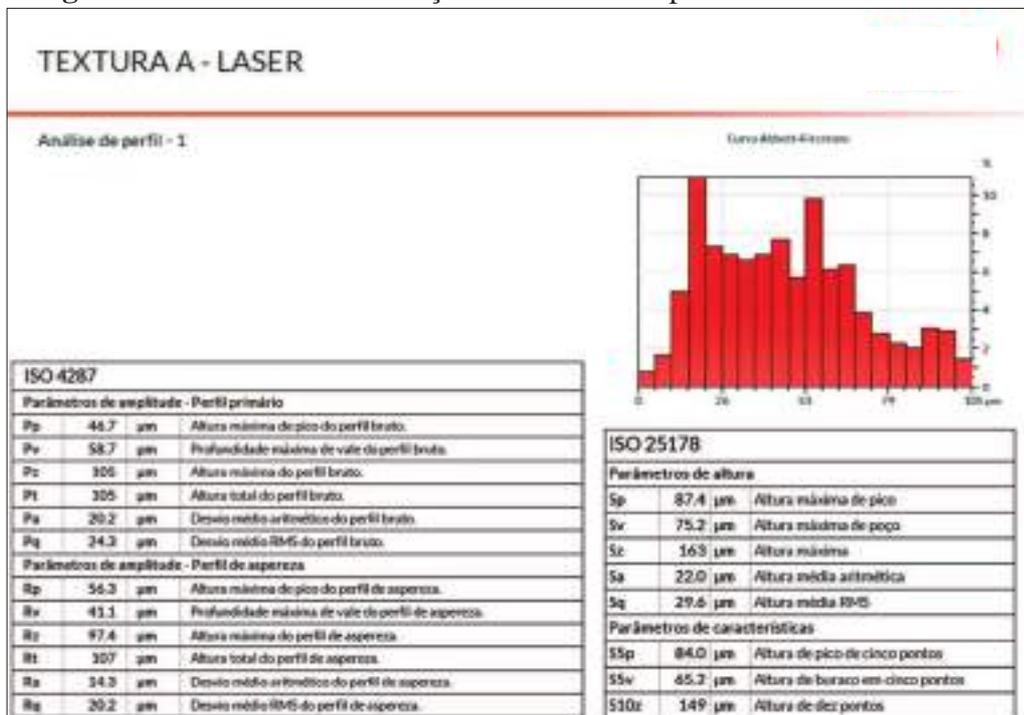
Figura 34 – Relatório de medição: análise de perfil transversal



Fonte: relatório gerado pelo software MountainsMap

A figura 35 ilustra a quarta página do relatório da textura A reproduzida a laser.

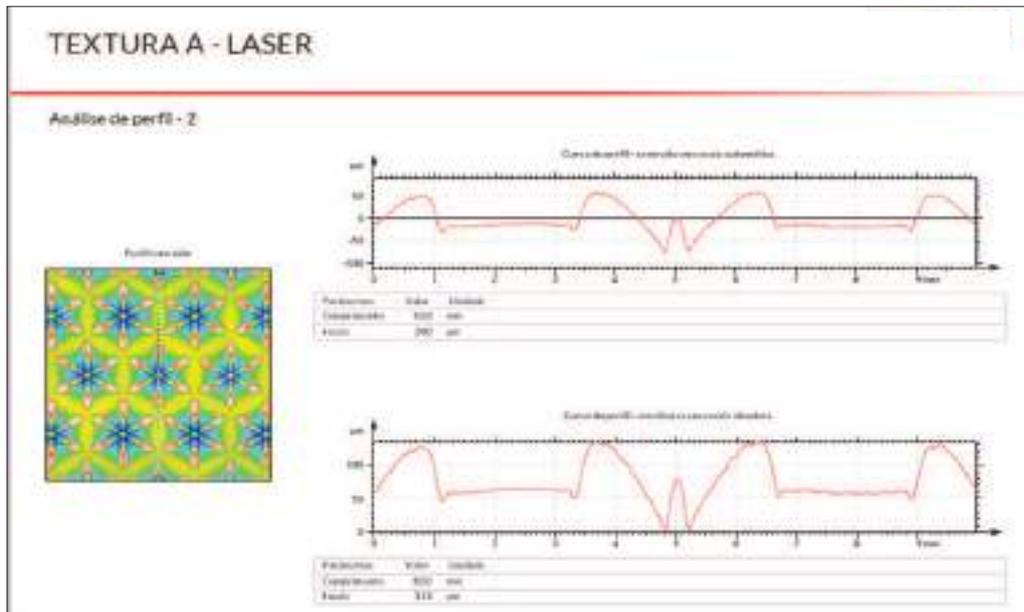
Figura 35 – Relatório de medição: curva Abbott perfil transversal e tabelas



Fonte: relatório gerado pelo software MountainsMap

A figura 36 ilustra a quinta página do relatório da textura A reproduzida a laser.

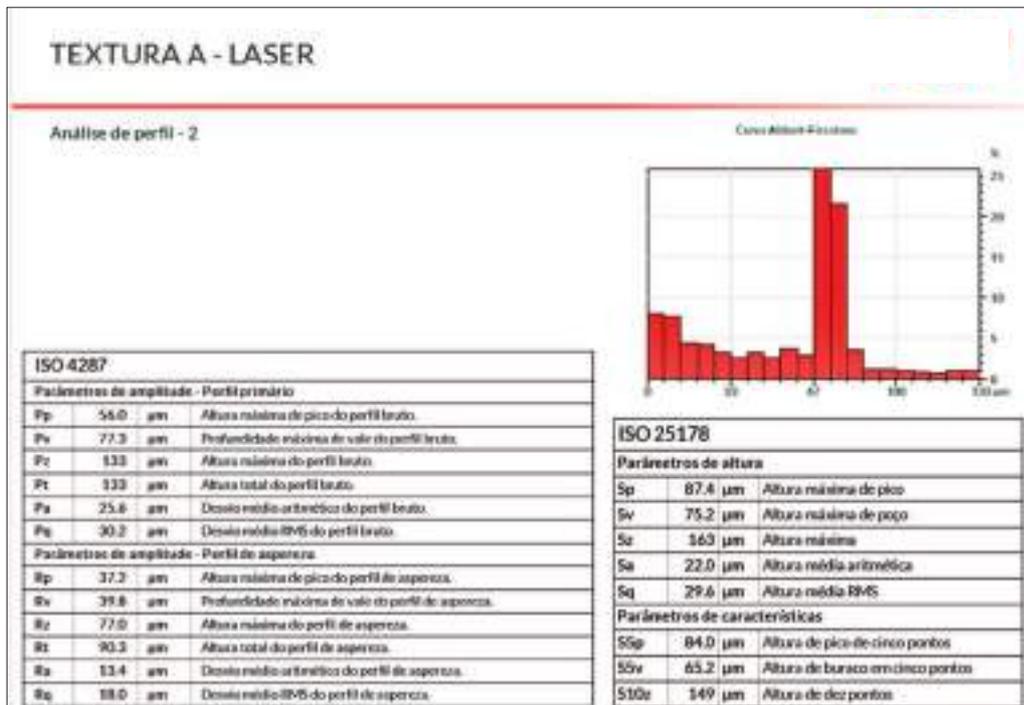
Figura 36 – Relatório de medição: análise de perfil longitudinal



Fonte: relatório gerado pelo software MountainsMap

A figura 37 ilustra a sexta página do relatório da textura A reproduzida a laser.

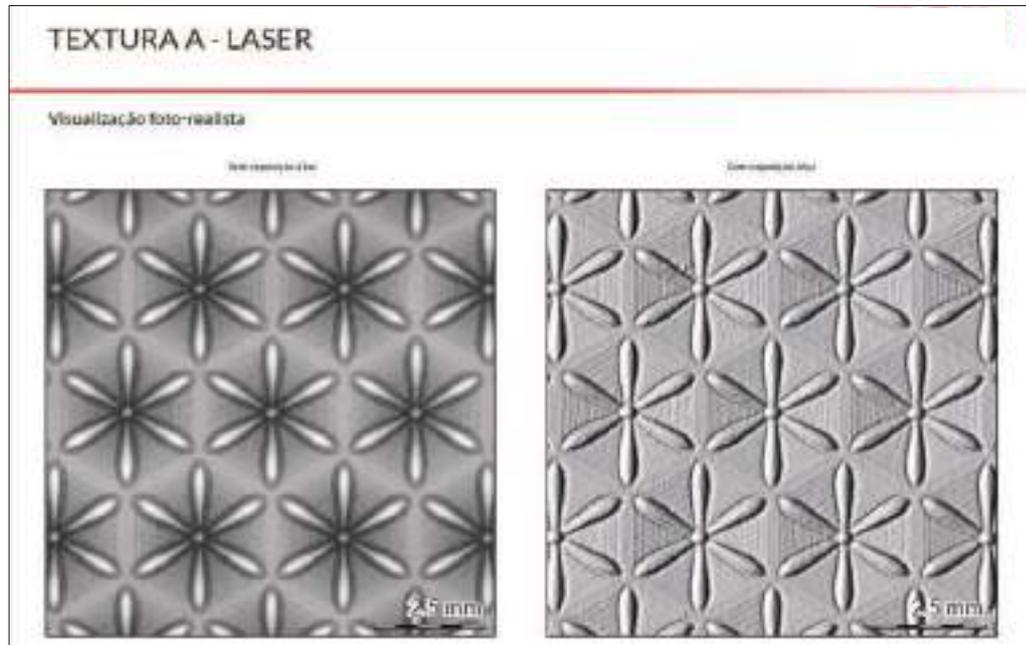
Figura 37 – Relatório de medição: curva Abbott perfil longitudinal e tabelas



Fonte: relatório gerado pelo software MountainsMap

A figura 38 ilustra a sétima página do relatório da textura A reproduzida a laser.

Figura 38 – Relatório de medição: visualização foto-realista



Fonte: relatório gerado pelo software MountainsMap

2.7.3 Testes de riscabilidade

As indústrias automobilísticas utilizam, dentre outros tipos de polímeros, o polipropileno para a produção de peças do interior do automóvel, entretanto, adicionam cargas minerais e aditivos ao polímero a fim de que as peças finais atendam aos testes de qualidade e durabilidade.

O talco é uma carga mineral comumente utilizada na fórmula de polipropilenos utilizados como matéria-prima de peças automotivas. Uma peça injetada em polipropileno com talco, quando submetida a riscos (arranhões que podem acontecer por diversos motivos ao longo da utilização do produto) tem sua aparência modificada e os riscos podem ser percebidos com maior ou menor facilidade, dentre outros fatores, em função do tipo de textura aplicada à superfície da peça.

Um dos testes realizados pelas indústrias automobilísticas em relação às texturas aplicadas em peças plásticas do interior do automóvel é o teste de riscabilidade.

O teste de riscabilidade leva em consideração o quanto a amostra submetida ao risco se apresenta mais clara ou mais escura em relação ao padrão (parâmetro ΔL).

Os testes de riscabilidade foram executados pela equipe do laboratório de ensaios e materiais da Volkswagen do Brasil por técnicos especializados. O método utilizado nestes testes

considerou parâmetros e procedimentos conforme norma interna Volkswagen PV3952 versão de Novembro/2015.

O objetivo do teste de riscabilidade sobre cada textura criada é o de avaliar o quanto os riscos se tornam perceptíveis. Esse teste é realizado com as amostras plásticas das texturas desenvolvidas (injetadas nas mesmas matérias-primas utilizadas no produto), com o auxílio de um equipamento denominado *Scratcher Hardness Tester*. As amostras são posicionadas no equipamento e submetidas a uma pressão controlada de um instrumento pontiagudo que percorre uma trajetória traçada da amostra nos sentidos longitudinal e transversal, formando uma área matricial de riscos sobre a amostra. A figura 39 ilustra um equipamento de teste de riscabilidade.

Figura 39 – Equipamento utilizado no teste de riscabilidade



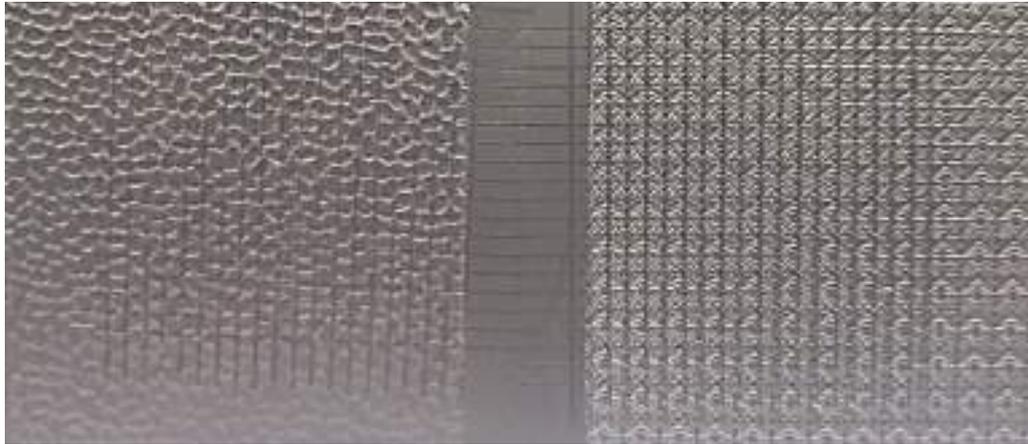
Fonte: http://senze-instruments.com/erichsen_430_p.html

A partir de um equipamento denominado espectrofotômetro é possível se realizar medições de cor de uma superfície padrão e compará-la a outras amostras. As amostras de cada textura são medidas com o espectrofotômetro antes e depois de serem submetidas ao equipamento *Scratcher Hardness Tester*, o que possibilita a comparação e avaliação dos resultados sobre o fator riscabilidade.

As variações de cor que podem ser extraídas da medição com espectrofotômetro ao se comparar duas amostras, são conhecidas por parâmetros ΔL_{ab} onde: ΔL corresponde ao nível de diferença entre claro/escuro; Δa corresponde ao nível de diferença de tonalidade entre mais vermelho (+a) ou mais verde (-a); e Δb corresponde ao nível de diferença de tonalidade entre mais amarelo (+b) ou mais azul (-b). Os parâmetros são apresentados pelo equipamento em

números absolutos, sem unidade de medida. A figura 40 apresenta uma placa após submissão ao equipamento *Scratcher Hardness Tester*, marca ERICHSEN modelo 430, onde pode-se observar os riscos gerados pelo equipamento.

Figura 40 – Placa após submissão ao teste de riscabilidade



Fonte: o autor

A figura 41 mostra um exemplo de equipamento espectrofotômetro em medição de cor e brilho de uma folha vegetal.

Figura 41 – Exemplo de equipamento Espectrofotômetro



Fonte: arquivo pessoal do autor

2.8 Pesquisa de opinião

Com o intuito de avaliar a percepção de usuários de veículos em relação às texturas criadas com base na biomimética e reproduzidas nos processos de texturização laser e químico, foi realizada uma pesquisa de opinião a partir de dois grupos distintos, selecionados por conveniência do pesquisador:

O Grupo 1 foi formado por profissionais atuantes na área de desenvolvimento do produto da Volkswagen do Brasil, cuja população totaliza 913 pessoas, das quais obteve-se um total de 203 respondentes (22,23%).

O Grupo 2 foi formado por estudantes e professores do curso de *Design* de uma instituição de ensino superior privada, cuja população soma 389 pessoas, das quais obteve-se um total de 96 respondentes (24,67%).

Os critérios de seleção para responder à pesquisa foram: pertencer aos grupos das populações escolhidas, ser usuário de automóvel e ser maior de dezoito anos.

O instrumento de pesquisa utilizado foi um questionário dirigido aos dois grupos a fim de levantar a percepção de usuários de veículos em relação às texturas automotivas. Entre os dados levantados, buscou-se identificar: o nível de valor agregado que as texturas desenvolvidas conferem às peças plásticas do interior do automóvel; o nível de importância que os usuários atribuem à aparência e ao toque das texturas do interior do automóvel; dentre as texturas desenvolvidas com base na biomimética, quais padrões mais agradam e quais desagradam; quais são as preferências do usuário ao comparar a aparência e o toque das texturas em cada uma das tecnologias de texturização; se existe uma relação de aplicação dos padrões de texturas com diferentes categorias de veículos.

Um questionário preliminar foi desenvolvido em abril de 2018 e, a partir de aplicações piloto em grupos de 20 pessoas, foram executadas quatro revisões até a validação do questionário final, disponível para consulta no apêndice deste trabalho e aplicado aos respondentes dos dois grupos entre 12/07/18 a 26/10/18. A pesquisa aconteceu de forma anônima.

Para a avaliação visual e tátil foram preparadas amostras individuais de cada uma das texturas desenvolvidas nos dois processos de texturização. Injetadas em material plástico polipropileno na cor preta, as amostras foram recortadas em serra de fita nas dimensões de 50mm x 50mm, lixadas e nomeadas no verso. A condução na aplicação e preenchimento do questionário para os 312 respondentes foi realizada pelo próprio pesquisador, que apresentou as amostras dispostas sobre uma mesa, para que os respondentes pudessem avaliar e escolher as três texturas que mais agradavam e as três que desagradavam. As texturas eram misturadas de forma aleatória com o intuito de minimizar a possibilidade de vícios ou indução nas avaliações. A aplicação presencial dos questionários proporcionou ao pesquisador a percepção de diferentes reações sensoriais dos entrevistados, verbalizadas ou não, e foi essencial para elucidar eventuais dúvidas dos respondentes quanto às avaliações.

3 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Este capítulo apresenta e discute os resultados obtidos ao longo da pesquisa e está estruturado em subtítulos na ordem em que foram apresentados no capítulo 2 Método.

3.1 Questionário Survey

A primeira questão do questionário *Survey* solicitou a idade dos respondentes a fim de classificá-los em gerações de consumidores. O objetivo em analisar as respostas sob a divisão de faixas etárias (gerações) foi o de buscar entender se as diferentes gerações apresentam opiniões diferentes sobre o automóvel, o que possibilita por exemplo, verificar o comportamento dos jovens da geração “z”, entre 18 e 22 anos de idade (potenciais compradores de automóveis em médio prazo) para se traçar estratégias de desenvolvimento e inovação.

O critério para enquadramento geracional tomou por base as classificações em: geração “*baby boomers*” (pessoas acima de 50 anos de idade em 2017), geração “x” (entre 38 e 50 anos de idade em 2017), geração “y” ou “*millenials*” (entre 23 e 37 anos de idade em 2017) e geração “z” (entre 18 e 22 anos de idade em 2017). A partir deste enquadramento foi feito um corte para analisar em conjunto a opinião das gerações “x e y”, que corresponde às pessoas entre 23 e 50 anos de idade (71,1%), faixa etária de potenciais compradores de veículos composta por pessoas em fase economicamente ativa, cujas opiniões podem trazer dados para o delineamento de estratégias para curto prazo no desenvolvimento de veículos.

Uma análise de todas as respostas da amostra dos 137 respondentes do Survey revela que os respondentes entendem que:

- ✓ A inovação pode ser aplicada no desenvolvimento de produtos, processos e serviços (97,1%);
- ✓ A inovação é essencial (73,7%) ou muito importante (24,8%) para aumentar a competitividade das empresas;
- ✓ Aproximadamente metade dos respondentes (54,2%) não conhecia o significado de “biomimética” ou “biomimetismo”.
- ✓ Após breve esclarecimento sobre o que é biomimética, 76,6% dos respondentes acreditam que ela deva ser explorada para gerar inovação; 21,9% não souberam opinar alegando falta de conhecimento sobre o tema.
- ✓ Avaliando entre 0 e 10, sendo 0= “não gosto de automóvel” e 10= “gosto muito de automóvel”, percebe-se que a grande maioria da amostragem gosta de automóvel (aprox.60% acima de nota 8, aprox.32% entre nota 5 e 7, e aprox.8% entre 0 e 4).

- ✓ As texturas foram valorizadas por 58,4% dos respondentes. As pessoas valorizam primeiramente os detalhes (75,2%), seguido pelas formas (68,6%), texturas (58,4%), tecidos (56,2%).
- ✓ A maioria dos respondentes percebe as texturas do automóvel, com os seguintes resultados: sempre (43,1%); quase sempre (19%); frequentemente (27%). Apenas 10,9% da amostra responderam raramente ou nunca.
- ✓ Mais de 90% dos respondentes avaliaram que as texturas são essenciais ou muito importantes na percepção de qualidade do automóvel.
- ✓ Quase metade (45,3%) preferem texturas com padrões geométricos ordenados ou simétricos; os desenhos de couro são preferência para 29,2%, e os padrões que imitam tecidos são preferência para apenas 15,3% dos respondentes.

A pesquisa de *Survey* apontou que a maior parte dos respondentes da amostra entende que a inovação é importante para aumentar a competitividade das empresas que o uso da biomimética pode ser uma ferramenta para gerar inovação. Os dados indicam que a maior parte das pessoas gostam de automóveis, percebem e valorizam as texturas como algo que gera valor agregado e aumenta a qualidade percebida no produto. Estes dados permitem refletir sobre a importância e relevância do tema de pesquisa e de sua implementação nos sistemas produtivos automotivos como estratégia de geração de valor e inovação.

Os processos de pesquisa, desenvolvimento e inovação demandam um tempo de maturação e de retorno de investimento de longo prazo, além de que toda estratégia de inovação envolve riscos e esforços a serem compartilhados por todas as áreas envolvidas na cadeia de valor. Desta forma, a presente pesquisa trouxe à luz dados relevantes para discussão sobre investimento em pesquisas e desenvolvimento de texturas inspiradas na Biomimética como abordagem para se gerar inovação e agregar valor no automóvel.

Em relação às diferentes gerações de usuários de automóveis (gerações “x”, “y”, “z” e “*baby boomers*”) observou-se que não há diferença significativa de percepções entre as gerações, tanto em relação à aplicação da inovação no automóvel, quanto em relação ao uso da biomimética; assim como em relação à percepção de itens de valor e tipos de texturas aplicadas.

Outro dado relevante foi a classe de texturas preferida pela maior parte dos respondentes: texturas com desenhos geométricos, ordenados e simétricos. Isto pode orientar o conceito estético a ser desenvolvido pelos *designers* quando do desenvolvimento de futuras texturas com base na biomimética.

A síntese dos resultados do *Survey* está expressa na Tabela 2 (questões de 1 a 4), na

Tabela 3 (questões de 5 a 8) e na Tabela 4 (questões de 9 a 11).

Tabela 2 – Resultados da *survey* questões de 1 a 4

QUESTÕES	ALTERNATIVAS	18 - 22 ANOS (GERAÇÃO "Z")			23 - 37 ANOS (GERAÇÃO "Y")			38 - 50 ANOS (GERAÇÃO "X")			>50 ANOS ("BABY BOOMERS")		
		Nº respostas	% na faixa etária	% na amostra	Nº respostas	% na faixa etária	% na amostra	Nº respostas	% na faixa etária	% na amostra	Nº respostas	% na faixa etária	% na amostra
1. Faixa etária	Caracterização	24	100	17,5	64	100	46,7	32	100	23,4	17	100	12,4
2. Aplicação da "INOVAÇÃO":	No desenvolvimento de produtos.	2	8,3	1,5	0	0	0	1	3,1	0,7	0	0	0
	No aprimoramento de processos.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	No aprimoramento de serviços.	1	4,6	0,7	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Produtos, processos e serviços.	21	87,5	15,3	64	100	46,7	31	96,9	22,6	17	100	12,4
3. Prática da INOVAÇÃO como ferramenta para a competitividade.	irrelevante.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	de pouca importância.	1	4,6	0,7	1	1,6	0,7	0	0	0	0	0	0
	muito importante.	7	29,2	5,11	44	68,8	32,1	7	21,9	5,1	1	5,9	0,7
	essencial.	16	67	11,7	19	29,7	13,9	25	78,1	18,2	16	94,1	11,7
4. Biomimética / Biomimetismo	é o primeiro contato.	6	25	4,4	35	54,7	25,5	9	28,1	6,6	6	35,3	4,4
	desconheço seu significado.	8	33,3	5,8	7	10,9	5,1	3	9,4	2,2	3	17,6	2,2
	conheço o significado.	6	25	4,4	6	9,4	4,4	4	12,5	2,9	2	11,7	1,5
	pode ser aplicado a solução de problemas.	4	16,7	2,9	16	25	11,7	16	50	11,7	6	35,3	4,4

Fonte: o autor.

Tabela 3 – Resultados da *survey* questões de 5 a 8

QUESTÕES	ALTERNATIVAS	18 - 22 ANOS (GERAÇÃO "Z")			23 - 37 ANOS (GERAÇÃO "Y")			38 - 50 ANOS (GERAÇÃO "X")			>50 ANOS ("BABY BOOMERS")		
		Nº respostas	% na faixa etária	% na amostra	Nº respostas	% na faixa etária	% na amostra	Nº respostas	% na faixa etária	% na amostra	Nº respostas	% na faixa etária	% na amostra
5. A BIOMIMÉTICA para gerar INOVAÇÃO	não é possível.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	aplicação é irrelevante.	1	4,6	0,7	1	1,6	0,7	0	0	0	0	0	0
	deve ser explorada.	17	70,8	12,4	45	70,3	32,8	27	84,4	19,7	16	94,1	11,7
	s/ opinião formada.	6	25	4,4	18	28,1	13,1	5	15,6	3,6	1	5,9	0,7
6. Indicação de quanto gosta de automóveis (0=nada e 10 =muito)	respostas entre notas 0 e 4	3	12,5	2,2	4	6,3	2,9	1	3,1	0,7	0	0	0
	respostas entre notas 5 e 7	9	37,5	6,6	22	34,4	16,1	7	21,9	5,1	6	35,3	4,4
	respostas entre notas 8 e 10	12	50	8,8	38	59,4	27,7	24	75	17,5	11	64,7	8
7. O que se valoriza no design interior do automóvel (+ que uma alternativa)	as formas	17	70,8	12,4	42	65,6	30,6	32	100	23,4	13	76,5	9,5
	as texturas	15	62,5	10,9	41	64,1	29,9	18	56,3	13,1	9	52,9	6,6
	os tecidos	12	50	8,8	44	100	46,7	16	50	11,7	8	47	5,8
	os detalhes	19	79,2	13,9	54	84,4	39,4	19	59,4	13,9	12	70,6	8,8
8. "Frequência de observação das texturas das peças plásticas do interior de um automóvel"	nunca	0	0	0	3	4,7	2,2	0	0	0	0	0	0
	raramente	4	16,7	2,9	5	7,8	3,6	3	9,4	2,2	0	0	0
	frequentemente	8	33,3	5,8	18	28,1	13,1	7	21,9	5,1	4	23,5	2,9
	quase sempre	6	25	4,4	11	17,2	8	7	21,9	5,1	2	11,8	1,5
	sempre	6	25	4,4	27	42,2	19,7	15	46,9	10,9	11	64,7	8

Fonte: o autor.

Tabela 4 – Resultados da *survey* questões de 9 a 11

QUESTÕES	ALTERNATIVAS	18 - 22 ANOS (GERAÇÃO "Z")			23 - 37 ANOS (GERAÇÃO "Y")			38 - 50 ANOS (GERAÇÃO "X")			>50 ANOS ("BABY BOOMERS")		
		Nº respostas	% na faixa etária	% na amostra	Nº respostas	% na faixa etária	% na amostra	Nº respostas	% na faixa etária	% na amostra	Nº respostas	% na faixa etária	% na amostra
9. As texturas e percepção da qualidade	são irrelevantes.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	agregam pouco valor .	3	12,5	2,2	6	9,4	4,4	2	6,3	1,5	0	0	0
	são importantes.	14	58,3	10,2	31	48,4	22,6	15	46,9	10,9	8	47	5,8
	são muito importantes.	7	29,2	5,1	27	42,2	19,7	15	46,9	10,9	9	52,9	6,6
10. Padrões que mais valorizam a percepção de qualidade	que imitam de couro.	8	33,3	5,8	17	26,6	12,4	9	28,1	6,6	6	35,3	4,4
	que imitam tecidos.	3	12,5	2,2	5	7,8	3,6	4	12,5	2,9	2	11,8	1,5
	com desenhos aleatórios.	3	12,5	2,2	10	15,6	7,3	5	15,6	3,6	3	17,6	2,2
	com desenhos geométricos ordenados ou simétricos.	10	41,7	7,3	32	50	23,4	14	43,8	10,2	6	35,3	4,4
11. A aplicação da Biomimética no desenvolvimento de texturas para inovação, traduzida em melhoria estética, funcional e operacional.	não vale a pena investir.	1	4,6	0,7	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	vale a pena investir.	18	75	13,1	49	76,6	35,8	27	84,4	19,7	15	88,2	10,9
	não tenho opinião formada.	5	20,8	3,6	15	23,4	10,9	5	15,6	3,6	2	11,8	1,5

Fonte: o autor.

3.2 Análise bibliométrica

As pesquisas bibliométricas foram realizadas a partir das bases de dados SciELO, WoS, Google Scholar e IEEE.

As palavras-chave iniciais utilizadas nas buscas foram: *design*; *innovation*; e *Biomimicry*.

A partir dessas palavras-chave obteve-se um total de 2214 itens (222 do SciELO, 1946 do Google Scholar; e 46 do IEEE).

O quadro 3 apresenta os filtros utilizados nas buscas realizadas no site SciELO.

Quadro 3 – Resultados SciELO (palavras-chave: *design*, *innovation* e *biomimicry*)

Artigos pesquisados no Site SciELO						
Critérios de classificação e filtros						
	Pesquisa geral (somente artigos)	Filtro por data (de 2003 a 2017)	Filtro: idioma (somente artigos em Inglês, Português e Espanhol)	Filtro: áreas temáticas SciELO	Filtro: áreas temáticas WoS	Artigos mais citados (acima de 2 citações)
keyword	"design"	(x)	(x)	Engenharia / Ciências Humanas / Multidisciplinar / Linguística, Letras e Artes.	Engenharia, Multidisciplinar / Ciências das plantas / Biologia	(x)
nº artigos	38.009	34.871	34.823	2.197		126*
keyword	"innovation"	(x)	(x)	Engenharia / Ciências Humanas / Multidisciplinar / Linguística, Letras e Artes.	Engenharia, multidisciplinar / Gerenciamento / Humanidades, multidisciplinar / Engenharia de produção / Biotecnologia e microbiologia aplicada / Engenharia industrial / Eng. Química / Eng. Mecânica / Ciências das plantas / Biologia marinha e de água doce	(x)
nº artigos	4.813	4.609	4.596	1.075		93*
keyword	"biomimicry"			(todas as áreas)	(todas as áreas)	
nº artigos	3	3	3	3	3	3*
*quantidade de artigos selecionados para análise						

Fonte: SciELO

O quadro 4 apresenta os filtros utilizados nas buscas realizadas no site IEEE.

A partir dos itens selecionados aplicou-se o recurso de filtros do software Endnote[®]. Fez-se o corte dos artigos cujas palavras-chave constavam no título, no abstract e nas palavras-chave dos autores. Com isso pôde-se chegar ao resultado de 596 itens selecionados, entre artigos, dissertações, teses e livros, a partir das combinações das palavras-chave, títulos e abstract contendo: *Biomimicry* = 63; *Design* = 314; *Innovation* = 219.

Quadro 4 – Resultados IEEE (palavras-chave: *design*, *innovation* e *biomimicry*)

Artigos pesquisados no Site IEEE Xplore Digital Library										
Critérios de classificação e filtros										
	Pesquisa geral (sem filtros)	Filtro: pesquisa somente em periódicos ("only journals and magazines")	Filtro: palavra contida no título do documento ("document title")	Filtro: palavra-chave do autor ("author keywords")	Filtro: palavra contida no resumo ("abstract")	Filtro por data (de 2003 a 2017)	Filtro: palavra contida no Título da publicação ("Publisher Title")	Palavra contida no "Meta Data" (abrange título, resumo e textos indexados)		
keyword	"design"	(x)	"design"	"design"	"design"	(x)	"design"	AND "innovation"		
n° artigos	1.050.727	192.125	44.012	3.535	3.126	2.992	187	10*		
keyword	"innovation"	(x)	"innovation"	"innovation"	"innovation"	(x)	"innovation"	AND "design"		
n° artigos	68.225	12.670	1.166	109	93	92	0	15*		
keyword	"biomimicry"	(x)	"biomimicry"	"biomimicry"	"biomimicry"	(x)	"biomimicry"	AND "design"	AND "innovation"	"design" AND "innovation" AND "biomimicry"
n° artigos	66	22	0	0	0	21*	0	11	7	7

* quantidade de artigos selecionados para análise

Fonte: IEEE

Quadro 5 – Resultados SciELO (palavras-chave: *texture* e *perception*)

Artigos pesquisados no Site SciELO						
Critérios de classificação e filtros						
	Pesquisa geral (somente artigos)	Filtro por data (de 2003 a 2017)	Filtro: idioma (somente artigos em Inglês, Português e Espanhol)	Filtro: áreas temáticas SciELO	Filtro: áreas temáticas WoS	Filtro por data (de 2013 a 2017)
keyword	"texture"	(x)	(x)	Engenharia / Ciências biológicas / Multidisciplinar / Ciências Humanas / Linguística, Letras e Artes.	Engenharia, multidisciplinar / Biologia / Ciência dos Materiais / Ciências das plantas / Zoologia / Humanidades, Multidisciplinar / Ciências / Antropologia / Artes / Ciência dos materiais / Biologia	
n° artigos	2.464	2.075	2.075	580	331*	
keyword	"perception"	(x)	(x)	Ciências Humanas / Engenharia / Multidisciplinar / Linguística, Letras e Artes.	Psicologia / Humanidades, multidisciplinar / Física, multidisciplinar / Sociologia / Filosofia / Engenharia, multidisciplinar / Engenharia de produção / Comunicação / Artes / Ciências multidisciplinar / Engenharia industrial	(x)
n° artigos	11.033	10.411	10.367	3.426	1516	619*

*quantidade de artigos selecionados para análise

Fonte: SciELO

A análise preliminar dos títulos e dos abstracts dos 596 itens revelou a necessidade de buscas adicionais por outras palavras-chave que possibilitassem a associação de biomimética, inovação e *design* ao estudo de texturas e sua relação com a percepção do usuário de automóveis, finalidade do tema deste estudo. Realizou-se uma nova busca pelas palavras-chave *texture* e *perception* nos sites SciELO e IEEE, e obteve-se um adicional de 1392 itens a serem

analisados (950 do SciELO; e 442 do IEEE).

O quadro 5 apresenta os filtros utilizados nas buscas realizadas no site SciELO.

O quadro 6 apresenta os filtros utilizados nas buscas realizadas no site IEEE.

Quadro 6– Resultados IEEE (palavras-chave: *texture* e *perception*)

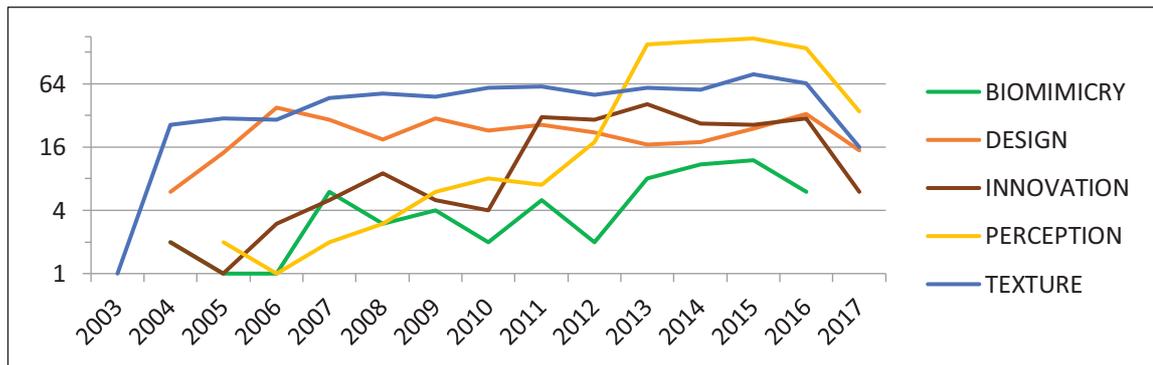
Artigos pesquisados no Site IEEE Xplorer Digital Library						
Critérios de classificação e filtros						
	Pesquisa geral (sem filtros)	Filtro: pesquisa somente em periódicos ("only journals and magazines")	Filtro: palavra contida no título do documento ("document title")	Filtro: palavra-chave do autor ("author keywords")	Filtro: palavra contida no resumo ("abstract")	Filtro por data (de 2003 a 2017)
keyword	"texture"	(x)	"texture"	"texture"	"texture"	(x)
nº artigos	25.942	4.829	1.067	387	371	348*
keyword	"perception"	(x)	"perception"	"perception"	"perception"	(x)
nº artigos	26.184	4.870	658	124	95	94*

* quantidade de artigos selecionados para análise

Fonte: IEEE

Os dados apresentados na Figura 42, possibilitaram analisar a quantidade de publicações dos temas abordados ao longo dos últimos 15 anos, com o intuito de se verificar o quanto os temas da pesquisa estão sendo discutidos ao longo do tempo, auxiliando na discussão sobre sua relevância e de possíveis *gaps* de pesquisa. Observou-se que a partir de 2011 as pesquisas sobre as palavras-chave (sobretudo *innovation* e *perception*) aumentam em número considerável de publicações.

Figura 42 – Número de publicações por ano



Fonte: bibliometria realizada

Desta forma, adotou-se o ano de 2011 como data de corte para seleção dos artigos. Como resultado obteve-se um total de 148 arquivos que foram analisados pelo título e resumo, dos quais vinte foram estudados e considerados os mais relevantes para referencial desta pesquisa. Além dos artigos selecionados, foram considerados adicionalmente: sete livros, duas teses e uma dissertação.

A partir do estudo da análise bibliométrica observou-se que a aplicação da Biomimética

no desenvolvimento de texturas apresenta potencial de exploração científica. Alguns estudos apontam potencial para aplicação de princípios oriundos da natureza em texturas superficiais com foco em melhorias estéticas, funcionais e de desempenho. A análise da literatura indica que a associação entre biomimética, inovação, texturas aplicadas em veículos e percepção de valor constitui um *gap* de pesquisa com potencial de estudo como forma de gerar inovação em toda a cadeia automotiva (desde os processos de conceituação de *design* dentro das montadoras e Centros de Pesquisa e Desenvolvimento, passando por toda a cadeia produtiva envolvida no desenvolvimento como: texturizadores, fabricantes de moldes e fabricantes de autopeças).

Com base nos artigos relacionados ao tema Biomimética identificou-se que o estudo de princípios da natureza a partir de características de flores e peles de animais tem potencial de estudo para gerar inovação no desenvolvimento de texturas com: maior valor agregado; melhores características de toque; melhorias relacionadas à sujidade e limpeza; aparência; potencial de melhoria aerodinâmica e consequente eficiência energética (para aplicação em peças externas do veículo como para-choques, aerofólios, coberturas de caixas de roda, *spoilers* entre outras). Exemplos destes estudos são aqueles relacionados à textura da pele do tubarão e de padrões de microtextura na superfície da flor de lótus.

Os resultados obtidos com este estudo bibliométrico levaram à reflexão sobre a importância e relevância do tema desta pesquisa e de sua implementação nos sistemas produtivos automotivos como estratégia de geração de valor e inovação.

Os estudos relacionados à biomimética encontrados nesta análise da literatura representam oportunidades de aplicação prática com potencial de melhorar os resultados financeiros das empresas, uma vez que podem contribuir para o aumento da satisfação do usuário e da melhoria na experiência com os produtos oriundos deste desenvolvimento, e desta forma podendo contribuir com aumento de vendas, ampliação do *Market share* e consequente aumento das receitas das empresas.

O resultado da análise dos estudos que abordam o *Design* e o *design* de superfície como instrumentos de estratégia para melhorar a qualidade e o valor percebido dos produtos por usuários, aponta a importância que estas áreas do conhecimento vêm ganhando ao longo dos últimos anos em nível mundial nos diferentes tipos de indústria.

O desenvolvimento de texturas como uma especialidade do *design* de superfície mostrou-se essencial para a aplicação em peças plásticas do interior de veículos, considerando as funções que desempenham na melhoria do produto e as crescentes necessidades estéticas de um mercado consumidor cada vez mais exigente por qualidade e *design*.

O *Design* e o *design* de superfície apresentam-se como instrumentos relevantes para

gerar inovação nas empresas quando aplicados ao desenvolvimento de novos produtos, com potencial de aumentar a qualidade e de agregar valor aos artefatos, uma vez que são capazes de criar relações emocionais entre usuários e produtos que impactam na imagem das marcas, no consumo, na fidelização de clientes e conseqüente impacto na competitividade das empresas.

Quadro 7 – Quadro teórico conceitual – *Design, Design* de superfície, Inovação e Texturas

TEMÁTICA	Autor / Referência	Conceitos abordados
DESIGN e INOVAÇÃO	Verganti (2008)	A inovação norteada pelo <i>design</i> é uma estratégia capaz de gerar valor, fortalecer a marca, dificultar imitações pelos competidores e assegura vantagem competitiva sustentável a longo prazo.
	Norman e Verganti (2014)	Inovação radical pode ocorrer por tecnologia ou por alteração do significado do objeto (<i>design</i>).
	Farhana e Bimenyimana (2015)	Design como estratégia de inovação com foco em aumentar a competitividade entre as empresas. Atende às necessidades do usuário, implementa oportunidades tecnológicas e altera o significado do produto.
DESIGN DE SUPERFÍCIE	Schwartz (2008)	Defende que a interferência na superfície do produto é uma tendência no <i>design</i> contemporâneo como importante fator de inovação.
	Schwartz, Neves e Rüttschilling (2008)	Design de superfície é uma ferramenta utilizada para atender às necessidades de personalização de produtos para consumidores da era pós-industrial (produtos fabricados em massa e com pouca diferenciação).
	Karana, Hekkert e Kandachar (2008)	A seleção apropriada de materiais e acabamentos (incluindo formas, cores e texturas) contribuem para criar significados intencionais nos produtos por características intangíveis dos materiais (valores e significados culturais) que atendem demandas dos consumidores.
	Karana, Hekkert e Kandachar (2009)	Propriedades sensoriais dos materiais e os processos produtivos desempenham um papel crucial na criação de significados especiais no produto (ex.: luxo, elegância e riqueza). O estudo de diferentes texturas aplicadas a produtos interfere na percepção e significado por parte dos usuários (valor agregado e qualidade percebida).
	Brown (2010)	O <i>Design</i> de superfície gera experiências nos usuários e cria vínculos emocionais com os produtos, o que reflete na fidelização do cliente à marca e gera impacto positivo na competitividade das empresas.
TEXTURAS	Freitas (2011)	Importância das texturas na indústria automotiva para cobrir imperfeições do processo de injeção, melhorar o acabamento das peças e aumentar o valor percebido de qualidade, gerando inovação no produto.
	Rinaldi (2013)	O <i>design</i> de superfície utilizado pelas indústrias para aumentar a competitividade das empresas. Foco na valorização do usuário e no relacionamento usuário-produto.
	Yanagisawa e Takatsuji (2015)	A textura de superfície é um fator de <i>design</i> que consiste em atributos físicos (rugosidade, brilho, cor e dureza). As pessoas percebem as características das superfícies pela informação sensorial (características percebidas).
	Silva <i>et al.</i> (2009)	Contribuição das texturas na relação emocional entre usuário e objeto pela relação de percepção de valor e de qualidade percebida do produto.
	Lóss e Jansen (2015)	Definição da textura (oposto de polimento) e de texturização (processo usado para aplicar padrões de textura às superfícies dos moldes de injeção plástica). Classificação das texturas em tipos de padrões (naturais ou orgânicos; geométricos e funcionais). Necessidade de ângulo mínimo de extração do molde para garantir qualidade da peça injetada.
	Silva (2016)	Classificação das texturas por: dimensão; regularidade; e forma.

Fonte: o autor

Quadro 8 – Quadro teórico conceitual – Biomimética

TEMÁTICA	Autor / Referência	Conceitos abordados
BIOMIMÉTICA	Gonçalves, Cardoso e Badke-Schaub (2014)	Importância dos processos de inspiração no <i>design</i> de produtos e a Natureza como fonte de inspiração.
	Benyus (2002)	Definição do conceito de Biomimicry (Biomimética) como um novo foco de imitação dos processos naturais para encontrar soluções inovadoras a problemas complexos.
	Alshami <i>et al.</i> (2015)	Natureza como fonte de inspiração (por designers e arquitetos) com foco em buscar sustentabilidade e beleza.
	Volstad e Boks (2008)	Uso multidisciplinar da biomimética como uma alternativa aos métodos tradicionais de desenvolvimento de produto.
	Steigleder (2010); Tricinci <i>et al.</i> (2015); Arnarson (2015)	Uso da biomimética a partir do estudo de superfícies naturais hidrofóbicas e hidrofílicas. Aplicação no <i>design</i> de produtos e na arquitetura com potencial para aumento do conforto térmico, bem-estar, conservação de energia, maior facilidade de limpeza.
	Tavsan e Sonmez (2015)	Criação de produtos a partir de conceitos biomiméticos de ordem estética ou prática. Importância dos objetos nos aspectos simbólicos do estilo de vida e riqueza cultural do ser humano.
	Weiler e Goel (2015)	Método de processo de <i>design</i> utilizando a biomimética. Necessidade de documentação, detalhamento do método e criação de evidências (diário de bordo).
	McGregor (2013)	Biomimética para gerar inovação e inspiração em problemas transdisciplinares.
	Detanico, Teixeira e Silva (2010)	Biomimética como processo criativo para gerar produtos inovadores no âmbito formal, comportamental ou funcional.
	Silva (2016)	Biomimética como campo de inspiração para o desenvolvimento de texturas que aumentam a qualidade sensorial. Uso de equipamentos tecnológicos e o desenvolvimento de uma metodologia de criação de texturas baseadas na natureza permitem um retorno a parâmetros orgânicos emocionalmente importantes ao ser humano e relevantes no desenvolvimento de novos produtos. Texturas inspiradas na biomimética sob uma perspectiva da relação emocional que provocam no usuário.

Fonte: o autor

O quadro 7 e o quadro 8 apresentam os principais conceitos advindos da análise bibliométrica e abordados no referencial teórico desta pesquisa.

3.3 Entrevistas com profissionais e Observação direta

As informações mais relevantes obtidas a partir da observação direta em visita às três empresas especializadas no desenvolvimento de texturas e texturização de moldes foram:

A tecnologia de texturização química:

- É realizada a partir da impressão de cera com o desenho da textura sobre filmes plásticos. Estes filmes são posicionados sobre as superfícies dos moldes de injeção onde se deseja realizar a texturização. A cera é transferida do filme ao molde a fim de se criar máscaras de proteção nos locais onde não deve ocorrer a

corrosão. O molde é texturizado por imersão em tanques contendo soluções químicas que corroem a superfície do molde. A complexidade do desenho da textura é o que determina a quantidade de filmes e banhos de ataque químico que o molde sofrerá para que o processo de texturização aconteça, o que comumente pode variar entre um e sete filmes consecutivos.

- Apresenta limitações para representar fielmente desenhos de superfícies planas inclinadas (por conta de a corrosão ocorrer em camadas) e linhas de caráter com vértices muito definidos, sem raios (devido à característica própria da tecnologia de corrosão em reduzir os cantos vivos).
- Necessita de registro exato no posicionamento manual de todos os filmes utilizados no processo.
- Possibilita a criação de texturas em *dégradé* (controle de gravação em diferentes profundidades da textura para viabilizar extração da peça em locais do molde em que o ângulo de extração é reduzido) pelo controle do tempo de exposição ao produto químico em cada região do molde.

A tecnologia de texturização a laser:

- Possibilita maior controle do processo por permitir ajustar parâmetros da tecnologia (quantidade de camadas de gravação, ajustes de frequência e potência do laser).
- Apresenta boa capacidade para representar fielmente tanto desenhos de superfícies geométricas, planas ou orgânicas, assim como para reproduzir linhas de caráter com vértices (sem raios).
- Utiliza referências de coordenadas tridimensionais controladas por sensores apalpadores e computador para alinhamento e gravação dos moldes, garantindo a precisão da gravação na superfície dos moldes pelo controle de sua referência espacial.
- Possibilita a criação de texturas em *dégradé* controlada pela programação da tecnologia laser.

A tecnologia de texturização híbrida:

- Utiliza o laser para remover a emulsão protetora aplicada a cada camada de ataque químico, apresentando a vantagem de garantir a precisão de sobreposição das camadas de texturização e de reduzir o tempo de texturização, comparado com a tecnologia laser (em especial para texturas mais complexas e profundas).

- Apresenta resultados estéticos e limitações semelhantes aos da tecnologia química.

Quadro 9 – Comparativo dos processos de texturização

PROCESSO DE TEXTURIZAÇÃO	DESCRIÇÃO	VANTAGENS	DESVANTAGENS
QUÍMICO	Texturização por corrosão química do molde de injeção a partir de aplicações de sucessivos filmes de cera protetiva com o desenho da textura, imersão em tanques químicos e lavagem do molde	Mais econômico (para moldes de grande porte)	Uso de produtos químicos e necessidade de tratamento da água utilizada
		Menor tempo de texturização (para moldes de grande porte)	Limitações de dimensões do molde <i>versus</i> dimensões do tanque de ataque químico
		Promove um toque agradável à superfície	Qualidade depende de habilidade manual para aplicação e registro dos filmes
		Reproduz bem desenhos orgânicos e arredondados	
LASER	Texturização por ablação a partir de feixe de laser aplicado diretamente na superfície do molde de injeção	Mais caro (para moldes de grande porte)	Custo
		Maior tempo de texturização (para moldes de grande porte)	Tempo de ablação
		Exige profundo conhecimento da tecnologia para controle de brilho e agradabilidade ao toque	Limitações das dimensões do molde em função de características da plataforma do equipamento (área de gravação e peso do molde)
		Reproduz com maior precisão superfícies planares, angulares e vértices	
		Permite deformação de desenhos para alinhamento de padrões com as linhas de design do produto	
HÍBRIDO	Processo que utiliza feixe de laser para a confecção de máscara protetiva (substituta da aplicação de cera por filmes) por remoção de tinta do molde com posterior ataque químico de texturização	Permite deformação dos desenhos com a precisão do processo laser e a agilidade do processo químico	Características de corrosão do processo químico (limitações para texturas com elementos planares, angulares e vértices)

Fonte: o autor, a partir de pesquisa com especialistas

O quadro 9 apresenta um resumo das informações obtidas com os profissionais atuantes em empresas texturizadoras e destaca as principais vantagens e desvantagens de cada um dos processos de texturização utilizados atualmente.

Demais informações relevantes válidas para quaisquer tecnologias de texturização:

- O ângulo de extração necessário no molde para que não haja geração de marcas de raspagem da peça texturizada no momento da extração varia em função: do tipo de material a ser injetado; da configuração formal da peça; do tipo de desenho da textura; da profundidade da textura.
- Peças injetadas em materiais com alta contração necessitam de maior ângulo de extração no molde.

- Para geometrias de superfícies que tendem a contrair mais sobre a matriz do molde de injeção (ex. porta objetos profundos) recomenda-se aumentar o ângulo de extração recomendado para a textura utilizada ou aplicar textura em *dégradé* (com profundidade reduzida da textura).
- Para quaisquer tecnologias de texturização recomenda-se a criação de texturas de até 200µm de profundidade.

3.4 Desenvolvimento de Texturas inspiradas na Natureza

Como resultado das pesquisas teóricas e do levantamento empírico junto a profissionais atuantes no *design* de texturas, foram desenvolvidas doze texturas inspiradas na Natureza.

Quanto às fontes de inspiração, quatro texturas foram inspiradas no reino animal:

- Textura D – Pavão: inspirada nas penas do pavão;
- Textura E – Colmeia: inspirada em elementos geométricos presentes nas colmeias de abelhas;
- Textura G – Peixe: inspirada em imagem microscópica das escamas do peixe cofre.
- Textura H – Jabuti: inspirada nos elementos geométricos tridimensionais da carapaça do Jabuti.

Cinco texturas foram inspiradas em plantas:

- Textura A – Texas: inspirada na configuração das folhas da planta *Lupinus Texensis*, espécie de planta encontrada no estado do Texas, EUA.
- Textura B – Templo: inspirada na planta suculenta *Crassula Capitella Thyrsoiflora*, conhecida como Templo de Buda.
- Textura I – Lírio: inspirada em imagem microscópica de um pólen de lírio.
- Textura J – Alga: inspirada em imagem microscópica de uma alga.
- Textura K – Cacto: inspirada nas superfícies ondulatórias de um cacto.

Três texturas foram inspiradas em fruto e cereais:

- Textura C – Buriti: inspirada na geometria da casca do fruto do Buriti, típico na região norte e nordeste do Brasil.
- Textura F – Canjica: inspirada no milho de canjica branca.
- Textura L – Milho: inspirada no grão de milho verde.

Figura 43 – Classificação das texturas em relação à forma e distribuição de seus elementos

Desenho da Textura	
Classificação quanto à forma	Canjica positiva (Fp)
	Canjica negativa (Fn)
	Lírio (I)
	Cacto (K)
	Milho (L)
Padrões de superfícies orgânicas e distribuição ordenada	Texas (A)
	Templo (B)
	Pavão (D)
	Alga (J)
	Jabutí (H)
Padrões de superfícies geométricas e distribuição ordenada	Buriti (C)
	Colmeia (E)
	Peixe (G)

Fonte: o autor (a partir de imagens de fotografia microscópica manual)

Buscou-se desenvolver texturas de diferentes características estéticas a fim de se comparar os resultados visuais e táteis nos processos de texturização químico e laser. As texturas foram criadas e classificadas em três grupos a partir dos critérios de forma do elemento básico e distribuição dos elementos.

- Padrões de superfícies orgânicas e distribuição aleatória;
- Padrões de superfícies orgânicas e distribuição ordenada; e
- Padrões de superfícies geométricas e distribuição ordenada.

A figura 43 apresenta a classificação das texturas em relação à forma e distribuição de seus elementos.

3.5 Medições das amostras plásticas texturizadas

Após a injeção plástica das amostras das texturas criadas foi possível realizar três tipos de medições que possibilitaram análises visuais: representações topográficas; medições com perfilômetro ótico de contato; e testes de riscabilidade.

3.5.1 Fotografias microscópicas

As imagens capturadas por microscópio manual possibilitaram uma análise preliminar de detalhes de cada uma das texturas e permitiram uma comparação imediata dos resultados visuais obtidos em cada uma das tecnologias. Embora estas fotografias tenham registrado apenas as imagens topográficas das texturas, sem uma escala de referência dimensional, alguns parâmetros puderam ser avaliados visualmente como: definição de desenho, precisão de contornos e linhas de caráter, simetria e dispersão de ilhas.

Observou-se que nas texturas classificadas como padrões de superfície geométrica e distribuição ordenada (texturas C, E, G e H) as diferenças entre os processos laser e químico se mostraram mais evidentes. Nestas texturas a tecnologia laser apresentou maior precisão de detalhes e melhor definição das linhas de caráter.

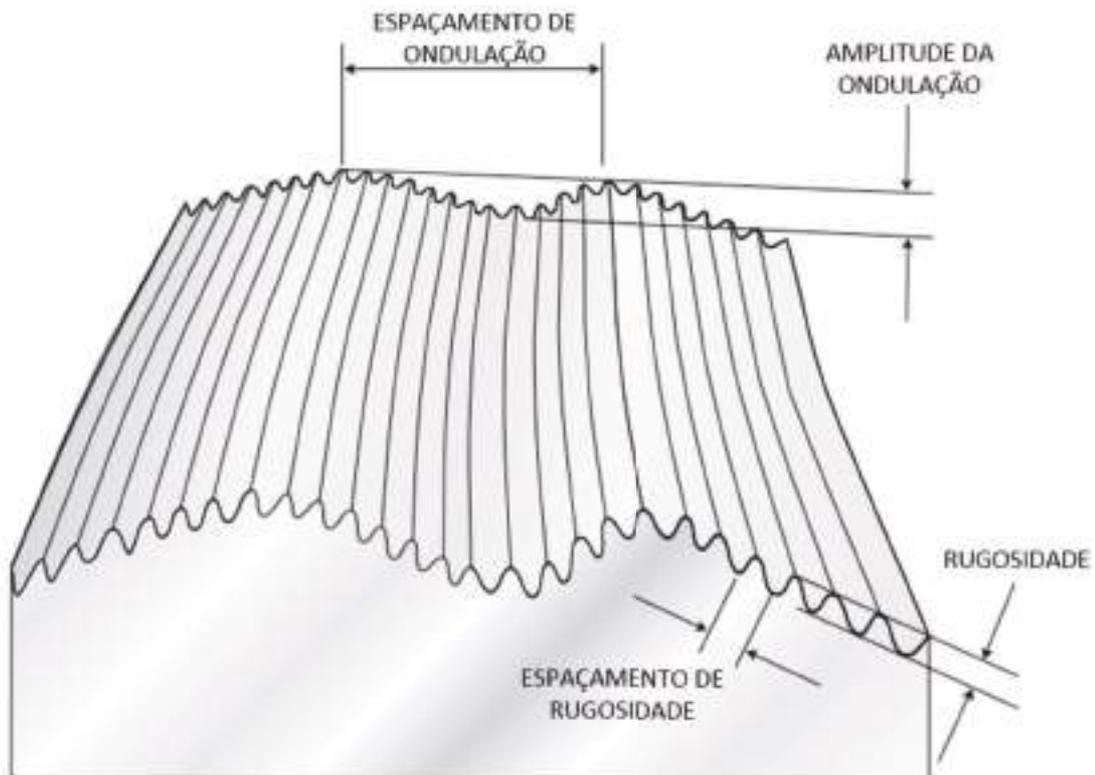
As texturas classificadas como padrões de superfície orgânica e distribuição ordenada (texturas A, B, J e L) também apresentaram diferenças perceptíveis entre as tecnologias. A textura A apresentou diferenças perceptíveis entre os processos de texturização, sendo o processo laser o que obteve melhor definição em relação às linhas de contorno e de precisão do desenho. Em relação às texturas B, J e L, embora similares, foi possível observar diferenças dimensionais entre os resultados dos dois processos.

As texturas classificadas como padrões de superfície orgânica e distribuição aleatória (texturas F_p, F_n, I e K) apresentaram de forma geral maior similaridade entre os pares de amostras reproduzidas pelos dois processos. Destas amostras a textura F_n reproduzida pelo processo químico foi a que apresentou diferença mais perceptível de precisão de contorno das ilhas.

3.5.2 Medições com equipamento Perfilômetro Ótico de contato

As medições obtidas pelo perfilômetro ótico de contato permitiram analisar e comparar o resultado das amostras das texturas reproduzidas nos processos de texturização a laser e químico. Este procedimento possibilitou analisar: imagens topográficas das texturas; rugosidade de perfis; alturas de picos e profundidades de vales; parâmetros R (rugosidade de perfil) e parâmetros S (rugosidade de superfície). Paralelamente foi possível comparar a geometria das texturas e a rugosidade entre as amostras reproduzidas pelos dois processos de texturização.

Figura 44 – Componentes de uma superfície texturizada



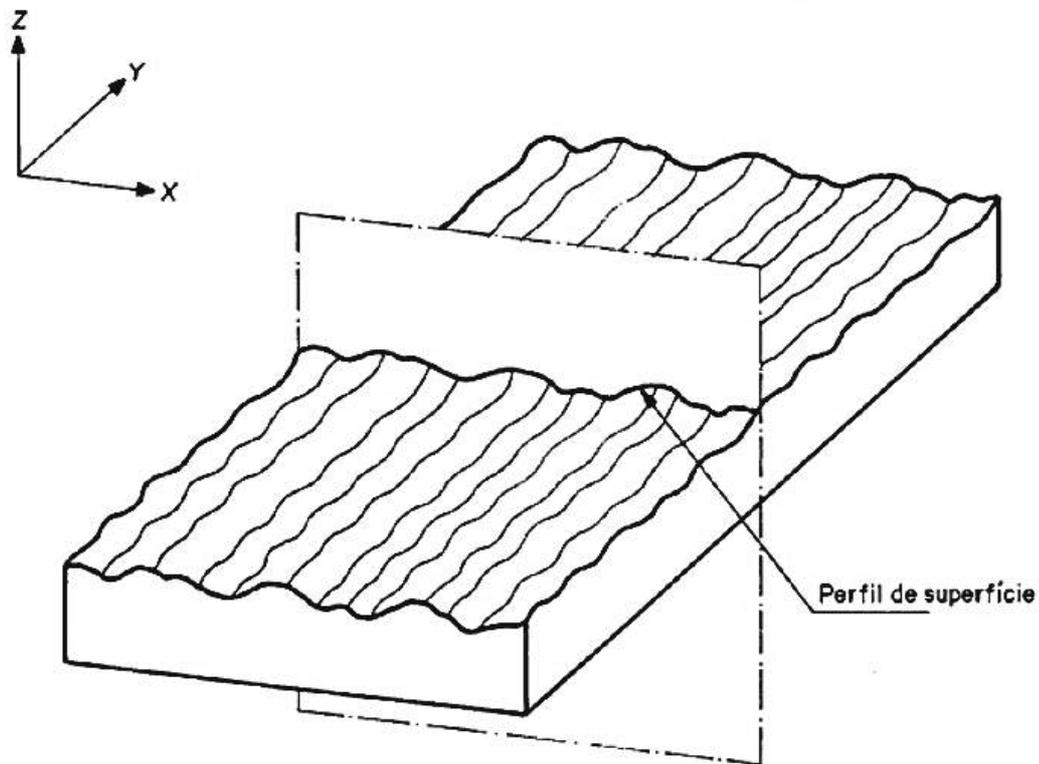
Fonte: Taylor Hobson (2011) - adaptado

Foram utilizados nas análises:

- Parâmetros de amplitude do perfil primário (P_z) – altura máxima do perfil.
- Parâmetros de perfil de rugosidade (R_a) – desvio médio do perfil de rugosidade;
- Parâmetros de características (S_{10z}) – altura média de dez pontos da superfície.

A figura 44 apresenta esquematicamente os componentes de uma superfície texturizada. Os parâmetros utilizados na análise das medições correspondem aos conceitos ilustrados na imagem: perfil primário da superfície (espaçamento da ondulação); rugosidade; e amplitude da ondulação.

Figura 45 – Perfil de superfície



Fonte: ABNT NBR ISO 4287 (2002)

A norma ABNT ISO 4287 (2002) define as especificações geométricas do produto relacionadas à rugosidade e apresenta termos, definições e parâmetros da rugosidade medidas pelo método do perfil. O perfil de superfície é definido como o perfil resultante da interseção da superfície real medida e um plano específico normal à essa superfície.

Os principais elementos de um perfil são:

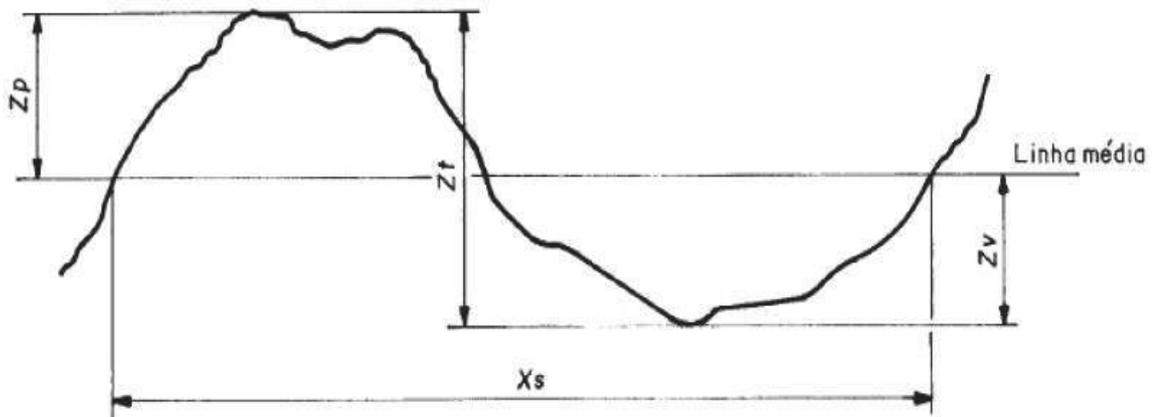
- Pico - parte do perfil avaliado dirigido para fora (do material para o meio ambiente), conectada a dois pontos adjacentes da interseção do perfil com o eixo X.

- Vale - parte do perfil avaliado dirigido para dentro (do meio ambiente para o material) do perfil considerado, conectada a dois pontos adjacentes da interseção do perfil com o eixo X.

A figura 45 ilustra um perfil de superfície.

A figura 46 apresenta os elementos do perfil, onde: X_s é o comprimento de um perfil primário da superfície. Nas medições realizadas, este parâmetro equivale ao elemento de repetição da textura, ou seja, o comprimento de onda da macro-textura; Z_p equivale à altura do pico do perfil; Z_v equivale à profundidade de um vale do perfil; Z_t equivale à profundidade total do perfil de textura medido (soma do valor do pico com o valor do vale).

Figura 46 – Elementos do Perfil



Fonte: ABNT NBR ISO 4287 (2002)

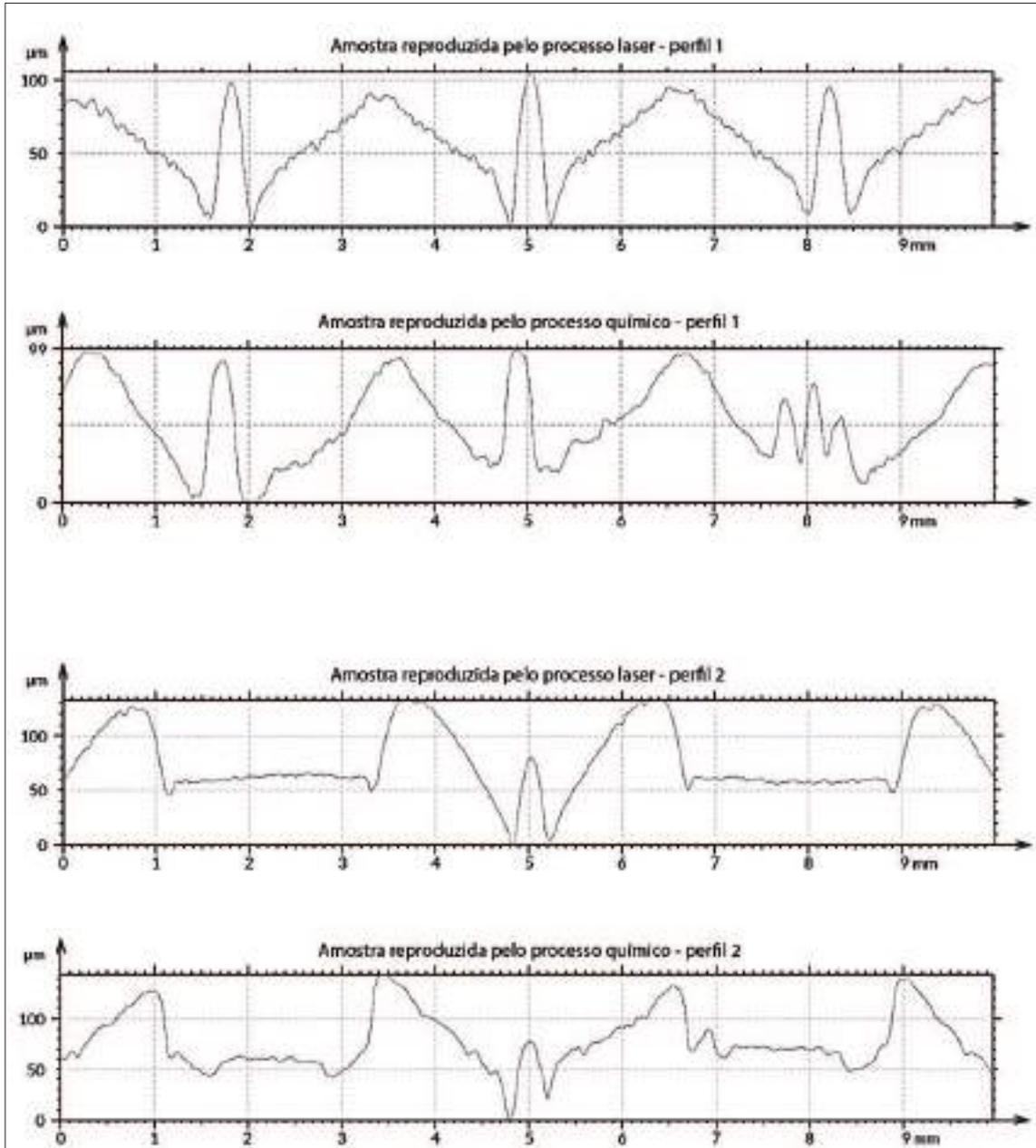
O parâmetro de amplitude P_z (um dos parâmetros apresentados nos relatórios de medição) foi utilizado na comparação das medições e corresponde ao parâmetro Z_t do perfil primário de cada textura medida.

Os resultados das medições foram comparados por pares de texturas (exemplo: textura A reproduzida pelo processo laser *versus* textura A reproduzida pelo processo químico). Posteriormente buscou-se analisar os resultados gerais obtidos em função das características das formas dos elementos das texturas (vértices, superfícies planares e superfícies com curvatura), pela comparação das diferentes características de formas observadas nas texturas (orgânicas aleatórias, orgânicas ordenadas e geométricas ordenadas).

As texturas de superfícies geométricas com distribuição ordenada e as texturas de superfícies orgânicas com distribuição ordenada, apresentam configurações em que as ilhas de cada textura são sempre adjacentes, sem espaços vazios entre uma ilha e outra. Durante a análise das amplitudes medidas, verificou-se que para essas configurações de texturas o parâmetro que

representa as amplitudes das amostras físicas com maior precisão é o S10z, por representar a altura média de dez pontos obtidos em toda a superfície da amostra (10mm x 10mm).

Figura 47 – Curvas de perfil em escalas absolutas - Textura A - laser e químico



Fonte: MountainsMap

As texturas orgânicas com distribuição aleatória apresentam uma configuração em que as distâncias entre uma ilha e outra variam, gerando espaços vazios de diferentes dimensões entre as ilhas, o que impossibilita a definição de um comprimento de onda padrão. Observou-se que, devido a essa característica de distribuição de ilhas, o cálculo médio da amplitude medida não corresponde à realidade das amostras físicas. Desta forma, para aumentar a precisão da medição da amplitude dessas texturas, decidiu-se criar um corte de perfil transversal e outro

corte de perfil longitudinal no centro do desenho da ilha, o que possibilitou a utilização do parâmetro Pz (ponto máximo de amplitude dos perfis da ilha). Ao adotar esse critério, a dispersão entre ilhas (característica que influencia na média das alturas calculadas) foi desprezada e o resultado dos valores de amplitude medidos puderam representar com maior exatidão a realidade física das amostras

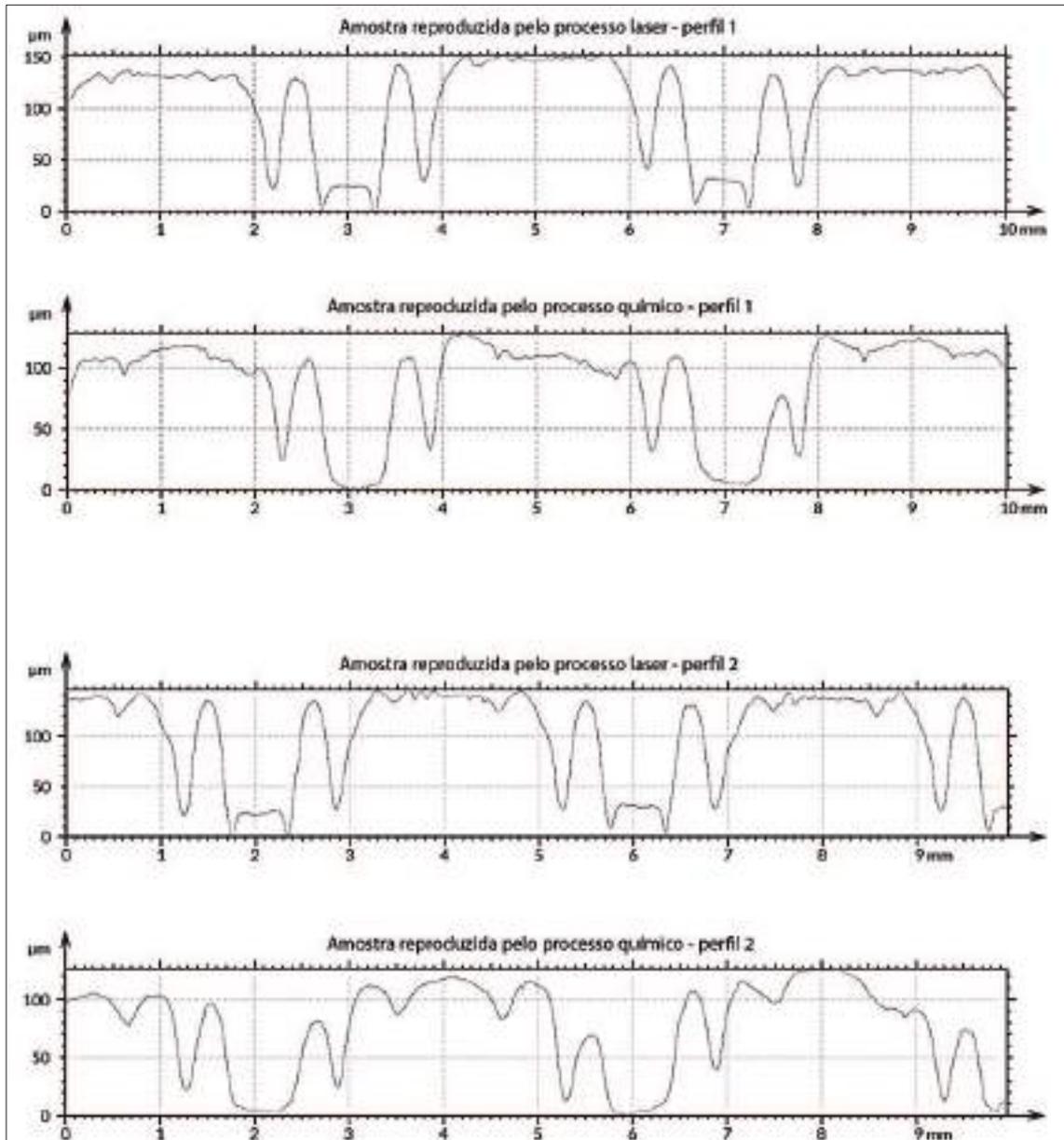
Na comparação entre as texturas A, notou-se que as profundidades estão compatíveis, com $S10z=149\mu\text{m}$ na amostra reproduzida por processo laser e $S10z=154\mu\text{m}$ na amostra reproduzida por processo químico. A versão reproduzida por processo laser apresentou contornos do desenho mais bem definidos e perfis (1 e 2) mais regulares, uniformes, contínuos e simétricos. A versão reproduzida por processo químico apresentou diferenças de alturas da ordem de $20\mu\text{m}$. A rugosidade média (R_a) das amostras se mostrou da mesma ordem de grandeza nos dois processos. A figura 47 apresenta os gráficos de curvas de perfil da textura A.

Em relação às texturas B, notou-se que as profundidades estão compatíveis, com $S10z=123\mu\text{m}$ na amostra reproduzida por processo laser e $S10z=117\mu\text{m}$ na amostra reproduzida por processo químico. As medições das texturas B mostraram que a versão reproduzida pelo processo químico apresentou assimetrias em profundidade no perfil 1 (lado esquerdo *versus* lado direito das ilhas) da ordem de $30\mu\text{m}$. O desenho da textura (contornos das ilhas) se mostrou mais bem definido na versão laser. A rugosidade média (R_a) se mostrou 25% maior na versão laser. A figura 48 apresenta os gráficos de curvas de perfil da textura B.

As medições das amostras da textura C revelaram profundidades muito díspares entre versões, com $S10z=155\mu\text{m}$ na amostra reproduzida por processo laser e $S10z=104\mu\text{m}$ na amostra reproduzida por processo químico. O desenho da textura (contornos das ilhas) se mostrou mais bem definido na versão laser. Foi possível notar moderada assimetria do desenho da versão reproduzida pelo processo químico, tanto na representação topográfica como na análise do perfil 2 (topo assimétrico).

Observou-se na versão química que o perfil 1 não reproduziu a curvatura esperada, apresentando as superfícies do topo das ilhas (pico) muito mais planas do que o esperado. No perfil 2 não foi possível a reprodução de um fundo planar (vale) como esperado e reproduzido na versão laser. Onde deveria ser um plano observou-se curvatura com flecha de aproximadamente $20\mu\text{m}$. A rugosidade média (R_a) se mostrou em torno de 45% maior na versão laser. A figura 49 apresenta os gráficos de curvas de perfil da textura C.

Figura 48 – Curvas de perfil em escalas absolutas - Textura B - laser e químico

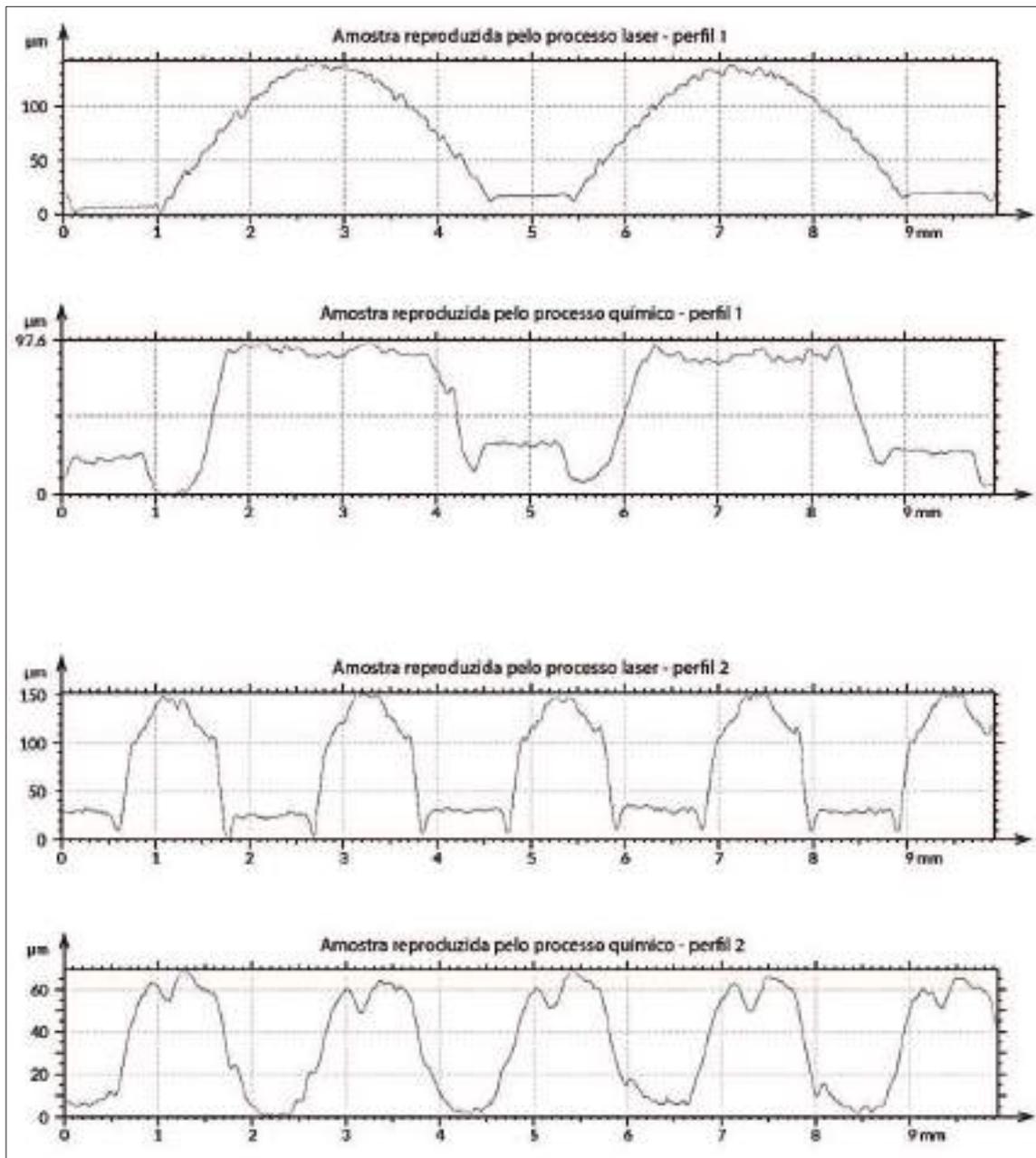


Fonte: MountainsMap

A textura D não foi medida por não ter sido possível a reprodução da versão química para comparação.

Em relação às texturas E, as principais diferenças encontradas foram relacionadas às profundidades e na configuração dos elementos centrais das ilhas.

Figura 49 – Curvas de perfil em escalas absolutas - Textura C - laser e químico

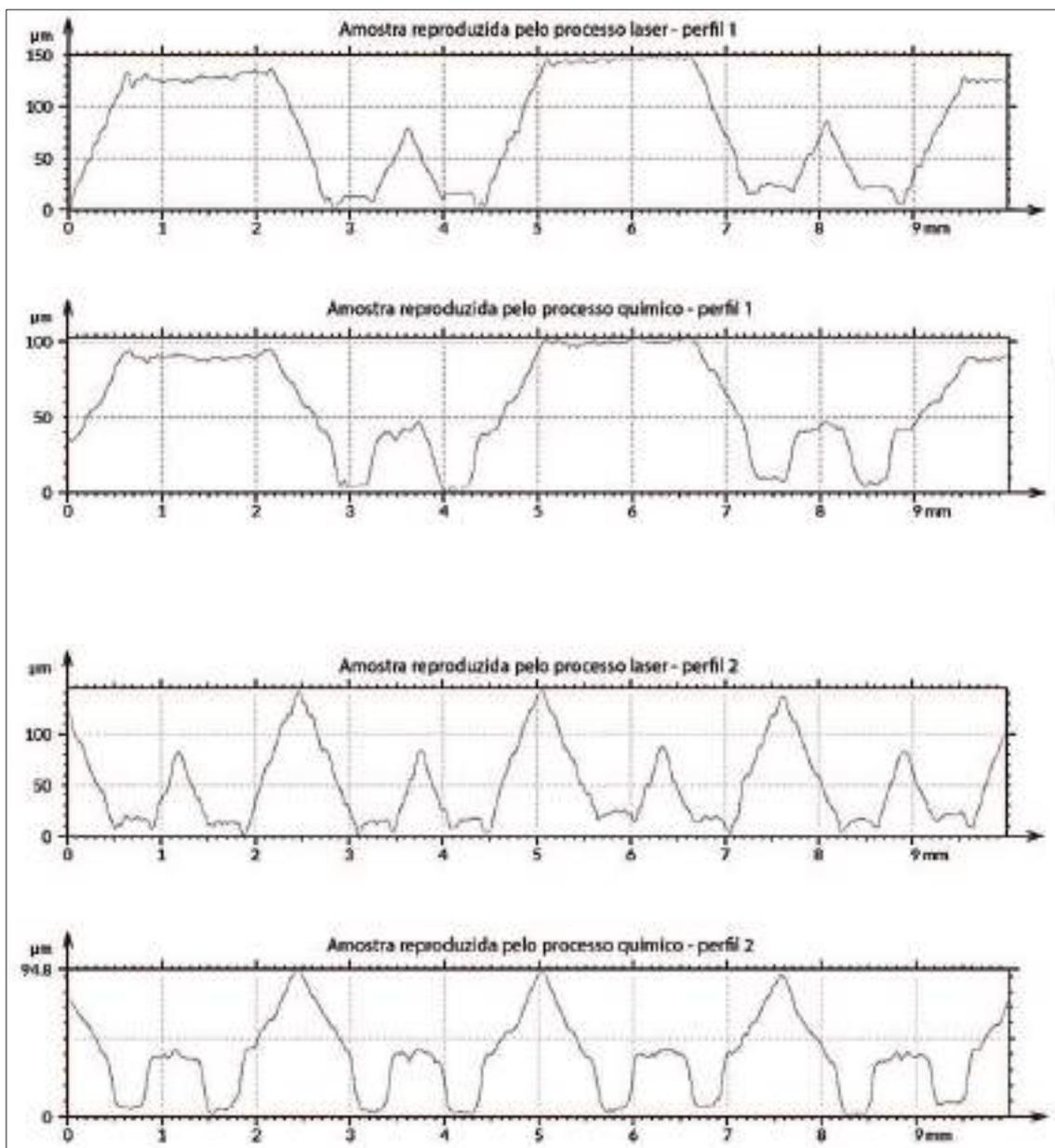


Fonte: MountainsMap

As profundidades medidas foram $S10z=78,4\mu\text{m}$ na amostra reproduzida por processo laser e $S10z=50,8\mu\text{m}$ na amostra reproduzida por processo químico. Ao se analisar os perfis 1 e 2, notou-se a ausência de definição do elemento central das ilhas na versão reproduzida pelo processo químico. A versão laser apresentou a reprodução de um vértice mais bem definido. No processo químico, em vez de reproduzir uma superfície pontiaguda no centro das colmeias conforme esperado, encontrou-se uma superfície planar de aproximadamente 0,6mm de extensão. As paredes laterais inclinadas (entre topos e vales) foram reproduzidas de forma

bastante semelhante em ambos os processos. A rugosidade média (R_a) se mostrou maior em torno de 45% no processo químico. A figura 50 apresenta os gráficos de curvas de perfil da textura E.

Figura 50 – Curvas de perfil em escalas absolutas - Textura E - laser e químico

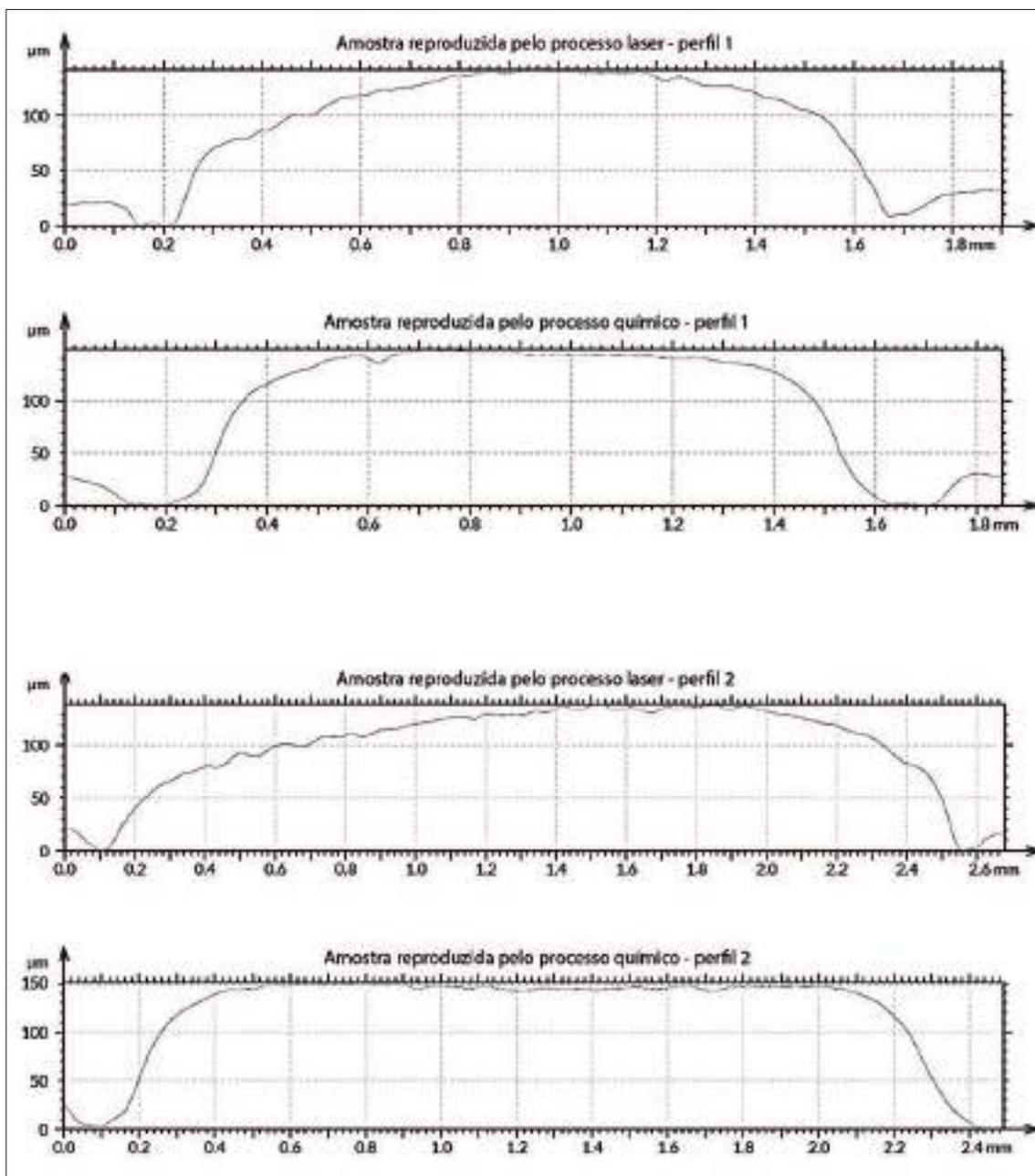


Fonte: MountainsMap

As medições da textura F_p apresentaram definições de desenho e de profundidade compatíveis. As profundidades medidas foram com $P_z=141\mu\text{m}$ na amostra reproduzida por processo laser e com $P_z=151\mu\text{m}$ na amostra reproduzida por processo químico. Pela análise dos perfis (1 e 2) notou-se que a textura química apresenta fundo mais planar, comparado à homogeneidade da curvatura esperada e presente na textura laser. A rugosidade média (R_a) se

mostrou entre 15% e 25% maior no processo químico. A figura 51 apresenta os gráficos de curvas de perfil da textura F_p .

Figura 51 – Curvas de perfil em escalas absolutas - Textura F_p - laser e químico

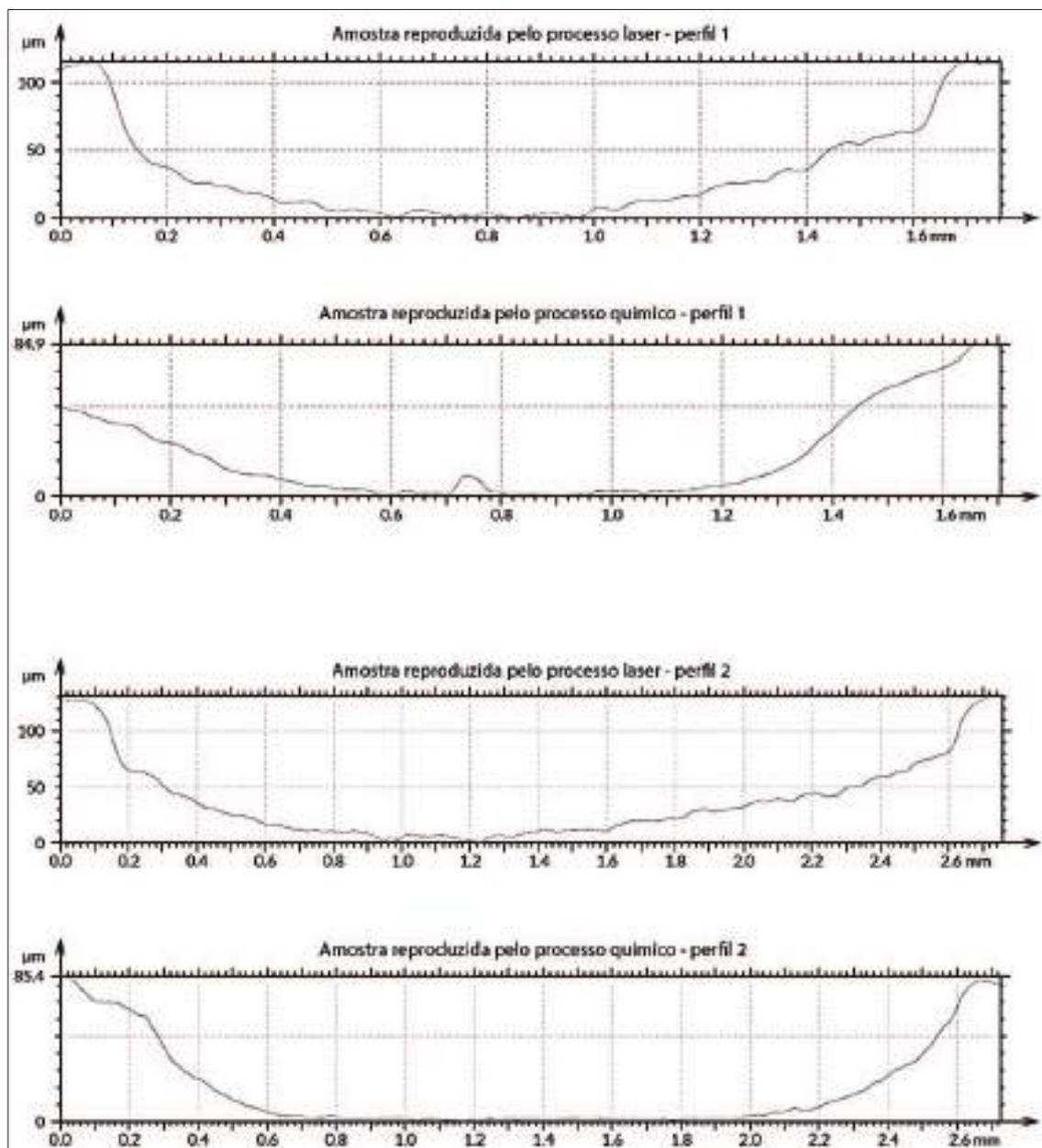


Fonte: MountainsMap

As medições das amostras F_n apresentaram profundidades com $P_z=131\mu\text{m}$ na amostra reproduzida por processo laser e com $P_z=85,4\mu\text{m}$ na amostra reproduzida por processo químico. Os contornos da textura laser estão mais bem definidos. Pela análise dos perfis (1 e 2) notou-se que a textura química apresenta fundo mais planar, comparado à curvatura esperada e

presente na textura laser. A rugosidade média (Ra) se mostrou maior em torno de 110% no processo laser. A figura 52 apresenta os gráficos de curvas de perfil da textura Fn.

Figura 52 – Curvas de perfil em escalas absolutas - Textura Fn - laser e químico



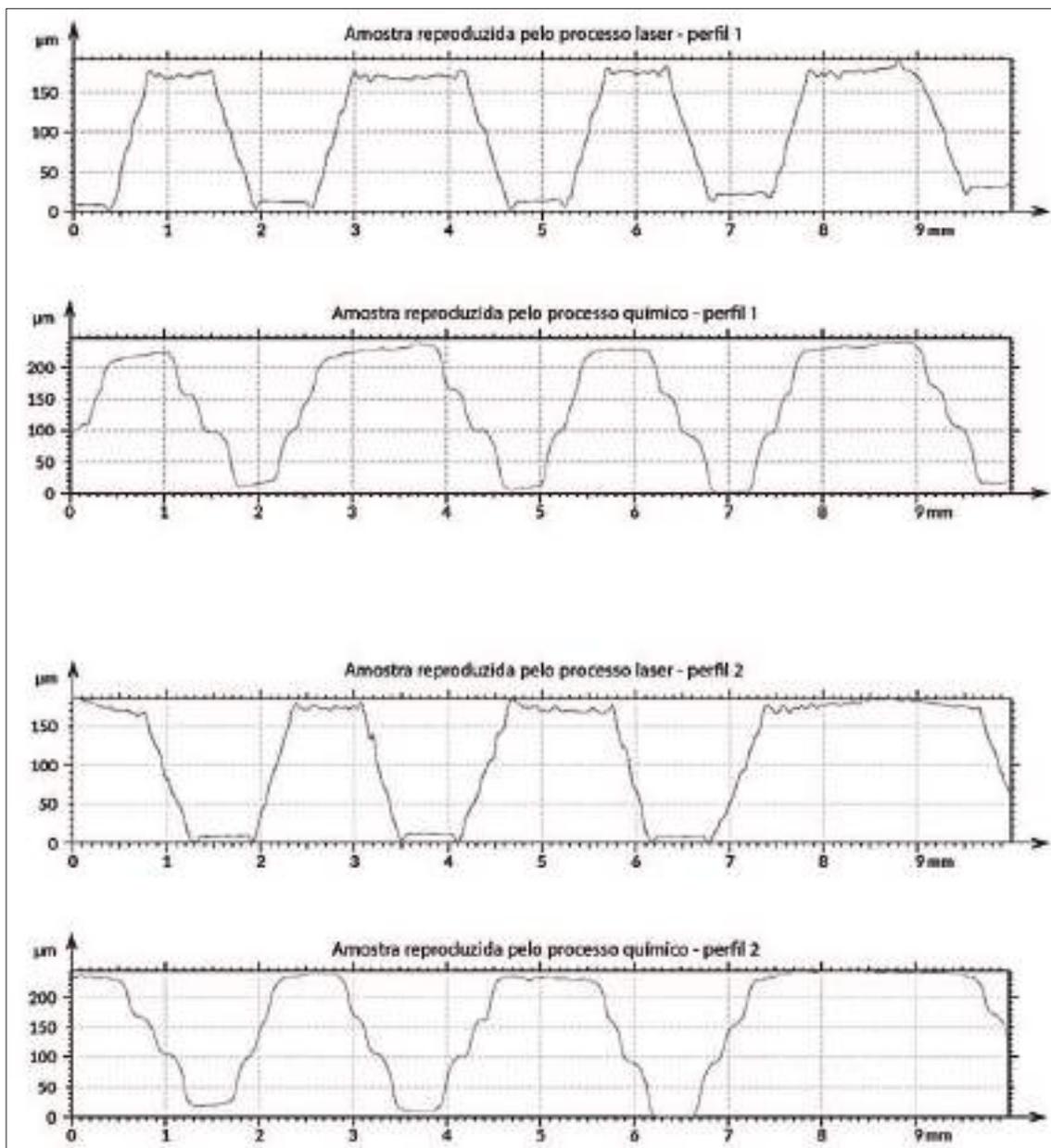
Fonte: MountainsMap

As medições das amostras da textura G revelaram profundidades da mesma ordem de grandeza entre versões, com $S10z=207\mu\text{m}$ na amostra reproduzida por processo laser e $S10z=239\mu\text{m}$ na amostra reproduzida por processo químico. O desenho da textura (contornos das ilhas) se mostrou mais bem definido na versão laser. Pela análise dos perfis (1 e 2) notou-se que a textura laser apresenta paredes laterais mais planares, conforme desejado, enquanto as

paredes laterais da textura por processo químico mostraram distorções e menor planicidade. A rugosidade se mostrou na mesma ordem de grandeza nos dois perfis e nos dois processos.

A figura 53 apresenta os gráficos de curvas de perfil da textura G.

Figura 53 – Curvas de perfil em escalas absolutas - Textura G - laser e químico

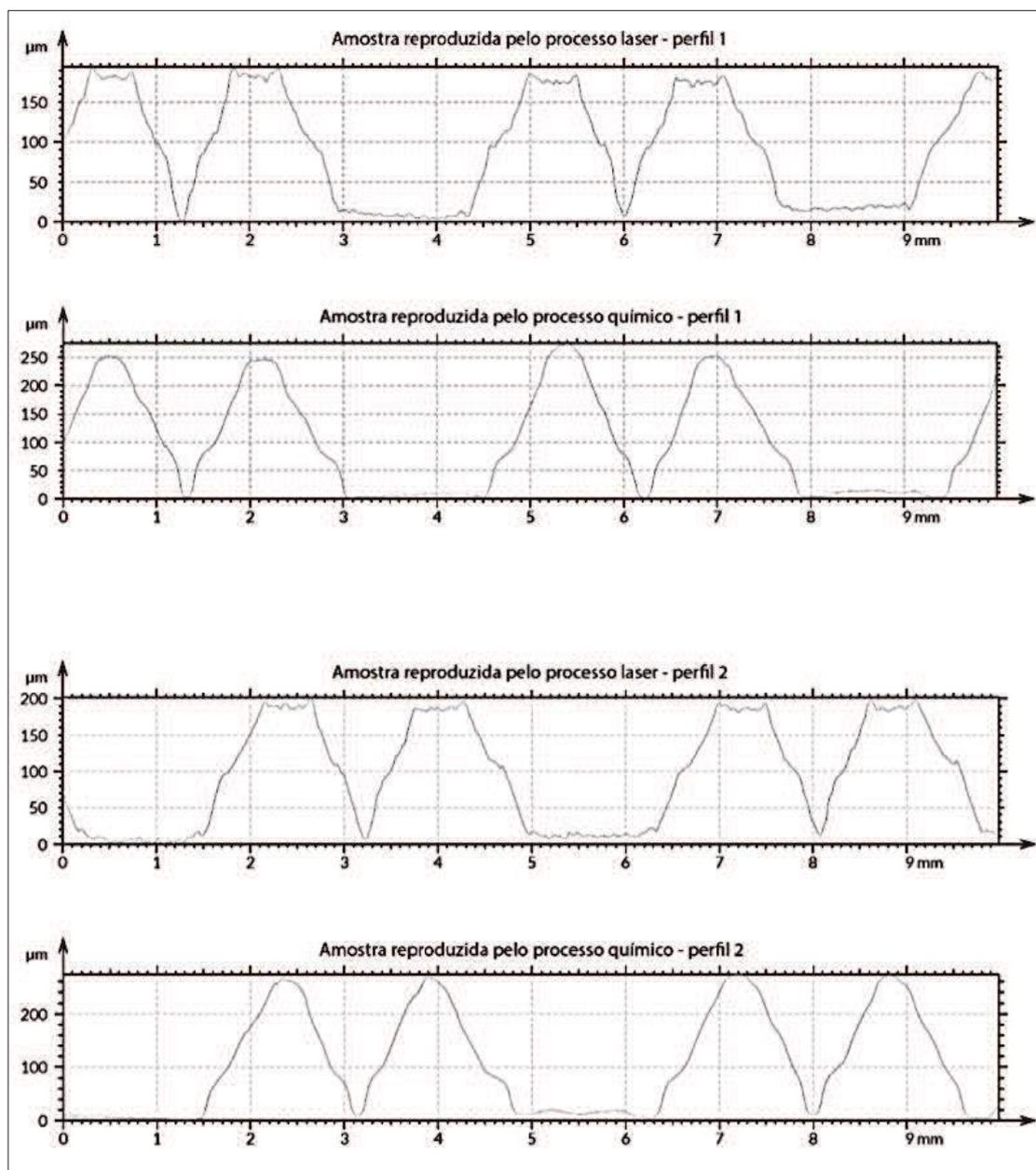


Fonte: MountainsMap

As medições da textura H apresentaram diferenças nas profundidades. O software não disponibilizou o parâmetro S10z na medição. Segundo o especialista em medições que opera o perfilômetro óptico de contato, este tipo de resultado ocorre em alguns casos, e se deve a características da forma e de distribuição da textura. Nestes casos deve-se analisar a amostra a partir de outros parâmetros fornecidos pelo equipamento, como por exemplo: análise pelo

método de perfil ou por outros parâmetros de superfície. Desta forma decidiu-se analisar as amplitudes pela comparação dos parâmetros Sz, cujas medidas foram $Sz=211\mu\text{m}$ na amostra reproduzida por processo laser e $Sz=300\mu\text{m}$ na amostra reproduzida por processo químico.

Figura 54 – Curvas de perfil em escalas absolutas - Textura H - laser e químico

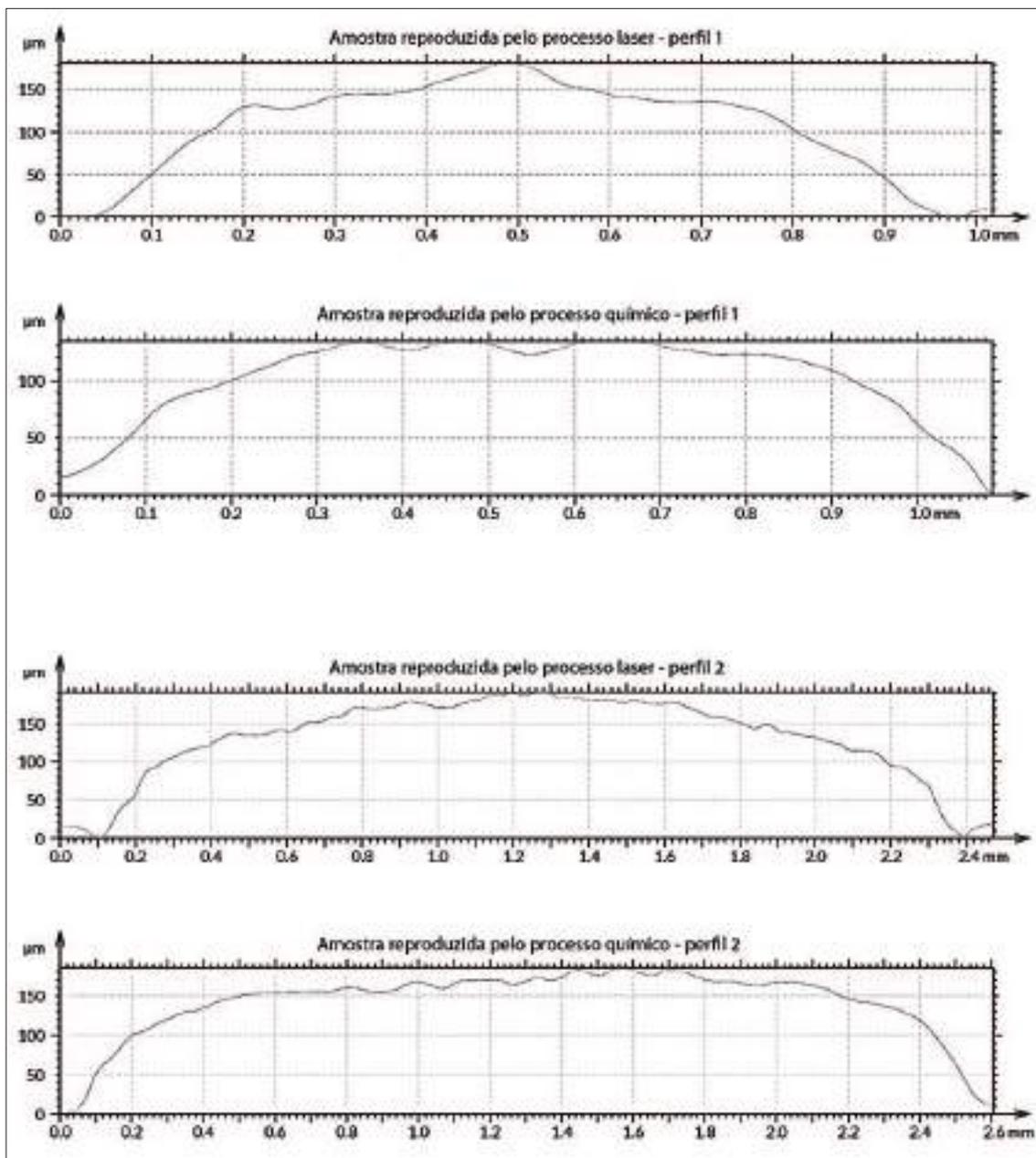


Fonte: MountainsMap

A representação topográfica mostrou que a versão reproduzida pelo processo químico não apresentou boa definição de arestas laterais. Pela análise dos perfis (1 e 2) nota-se que a versão laser apresentou vértices do desenho mais bem definidos, com planos superiores centrais das ilhas de aprox. 0,6mm de extensão nos dois perfis. A versão reproduzida pelo processo químico não conseguiu reproduzir os planos centrais das ilhas, demonstrou curvatura acentuada sem definição dos contornos da geometria esperada. As paredes laterais e o fundo dos vales

apresentaram-se compatíveis em ambos os processos. A rugosidade média (R_a) se mostrou em torno de 40% maior no processo químico. A figura 54 apresenta os gráficos de curvas de perfil da textura H.

Figura 55 – Curvas de perfil em escalas absolutas - Textura I - laser e químico

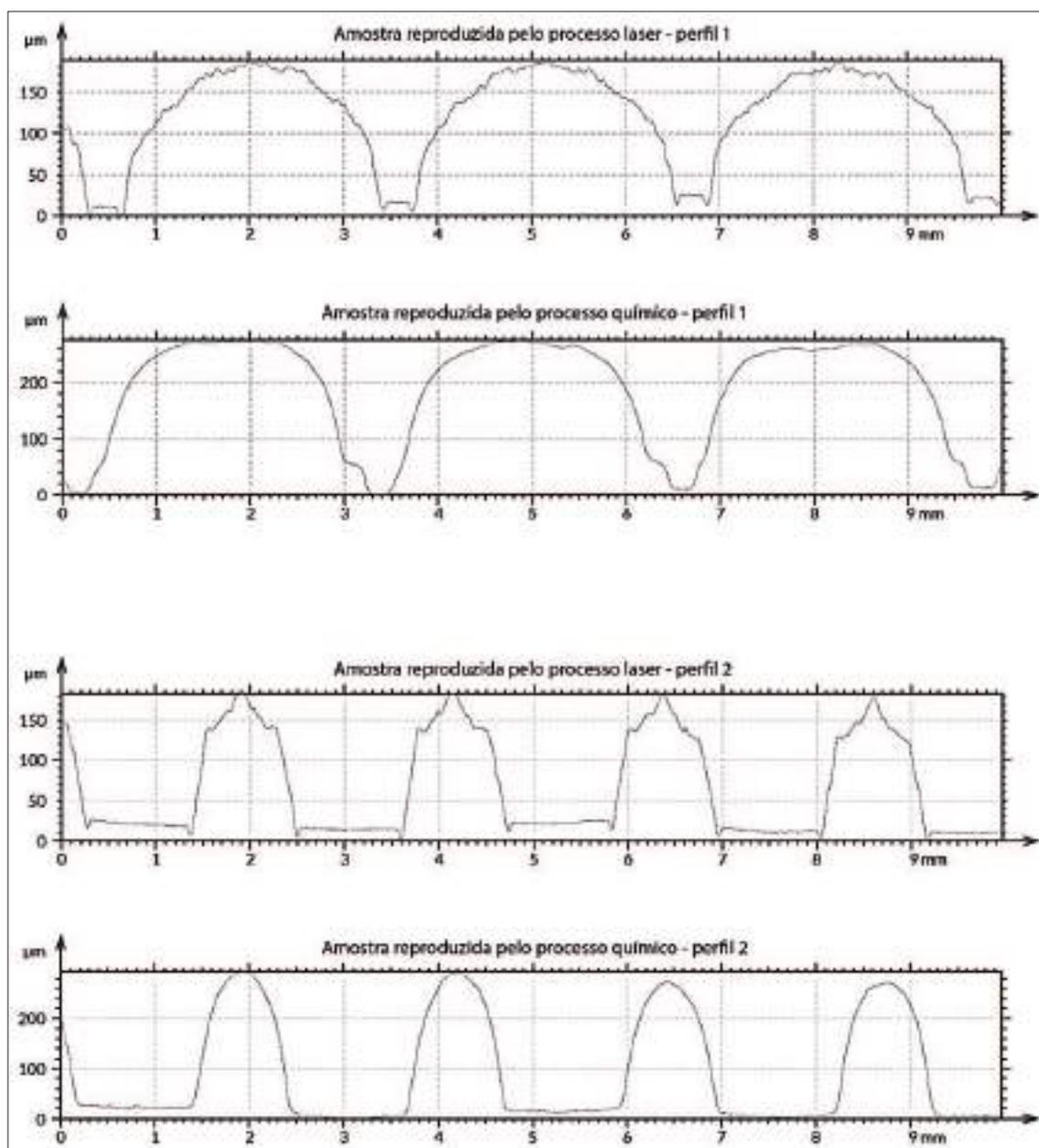


Fonte: MountainsMap

As medições da textura I apresentaram profundidades com $P_z=191\mu\text{m}$ na amostra reproduzida por processo laser e com $P_z=185\mu\text{m}$ na amostra reproduzida por processo químico. As definições de desenho foram compatíveis, embora o desenho dos elementos em baixo relevo que recobrem a textura não tenham sido reproduzidos pelo processo químico. Pela análise dos perfis nota-se que o perfil 1 apresenta diferença moderada entre as amostras, com curvatura

mais acelerada nas extremidades da amostra reproduzida por laser. O perfil 2 está compatível nas amostras de ambos os processos. A rugosidade média (R_a) variou entre os processos nos perfis 1 e 2. A versão laser apresentou rugosidade maior (90% no perfil 1 e 35% no perfil 2) comparando com as amostras do processo químico. A figura 55 apresenta os gráficos de curvas de perfil da textura I.

Figura 56 – Curvas de perfil em escalas absolutas - Textura J - laser e químico

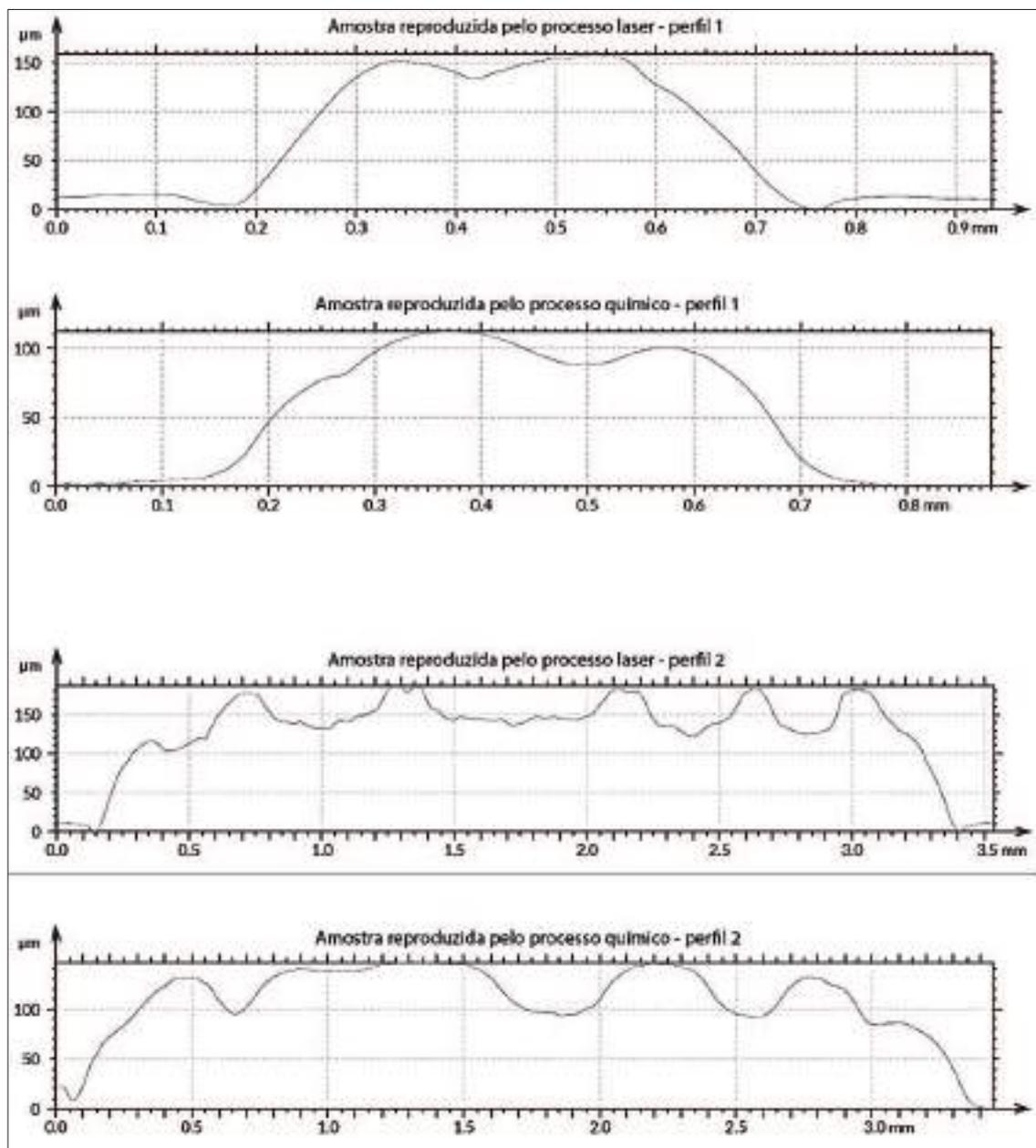


Fonte: MountainsMap

As medições da textura J apresentaram diferenças nas profundidades. O software não disponibilizou o parâmetro S_{10z} na medição. Analisou-se a profundidade pela comparação dos parâmetros S_z , com medidas $S_z=197\mu\text{m}$ na amostra reproduzida por processo laser e $S_z=311\mu\text{m}$ na amostra reproduzida por processo químico. As definições de contorno

mostraram-se moderadamente compatíveis, com certa perda de definição no processo reproduzido por ataque químico.

Figura 57 – Curvas de perfil em escalas absolutas - Textura K - laser e químico



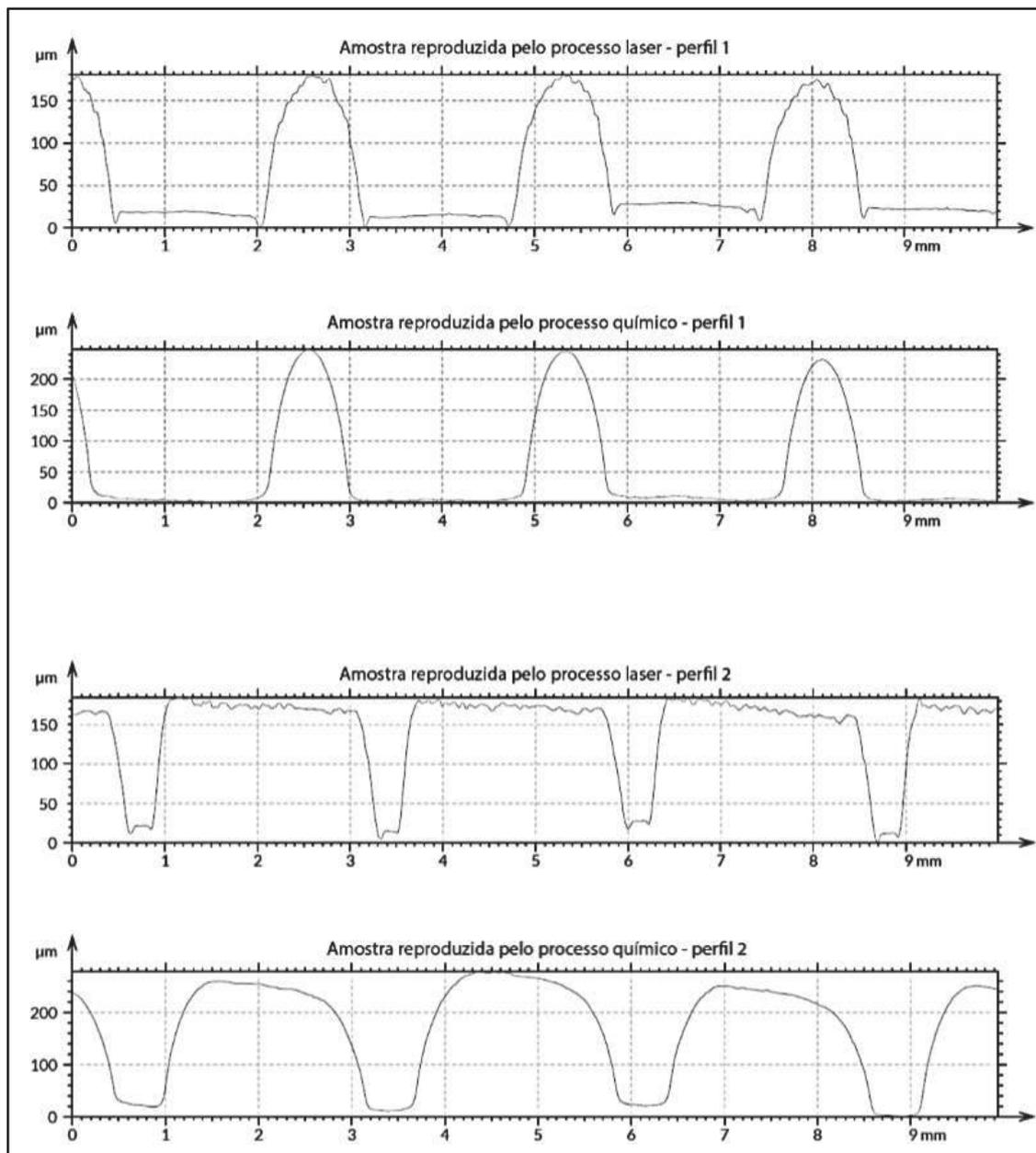
Fonte: MountainsMap

Pela análise dos perfis notou-se que, embora em ambos os processos haja simetria do perfil das ilhas, na versão reproduzida pelo processo químico o perfil 1 apresentou um certo achatamento central da curvatura, enquanto que no perfil 2 é possível notar compatibilidade entre os dois processos na reprodução planar dos vales. Pela análise da visualização foto-realista nota-se que os o desenho dos elementos em baixo relevo que recobrem a textura foram reproduzidos pelo processo químico com menor precisão de forma e contorno do que a versão laser. A rugosidade média (Ra) se mostrou em torno de 70% maior no processo químico. A

figura 56 apresenta os gráficos de curvas de perfil da textura J.

As medições da textura K apresentaram diferenças nas profundidades. Analisou-se a profundidade pela comparação dos parâmetros Pz, com medidas Pz=187 μ m na amostra reproduzida por processo laser e Pz=147 μ m na amostra reproduzida por processo químico.

Figura 58 – Curvas de perfil em escalas absolutas - Textura L - laser e químico



Fonte: MountainsMap

As definições de contorno se mostraram compatíveis. Pela análise dos perfis nota-se compatibilidade de desenho e moderada simetria do perfil das ilhas das amostras reproduzidas pelos dois processos. Pela análise da visualização foto-realística nota-se semelhança entre as duas amostras, com pequena diferença no desenho dos elementos em baixo relevo que recobrem a textura, mais alongados na versão laser. A versão laser apresentou rugosidade média (Ra)

maior em torno de 55% no perfil 1 e maior em torno de 110% no perfil 2 quando comparada com a amostra do processo químico. A figura 57 apresenta os gráficos de curvas de perfil da textura K.

As medições da textura L apresentaram diferenças nas profundidades totais da ordem de 55% (laser aprox. 180 μ m e químico aprox. 280 μ m). As definições de contorno mostraram-se moderadamente compatíveis, com certa perda de definição no processo reproduzido por ataque químico. Notou-se uma diferença de dimensões e dispersão entre ilhas: a amostra reproduzida pelo processo químico apresentou ilhas menores e mais distantes entre si quando comparada à amostra laser. Pela análise do perfil 1 notou-se compatibilidade no desenho da curvatura das ilhas e dos planos que compõem os vales da textura. Pela análise do perfil 2 notou-se que a amostra reproduzida pelo processo químico apresenta maior arredondamento nas regiões laterais da curvatura do perfil. A rugosidade média (Ra) se mostrou em torno de 40% maior no processo químico. A figura 58 apresenta os gráficos de curvas de perfil da textura L.

Os resultados gerais das medições e sua análise levam ao entendimento de que o processo de texturização a laser é capaz de reproduzir com maior precisão e definição os desenhos de contornos e vértices, além de reproduzir superfícies planares com melhor qualidade (planicidade). Este processo se mostrou mais adequado para a reprodução das texturas de superfícies geométricas com distribuição ordenada e das texturas de superfícies orgânicas com distribuição ordenada.

O processo de texturização por ataque químico apresentou limitações para reproduzir com qualidade e precisão os vértices e as superfícies planares. Este processo também apresentou diferenças de simetria e de profundidade de elementos em alguns casos. O processo de texturização por ataque químico reproduziu com maior fidelidade as texturas de superfícies orgânicas com distribuição aleatória.

A limitação do tempo desta pesquisa para o desenvolvimento das texturas químicas acarretou em algumas diferenças de dimensões dos desenhos (comparado às texturas laser) que poderiam ser aprimorados com ajustes na dimensão dos filmes de gravação.

3.5.3 Testes de riscabilidade

O quadro 10 indica as amostras aprovadas no teste de riscabilidade com base nos critérios utilizados pela Volkswagen a partir da aplicação da norma interna PV 3952.

Quadro 10 – Texturas aprovadas no teste de riscabilidade

TEXTURAS APROVADAS NO TESTE DE RISCABILIDADE													
Grupos de texturas	Texturas individuais	LASER		QUÍMICO		Total aprovadas	Laser	Químico	Somente Cinza	Somente Preto	Total aprovadas (por grupo de texturas)	Aprovadas Laser (por grupo de texturas)	Aprovadas Químico (por grupo de textura)
		Cinza	Preto	Cinza	Preto								
Texturas orgânicas com distribuição aleatória	Fp	x	x		x	75%	100%	50%	50%	100%	43,75%	50%	37,50%
	Fn	x	x	x	x	100%	100%	100%	100%	100%			
	I					0%	0%	0%	0%	0%			
	K					0%	0%	0%	0%	0%			
Texturas orgânicas com distribuição ordenada	A	x	x	x	x	100%	100%	100%	100%	100%	43,75%	25%	62,50%
	B			x	x	50%	0%	100%	50%	50%			
	J					0%	0%	0%	0%	0%			
	L				x	25%	0%	50%	0%	50%			
Texturas geométricas com distribuição ordenada	C	x	x	x	x	100%	100%	100%	100%	100%	87,50%	87,50%	87,50%
	E	x	x	x	x	100%	100%	100%	100%	100%			
	G		x		x	50%	50%	50%	0%	100%			
	H	x	x	x	x	100%	100%	100%	100%	100%			
SOMA TOTAL		50%	58,33%	58,33%	75%	58,33%	54,16%	62,50%	50%	66,66%	-	-	-
		54,16%		62,50%									

Fonte: o autor (a partir dos testes empíricos desenvolvidos)

As doze texturas desenvolvidas foram analisadas a partir de amostras confeccionadas em: tecnologia laser e matéria-prima PP cinza; tecnologia laser e matéria-prima PP preto; tecnologia química e matéria-prima PP cinza; e tecnologia laser e matéria-prima PP preto. Desta forma, foram analisadas 48 diferentes amostras.

O objetivo destas medições foi comparar e verificar se há diferenças de comportamento nos testes de riscabilidade entre as duas tecnologias de texturização (laser e química). Adicionalmente, fez-se a comparação do comportamento dos testes nas duas cores de polímero

PP (polipropileno).

As cores das matérias-primas foram medidas com um espectrofotômetro, cujos parâmetros de cor (padrão Lab) resultaram em: PP cinza L=40; a=0,65; b=0,50 e PP preto L=29,5; a=0,49; b=-0,34.

A primeira análise foi comparar a quantidade total de texturas laser aprovadas (54,16% do total das texturas laser medidas) com as texturas químicas (62,50%), o que mostrou que as duas tecnologias apresentam proporções similares de aprovação para as texturas criadas.

Ao se comparar as texturas individualmente, nota-se que cinco texturas (F,A,C,E,H) foram aprovadas nas duas tecnologias e nas duas cores de material. Outras três texturas (I,K,J) obtiveram comportamento semelhante entre si, sendo reprovadas nas duas tecnologias e nas duas cores de material. Estes dados permitem inferir que, para as texturas criadas, as tecnologias laser e química apresentam resultados semelhantes em relação à riscabilidade, ou seja, as tecnologias se mostraram variáveis irrelevantes para melhorar os resultados dos testes. Por outro lado, notou-se que o desenho das texturas é a variável que levou à aprovação ou reprovação no teste de riscabilidade.

A textura B foi aprovada somente no processo químico nas duas cores, ao passo que a textura L foi aprovada apenas em uma cor e em um processo (químico). Já a textura G obteve aprovação apenas na cor preta, nos dois processos. Estes resultados sugerem que a cor preta apresenta leve vantagem nas aprovações (66,66%) em relação à cor cinza (50%).

Ao analisar as texturas por grupos (orgânicas aleatórias, orgânicas ordenadas e geométricas ordenadas) percebe-se que as texturas classificadas como geométricas ordenadas obtiveram melhor resultado geral nos testes (87,5% delas foram aprovadas) com mesma proporção de aprovação nas duas tecnologias, enquanto os grupos de texturas orgânicas aleatórias e de texturas orgânicas ordenadas obtiveram a mesma proporção de aprovação (43,75% em cada grupo), sendo que as texturas orgânicas aleatórias apresentaram resultados levemente melhores no processo laser (50% laser contra 37,50% no químico), enquanto que as texturas orgânicas ordenadas apresentaram melhores resultados no processo químico (62,50% no químico contra 25% no laser). Estes dados sugerem que as texturas geométricas ordenadas respondem melhor ao teste de risco do que texturas orgânicas.

3.6 Pesquisa de opinião

Após a aplicação do questionário às amostras dos dois grupos selecionados por conveniência do autor foi possível realizar a análise da caracterização das amostras.

O Grupo 1 (22,23% dos profissionais atuantes na área de desenvolvimento do produto da Volkswagen do Brasil) foi constituído predominantemente por pessoas das gerações X (44,33%) e Y (39,41%), do sexo masculino (83,25%) com escolaridade de nível superior completo (57,64%) ou pós-graduados (27,09%) e da área de exatas (59,61%).

O Grupo 2 (24,67% de alunos e professores de *design* de uma instituição de ensino superior) foi constituído predominantemente por pessoas da geração Z (61,46%), nível de escolaridade superior incompleto (85,42%) e da área de humanas (96,88%). Esta amostra apresentou maior balanceamento do número de homens (53,13%) e mulheres (46,88%).

As três texturas escolhidas pelos dois grupos como as que mais agradam foram as mesmas (B,C,E), entretanto, no grupo 1 a que obteve maior pontuação foi a textura C (19,21%) e no grupo 2 a textura B (13,19%).

Ambas as amostras preferem predominantemente os grupos de texturas com distribuição ordenada (orgânicas ou geométricas).

Sobre o quanto as texturas apresentadas agregariam valor ao automóvel, ambas as amostras apresentaram resultados semelhantes, sendo médio valor para aproximadamente 36% e muito valor para aproximadamente 54%.

As três texturas que mais desagradam também foram semelhantes nos dois grupos. As texturas I e K foram as texturas com maior percentual. No Grupo 1 as texturas Fp e Fn obtiveram praticamente a mesma porcentagem como a terceira textura que mais desagrada (10,84% e 11% respectivamente), enquanto no Grupo 2 a textura Fp obteve 10,07% (seguida pela textura Fn com 8,33%).

Em ambas as amostras, o grupo de texturas orgânicas com distribuição aleatória obteve maior percentual de rejeição.

Sobre o nível de importância atribuído à aparência e ao toque das texturas, ambas as amostras apresentaram resultados similares.

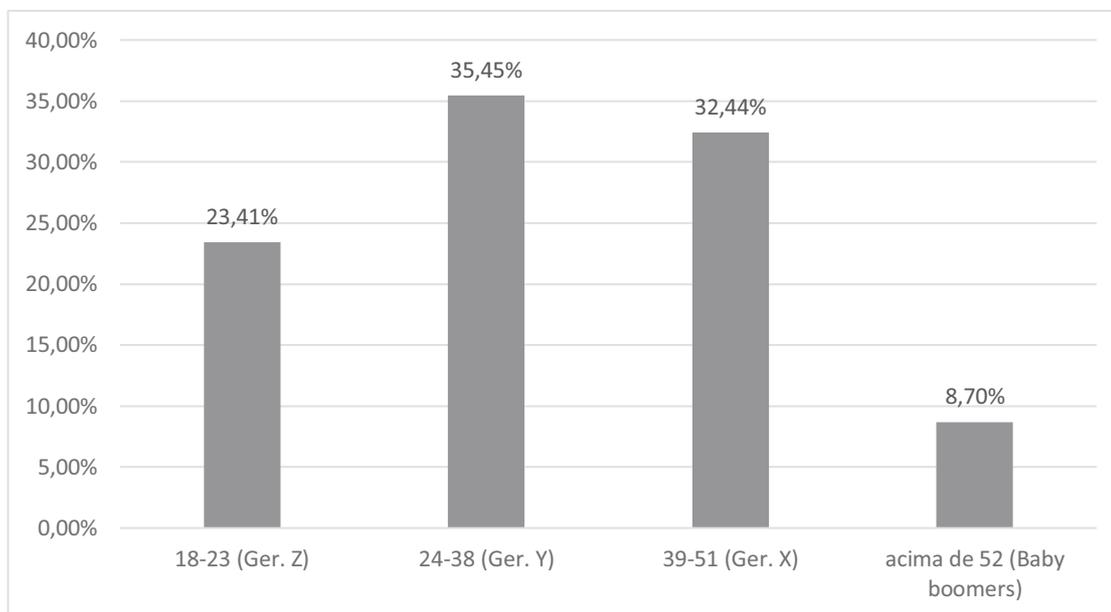
As percepções relacionadas à predileção pelo processo laser ou químico, tanto na variável aparência quanto na variável sensação tátil, apresentaram resultados similares entre as amostras.

Os resultados relacionados a quais categorias de veículos (populares, intermediários ou de luxo) as texturas selecionadas poderiam agregar valor, também apresentaram semelhanças.

A similaridade dos resultados obtidos das duas amostras de população possibilitou agrupar os dados das duas amostras a fim de se realizar uma única análise da pesquisa de opinião.

A partir da união das duas amostras, obteve-se uma nova caracterização dos respondentes de uma população de 1302 pessoas e amostra de 299 (22,96%). A figura 59 apresenta a faixa etária.

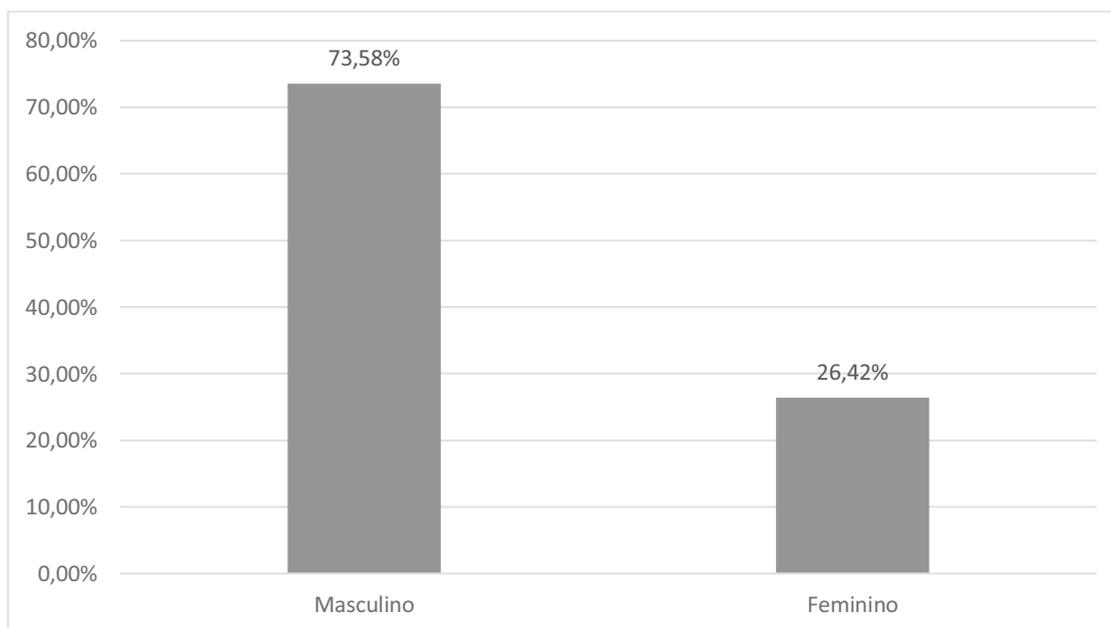
Figura 59 – Faixa etária



Fonte: o autor

A figura 60 apresenta a divisão da amostra por gêneros.

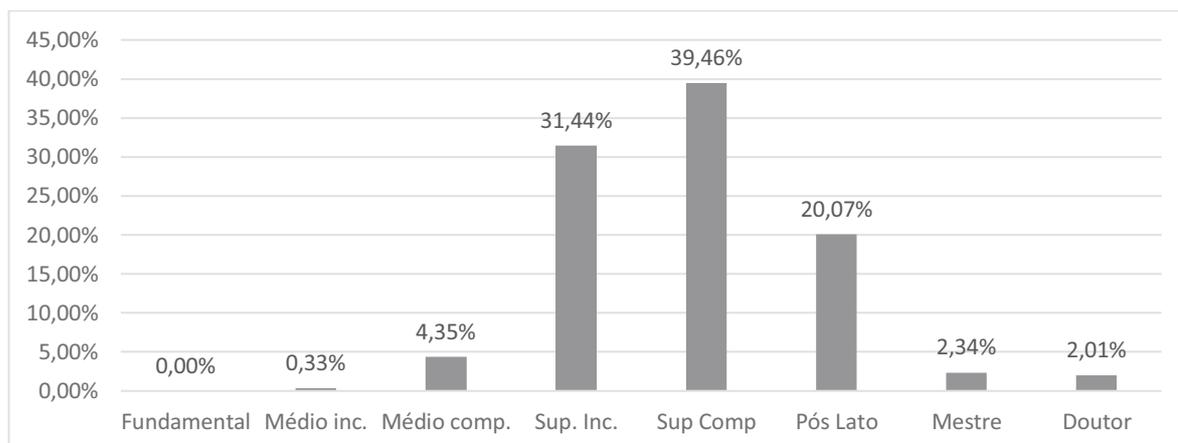
Figura 60 – Gêneros



Fonte: o autor

A figura 61 apresenta o nível de escolaridade.

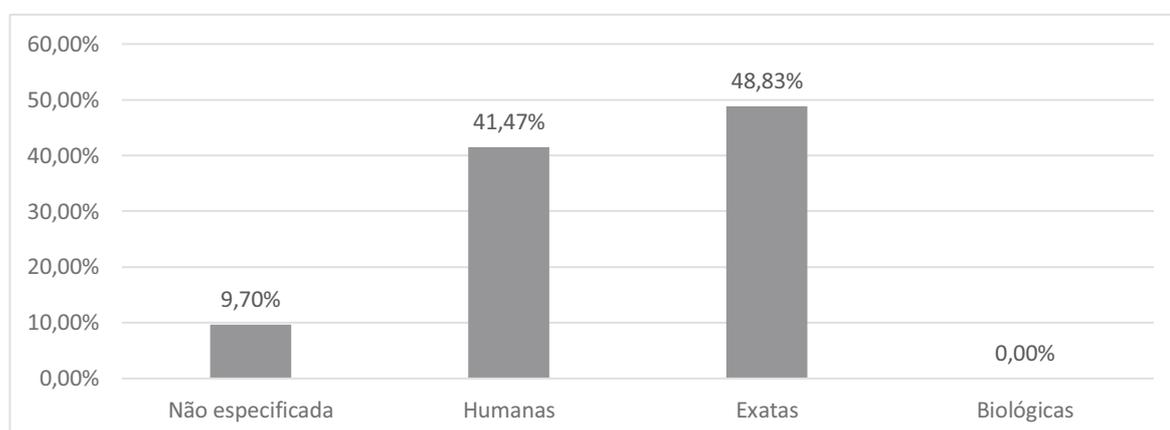
Figura 61 – Nível de escolaridade



Fonte: o autor

A figura 62 apresenta a divisão por áreas de atuação.

Figura 62 – Áreas de atuação

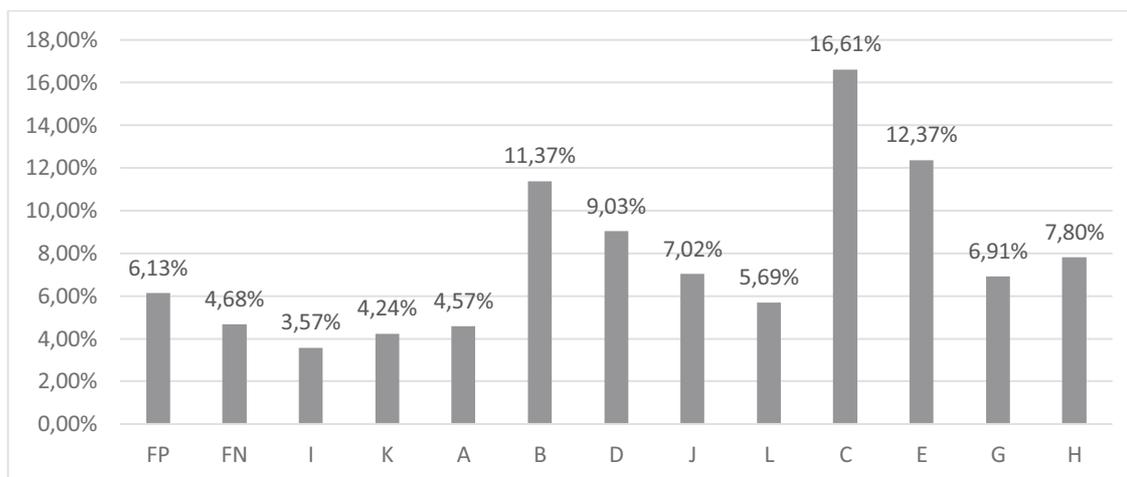


Fonte: o autor

A primeira questão da pesquisa de opinião relacionada às texturas desenvolvidas refere-se a quais texturas mais agradam o respondente. Foi solicitado que o respondente indicasse, em ordem, a primeira, a segunda e a terceira texturas que mais o agradavam, entretanto, ao analisar os resultados por esta divisão, verificou-se que parte dos respondentes escolhia uma determinada textura entre as três melhores como sendo a primeira, outra parte escolhia a mesma textura como uma das melhores como sendo a terceira, impossibilitando uma análise geral da quantidade das três melhores texturas escolhidas pela amostra. Este problema foi solucionado juntando-se as respostas de cada respondente das três texturas que mais o agradavam, independentemente de serem em primeiro, segundo ou terceiro lugares. Desta forma foi possível obter um gráfico com a somatória geral de todas as texturas escolhidas que mais agradam a amostra.

A figura 63 apresenta a o resultado das texturas que mais agradam os respondentes.

Figura 63 – Texturas que mais agradam

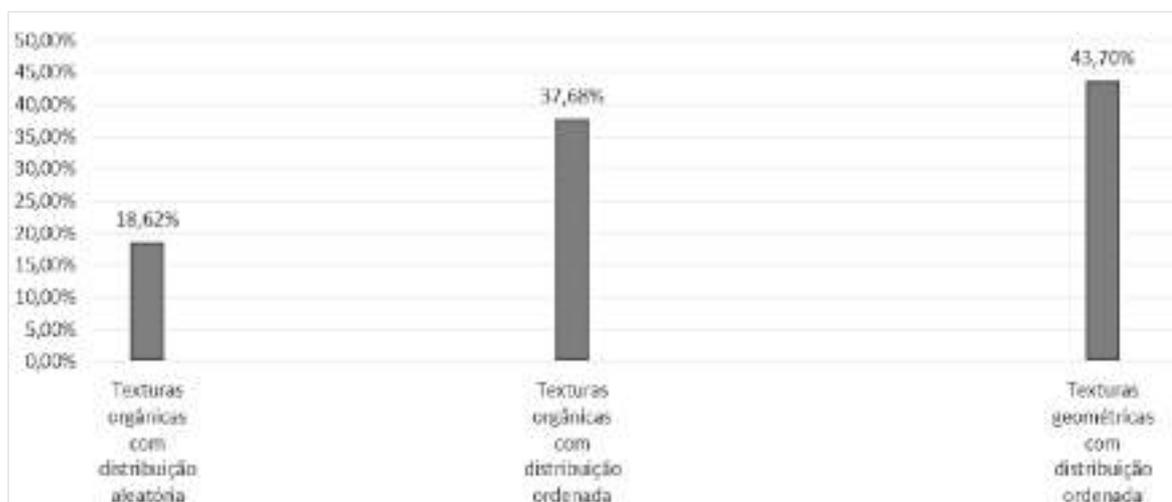


Fonte: o autor

Conclui-se que as texturas que mais agradam à amostra foram a textura C (com 16,61% das escolhas), a textura E (com 12,37% das escolhas) e a textura B (com 11,37% das escolhas).

A figura 64 apresenta o resultado das texturas que mais agradam por agrupamento das texturas por suas características de desenho e distribuição de elementos. Nota-se que as texturas geométricas e com distribuição ordenada apresentam maior índice de predileção (43,70%), seguidas pelo grupo de texturas orgânicas com distribuição ordenada (37,68%). As texturas orgânicas e com distribuição aleatória formam o grupo que menos agrada (18,62%).

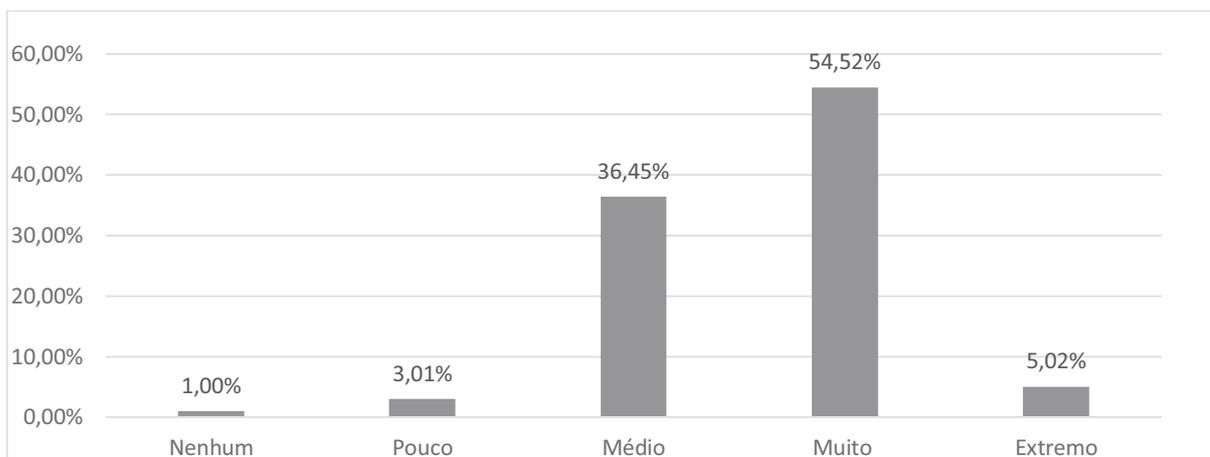
Figura 64 – Grupos de texturas que mais agradam



Fonte: o autor

Utilizando-se de uma escala Likert, questionou-se o quanto as texturas escolhidas agregariam valor ao automóvel se aplicadas às peças plásticas do interior. A figura 65 apresenta este resultado.

Figura 65 – Valor agregado das texturas escolhidas

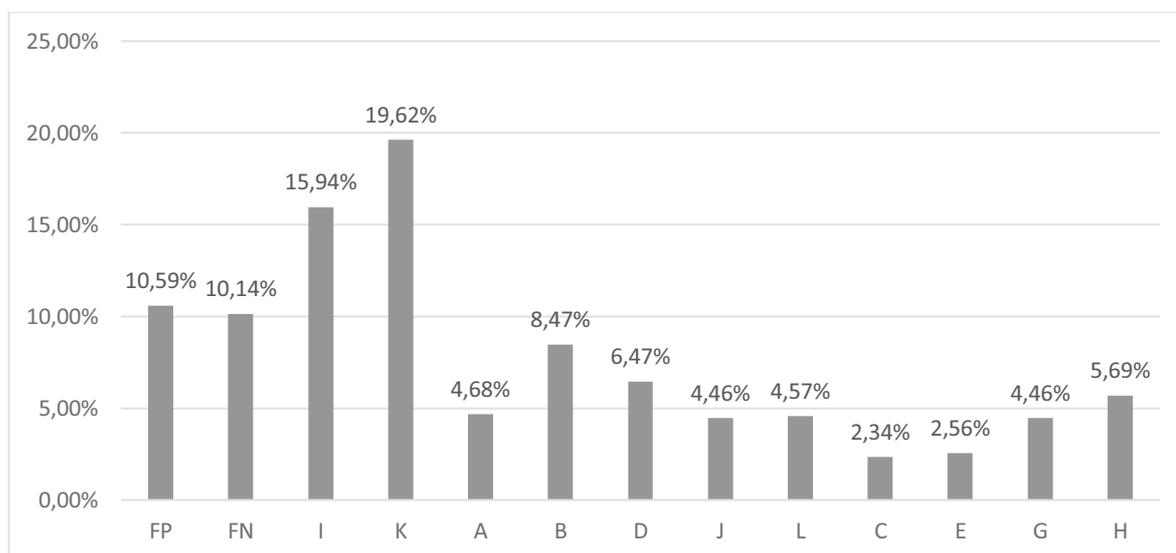


Fonte: o autor

Nota-se que mais da metade dos respondentes considera que as texturas desenvolvidas com base na biomimética agregariam **MUITO** valor ao automóvel (54,52%), seguido pela opinião de que agregariam **MÉDIO** valor (36,45%).

De forma a se identificar as texturas que mais desagradam, foi solicitado aos respondentes que indicassem as três texturas que mais desagradavam. A figura 66 apresenta este resultado.

Figura 66 – Texturas que mais desagradam

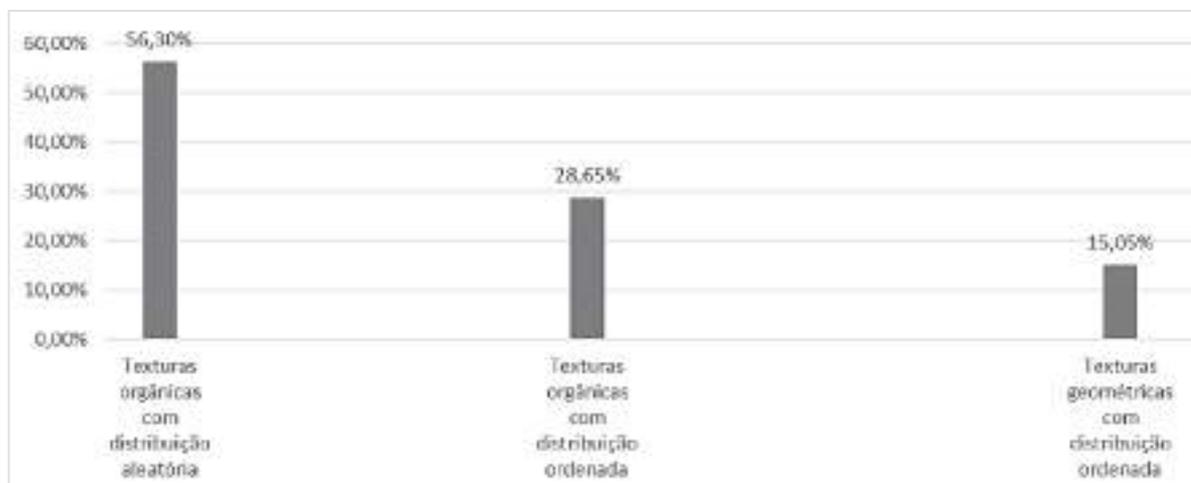


Fonte: o autor

Conclui-se que as texturas que mais desagradam à amostra foram a textura **K** (com 19,62% das escolhas), a textura **I** (com 15,98% das escolhas) e a textura **FP** (com 10,59% das escolhas).

A figura 67 apresenta o resultado das texturas que mais desagradam por agrupamento das texturas por suas características de desenho e distribuição de elementos. Nota-se que as texturas com distribuição aleatória formam o grupo que mais desagrada (56,30%).

Figura 67 – Grupos de texturas que mais desagradam

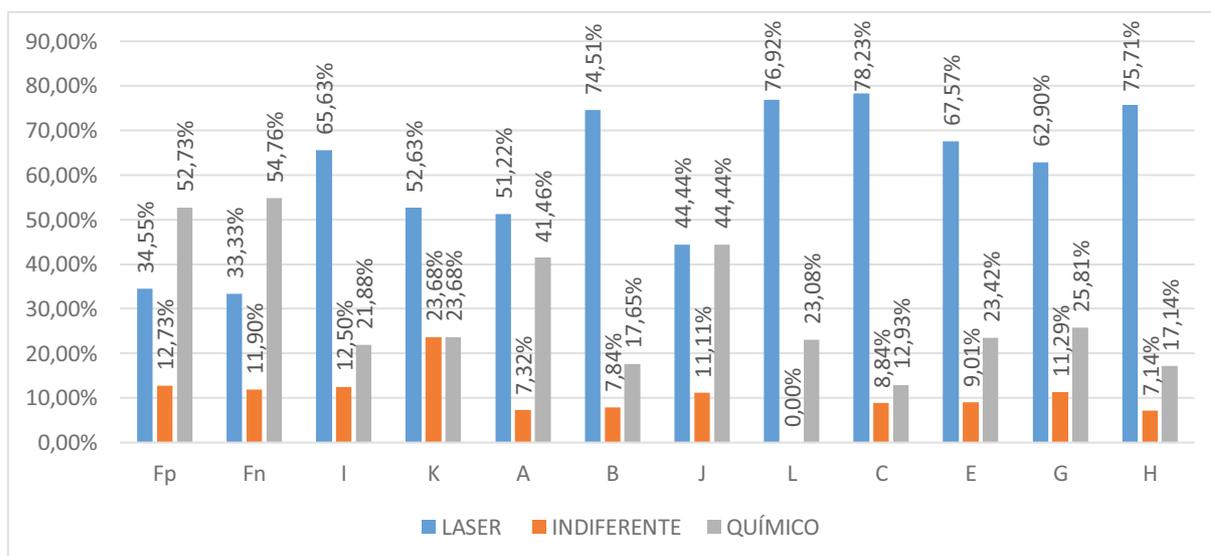


Fonte: o autor

A partir das três texturas escolhidas como as que mais agradam, foram disponibilizadas aos respondentes, amostras das texturas reproduzidas nos dois processos de texturização (laser e químico) a fim de que fosse possível a comparação das amostras em termos de percepção visual (aparência) e sensação tátil (toque). As amostras foram disponibilizadas aos pares sem a informação da tecnologia utilizada em cada uma, a fim de não induzir a escolha.

A figura 68 apresenta os resultados da comparação das tecnologias por texturas em função da percepção relacionada à aparência.

Figura 68 – Comparação de tecnologias por textura - aparência

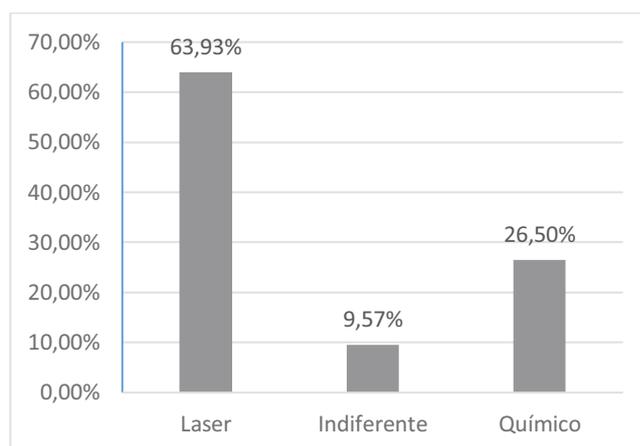


Fonte: o autor

Os resultados desta análise revelam que das doze texturas avaliadas, nove apresentaram melhor percepção visual pela tecnologia laser, uma apresentou resultados divididos e duas texturas apresentaram melhor percepção visual pela tecnologia química.

A figura 69 apresenta o resultado da comparação entre tecnologias e demonstra a percepção de melhor agradabilidade por aparência.

Figura 69 – Comparação por tecnologias – aparência

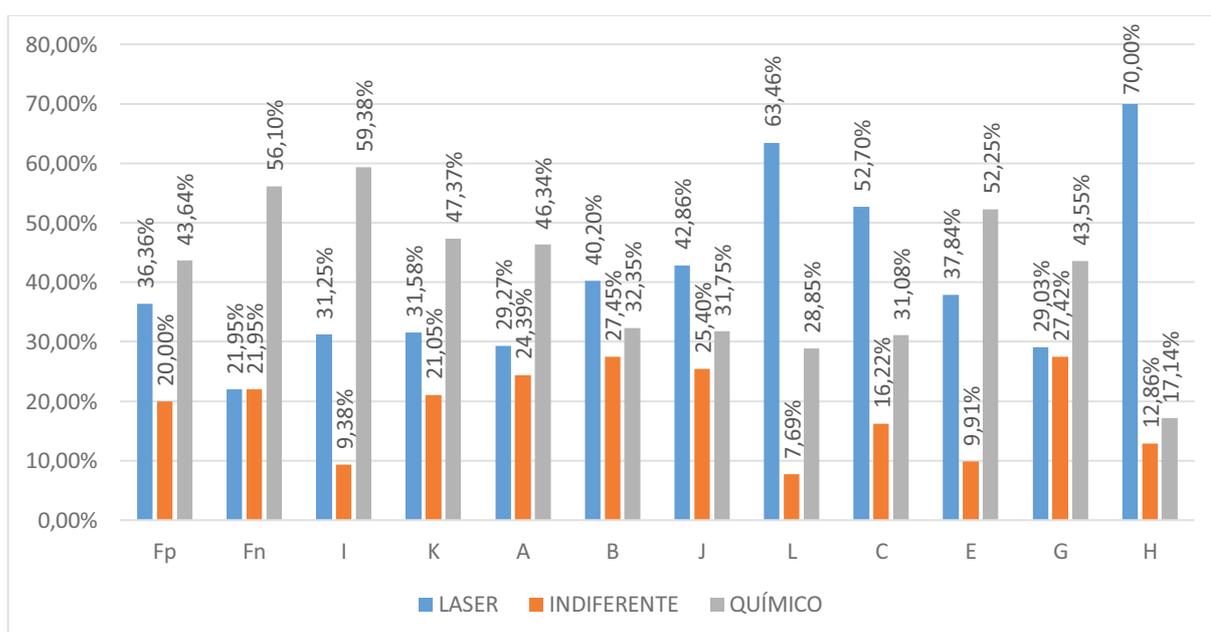


Fonte: o autor

Pode-se notar que a tecnologia laser é percebida como a que mais agrada em termos de aparência, quando comparadas duas amostras de texturas reproduzidas nas duas tecnologias (laser e química).

A figura 70 apresenta os resultados da comparação das tecnologias por texturas em função da percepção relacionada à sensação tátil.

Figura 70 – Comparação de tecnologias por textura – sensação tátil

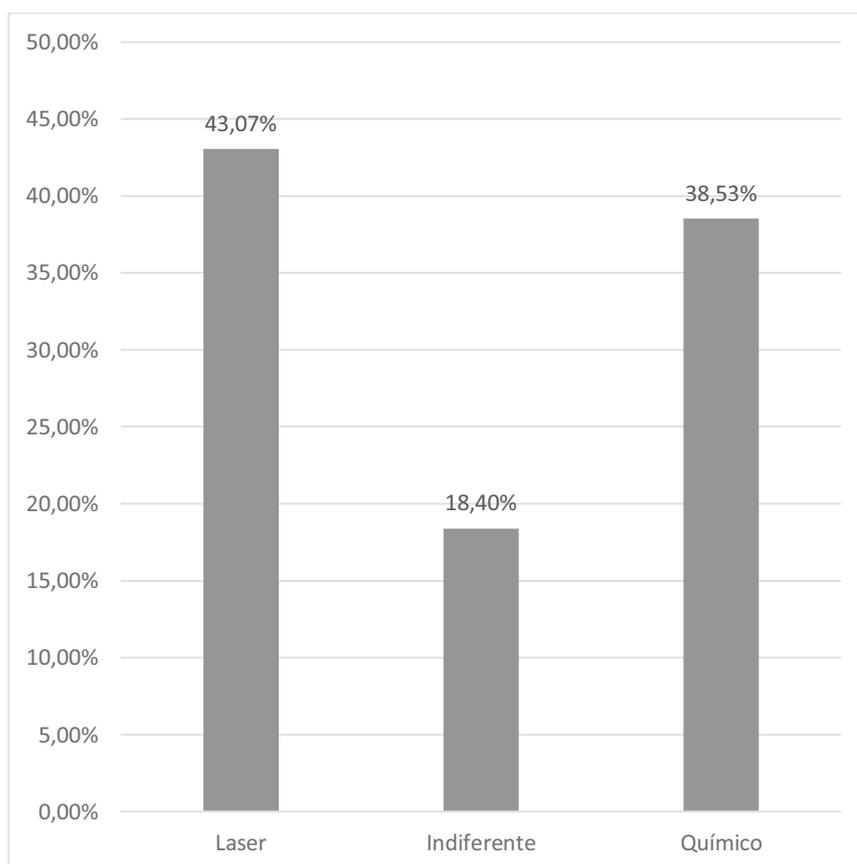


Fonte: o autor

Os resultados desta análise revelam que das doze texturas avaliadas, sete apresentaram melhor sensação tátil pela tecnologia química, enquanto cinco texturas apresentaram melhor sensação tátil pela tecnologia laser.

A figura 71 apresenta o resultado da comparação entre tecnologias e demonstra a percepção de melhor agradável ao tato.

Figura 71 – Comparação por tecnologias – sensação tátil

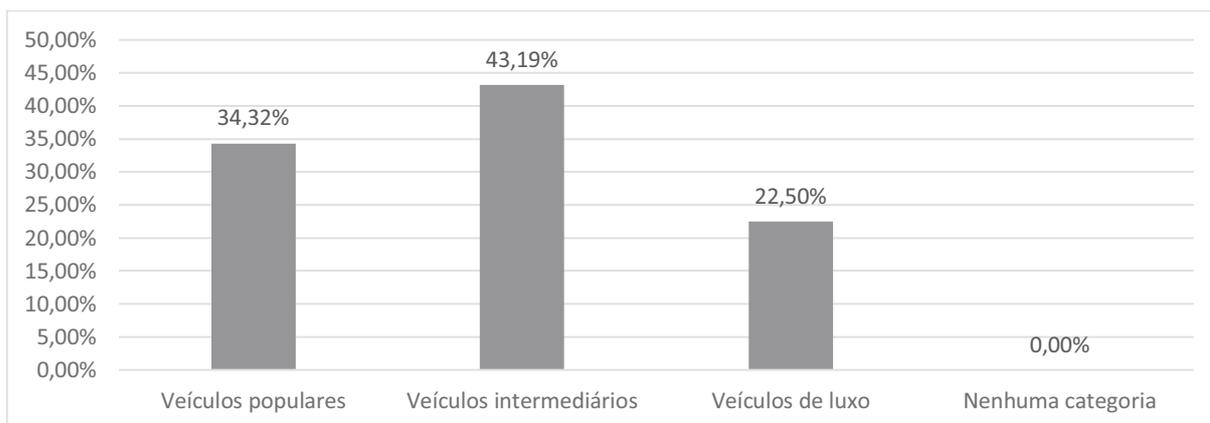


Fonte: o autor

Pode-se notar que, embora a tecnologia química tenha apresentado leve vantagem sobre a tecnologia laser no quesito agradável ao tato, as opiniões sobre as duas tecnologias se mostraram divididas, com uma diferença abaixo de 5 pontos percentuais entre as escolhas. Estes dados não permitem apontar a predominância de uma tecnologia em relação à outra, neste quesito.

Por fim, a pesquisa de opinião buscou levantar em quais categorias de veículos as texturas desenvolvidas poderiam ser aplicadas com o objetivo de agregar valor. Os respondentes poderiam escolher uma ou mais categorias simultaneamente dentre as opções: veículos populares, veículos intermediários (entre populares e de luxo) e veículos de luxo. A figura 72 apresenta o resultado encontrado.

Figura 72 – Aplicação das texturas por categoria de veículos como forma de agregar valor



Fonte: o autor

Os resultados apontam que as texturas desenvolvidas apresentam potencial para agregar valor principalmente em veículos intermediários (43,19%), seguido por veículos populares (34,32%). A aplicação em veículos de luxo apresentou menor percentual (22,50%).

A partir de conversas com os 299 respondentes após a aplicação do questionário foi possível captar uma percepção recorrente das pessoas em relação aos acabamentos que agregam valor aos veículos de luxo. Muitos comentaram que veículos de luxo devem conter materiais “*soft touch*”, ou seja, macios ao toque, emborrachados ou espumados, sem aplicação de plástico rígido.

A fim de responder a uma das questões relacionadas aos objetivos específicos da pesquisa, sobre conhecer se há alguma relação entre as escolhas das texturas e fatores como idade, sexo e área de formação profissional, foram feitos cortes da amostra para análise isolada dos resultados. As análises aconteceram isoladamente para:

- Geração Baby boomers;
- Geração X;
- Geração Y;
- Geração Z;
- Homens;
- Mulheres;
- Profissionais da área de exatas;
- Profissionais da área de humanas.

As análises possibilitaram observar que as preferências em todos os grupos analisados isoladamente apresentaram o mesmo padrão da amostra geral, com diferenças não significantes.

4 CONCLUSÕES E SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

Aplicação da biomimética no desenvolvimento de texturas automotivas mostrou-se factível. A partir das inspirações em elementos da natureza foram criados doze desenhos de macro texturas, divididos em três grupos estéticos (padrões orgânicos com distribuição aleatória, padrões orgânicos com distribuição ordenada e padrões geométricos com distribuição ordenada), cujas singularidades estéticas e visuais apresentam potencial de aplicação em diferentes peças plásticas do interior do automóvel, com melhoria de aparência do plástico injetado, aumento do valor agregado ao produto e potencialização da competitividade da indústria automotiva.

Como limitante deste estudo, não se explorou a utilização de texturas funcionais que pudessem comprovar melhorias em aspectos aerodinâmicos ou em facilidade de limpeza, potenciais de aplicação da biomimética relatados em alguns estudos do referencial teórico.

As medições das amostras permitiram uma comparação técnica e visual das características de forma das texturas reproduzidas nos dois processos de texturização: à laser e por ataque químico, de onde se concluiu que os resultados são compatíveis com a opinião dos especialistas, ou seja, o processo a laser reproduz melhor desenhos geométricos, linhas de caráter, vértices e planos, enquanto o processo químico não representa estes elementos com a mesma precisão.

Tecnicamente pôde-se analisar as curvas de perfis de cada textura e observar que o processo de texturização a laser reproduziu com maior precisão contornos em geral e superfícies planares, quando comparado ao processo por ataque químico. Fatores como simetria, regularidade e profundidade dos desenhos se apresentaram melhores nas amostras reproduzidas pelo processo a laser.

Visualmente pôde-se comparar os resultados de definição de contornos e precisão dos desenhos tanto pela análise visual das amostras injetadas como pela análise microscópica dos padrões. O processo de texturização a laser reproduziu com mais precisão e melhor definição os contornos dos desenhos, quando comparado ao processo por ataque químico.

Pela análise dos dados de digitalização das amostras observou-se que não há uma relação entre o nível de rugosidade da superfície e a tecnologia de texturização empregada nas texturas, pois os parâmetros de rugosidade medidos não denotaram um comportamento padrão nas medições. Algumas texturas apresentaram rugosidade maior no processo químico e outras

no processo laser.

O processo de texturização a laser apresenta vantagens relacionadas à precisão de reprodução dos desenhos criados quando comparado ao processo de texturização por ataque químico. Entretanto, se for considerado o custo e o tempo de texturização, a partir da expertise dos profissionais especializados em texturização, sabe-se que o processo laser demanda maior tempo de texturização quando comparado ao processo químico, especialmente em moldes com superfícies de grandes dimensões. A comparação de custos e do tempo de texturização de cada processo deve levar em consideração: as dimensões do molde, a complexidade e a profundidade do desenho da textura. Desta forma não é possível se apontar qual processo é mais rápido ou mais econômico sem uma análise exclusiva de cada projeto.

Os testes de riscabilidade demonstraram que nas texturas criadas, as tecnologias laser e química não apresentaram diferenças significativas na aprovação de riscabilidade. O desenho da textura é a variável que parece estar mais associada aos resultados de riscabilidade e o polímero injetado na cor preta parece ser ligeiramente favorável à aprovação se comparado ao cinza.

As pesquisas de opinião apontaram que as texturas desenvolvidas agregam de médio a muito valor ao produto (em uma escala Likert – nenhum/pouco/médio/muito/extremo). As texturas de padrão geométrico e distribuição ordenada são as que mais agradam, seguidas pelas texturas de padrão orgânico e distribuição ordenada. As texturas de padrão orgânico e distribuição aleatória são as texturas que mais desagradam. A partir de análises por cortes da amostra verificou-se que não há variações significativas por predileção de texturas quando analisadas diferenças de idade, gênero e área de formação. Os resultados da análise destes grupos obedeceram ao mesmo padrão da amostra geral. Por fim a pesquisa de opinião revelou que as texturas apresentam maior potencial de gerar valor agregado em veículos intermediários (entre populares e de luxo).

A partir da completude na satisfação dos objetivos específicos desta pesquisa, porém com novas possibilidades de continuidade, sugere-se para trabalhos futuros:

- Desenvolvimento de texturas classificadas como microtexturas capazes de reproduzir fenômenos da natureza como a hidrofobia ou a hidrofília, com possibilidade de aplicação em peças do exterior do automóvel para melhoria aerodinâmica, limpeza entre outros.

- Estudar comparativamente as relações entre os padrões de texturas, profundidades, custo e tempo de texturização nos processos químico, laser e híbrido.
- Estudo sobre a influência dos parâmetros de potência, frequência e velocidade de varredura do laser nos acabamentos superficiais de texturas aplicadas a peças plásticas.

REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS **NBR 4287** - Especificações geométricas do produto (GPS) - Rugosidade: Método do perfil - Termos, definições e parâmetros da rugosidade. Rio de Janeiro, 2002.

ALSHAMI, M.; ATWA, M.; FATHY, A.; SALEH, A. Parametric Patterns Inspired by Nature for Responsive Building Façade. **International Journal of Innovative Research in Science, Engineering and Technology**, v. 4, n. 9, p.8009-8018. 2015. Disponível em: <https://www.ijirset.com/upload/2015/september/2_Parametric_foriegn.pdf>. Acesso em 12 nov. 2017.

ANFAVEA. Associação Nacional dos Fabricantes de Veículos Automotores. **Estatísticas**. Disponível em: <<http://www.anfavea.com.br/estatisticas.html>>. Acesso em 11 ago. 2018.

ARNARSON, P. Ö. Biomimicry. 2011. Disponível em: <<http://olafurandri.com/nyti/papers2011/Biomimicry%20-%20P%C3%A9tur%20C3%96rn%20Arnarson.pdf>>. Acesso em 10 abril 2017.

BABBIE, E. **Métodos de pesquisa de Survey**. Belo Horizonte: Editora UFMG, 2003.

BENYUS, J.M. **BIOMIMICRY: Innovation Inspired by Nature**, New York, Harper Collins Publishers Inc., 2002.

BROWN, T. **Design Thinking: uma metodologia poderosa para decretar o fim das velhas ideias**. Rio de Janeiro: Elsevier, 2010.

DETANICO, F.B.; TEIXEIRA, F. G.; KOLTERMANN DA SILVA, T. L. A biomimética como método criativo para o projeto de produto. **Design e Tecnologia**, [S.l.], v. 1, n. 02, p. 101-113, dez. 2010.

FARHANA, M.; BIMENYIMANA, E. Design Driven Innovation as a Differentiation Strategy - in the Context of Automotive Industry. **Journal of Technology Management & Innovation**, [S.l.], v. 10, n. 2, p. 24-38, 2015. ISSN 0718-2724. Disponível em: <<http://www.jotmi.org/index.php/GT/article/view/1675>>. Acesso em 27 jun. 2018. doi: <http://dx.doi.org/10.4067/S0718-27242015000200003>.

FREITAS, R.O.T. **Design de Superfície: as ações comunicacionais táteis no processo de criação**. São Paulo: Ed. Edgard Blücher, 2011.

GOMES FILHO, J. **Design do Objeto: Bases conceituais**. São Paulo: Escrituras, 2007.

GONÇALVES, M.; CARDOSO, C.; BADKE-SCHAUB, P. What inspires designers? Preferences on inspirational approaches during idea generation. **Design Studies**, v. 35, n. 1, p. 29-53, 2014.

INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION. **ISO 25178-2** - Geometrical product specifications (GPS) - Surface texture: Areal - Part 2: Terms, definitions

and surface texture parameters. 2012. Disponível em: <<https://www.iso.org/obp/ui/#iso:std:iso:25178:-2:ed-1:v1:en>>. Acesso em 18 Ago 2018.

KARANA, E.; HEKKERT, P.; KANDACHAR, P. Material considerations in product design: A survey on crucial material aspects used by product designers. In: **Materials & Design**, v.29, n.6, p. 1081-1089, 2008.

_____. Meanings of materials through sensorial properties and manufacturing processes. In: **Materials & Design**, v.30, n.7, p. 2778–2784, 2009.

LÓSS, M. L. V.; JANSEN, L. P. **Interior Plastic Surface Development from Design Concept up to Global Vehicle Launch**. SAE Technical Paper, 2015. Disponível em: <<https://www.sae.org/publications/technical-papers/content/2015-36-0316/>>. Acesso em 27 Jun 2018.

MCGREGOR, S.L.T. Transdisciplinary and Biomimicry. **Transdisciplinary Journal of Engineering and Science**. The ATLAS. v. 4, p. 57-65, dezembro 2013.

NORMAN, D. A.; VERGANTI, R. Incremental and radical innovation: Design research vs. technology and meaning change. **Design issues**, v. 30, n. 1, p. 78-96, 2014.

OICA. Organisation Internationale des Constructeurs d'Automobiles. **Sales Statistics**. Disponível em: <<http://www.oica.net/category/sales-statistics/>>. Acesso em 11 ago. 2018.

RINALDI, R. M. **A intervenção do design nas superfícies projetadas: processos multifacetados e estudos de caso**. 204 f. Tese (Doutorado em Design). Universidade Estadual Paulista. Faculdade de Arquitetura, Artes e Comunicação. Bauru, 2013.

RUBIM, R. **Desenhando a Superfície + Considerações sobre a superfície**. 3 e. São Paulo: Rosari, 2013.

SANTOS, E.E. dos; GALHARDI, A.C. A aplicação da biomimética no desenvolvimento de texturas automotivas: uma análise bibliométrica do estado da literatura. In: Anais XII Workshop de Pós-Graduação e Pesquisa do Centro Paula Souza, 2017, São Paulo, SP. **Anais Eletrônicos**. Disponível em: <http://www.portal.cps.sp.gov.br/pos-graduacao/workshop-de-pos-graduacao-e-pesquisa/012-workshop-2017/workshop/artigos/Sistemas_Produtivos/Gestao_Operacoes_Logistica/A-aplicacao-da-biomimetica.pdf>. Acesso em 15 nov. 2017.

_____. A aplicação da biomimética no desenvolvimento de texturas automotivas: levantamento de percepções de usuários. In: Anais XXIV SIMPEP – Simpósio de Engenharia de Produção UNESP, 2017, Bauru, SP. **Anais Eletrônicos**. Disponível em: <http://www.simpep.feb.unesp.br/abrir_arquivo_pdf.php?tipo=artigo&evento=12&art=563&cad=28187&opcao=com_id>. Acesso em 21 nov. 2017.

SCHWARTZ, A. R. D.; NEVES, A. F.; RÜTHSCHILLING, E. Design de superfície: por uma abordagem projetual, geométrica e tridimensional. **Revista Produção Gráfica**, Edição Especial 2008. p.143-163, 2008.

SCHWARTZ, A. R. D. Abordagens para Análise e Projetação em Design de Superfície. In:

Congresso Brasileiro de Pesquisa e Desenvolvimento em Design,8., 2008. **Anais Eletrônicos**. Disponível em: <<http://www.aendbrasil.org.br/ped.htm>>. Acesso em 20 abril 2017.

SILVA, E.S.A. **Design, Technologie et Perception**: Mise en relation du design sensoriel, sémantique et émotionnel avec la texture et les matériaux. 296 f. Tese (Doutorado Design e inovação do produto). l'École Nationale Supérieure d'Arts et Métiers. Spécialité "Conception". Paris, 2016.

SILVA, E.S.A.; DISCHINGER, M.C.T.; RODRIGUES, T.L.; SILVA, F.P.; KINDLEIN JUNIOR, W. Discussão entre práticas para desenvolvimento e aplicação de texturas em produtos industriais. In: CONGRESSO INTERNACIONAL DE PESQUISA EM DESIGN, 5.,2009. Bauru, SP. **Anais eletrônicos**. Disponível em<<http://hdl.handle.net/10183/31099>>. Acesso em 20 Abril 2017.

STEIGLEDER, A.P. **Estudo morfológico da planta *Salvinia Molesta***: uma contribuição para a biônica e o design de produtos. 102f. Dissertação (Mestrado em Engenharia) - Escola de Engenharia - Faculdade de arquitetura – Programa de pós-graduação em Design. Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2010.

TAVSAN, F.; SONMEZ, E. Biomimicry in Furniture Design. **Procedia - Social and Behavioral Sciences**, v.197, p. 2285-2292. 2015. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2015.07.255>>.Acesso em 10 abril 2017.

TAYLOR HOBSON LIMITED. **Exploring Surface Texture**: A fundamental guide to measurement of Surface Finish. 7 e. Leicester: Taylor Hobson, 2011.

TRICINCI, O.; TERCENIO,T.; MAZZOLAI, B.; PUGNO, N.M.; GRECO, F.; MATTOLI, V. 3D Micro patterned Surface Inspired by *Salvinia molesta* via Direct Laser Lithography. **ACS Applied Materials & Interfaces**, v. 7, n.46, p. 25560–25567. 2015. Disponível em: <<http://pubs.acs.org/doi/pdf/10.1021/acsami.5b07722>>. Acesso em 15 abril 2017.

VERGANTI, R. Design, meanings, and radical innovation: A metamodel and a research agenda. **Journal of product innovation management**, v. 25, n. 5, p. 436-456, 2008.

VOLSTAD, L.; BOKS, C. Biomimicry – a useful tool for the industrial designer? Shedding light on nature as a source of inspiration in industrial design. In: **DS 50: Proceedings of Nord Design Conference**, Tallinn, Estonia, 2008, p.275-284.ISBN 978-9985-59-840-5 Disponível em:<https://www.designsociety.org/publication/27376/biomimicry_%E2%80%93_a_useful_tool_for_the_industrial_designer>. Acesso em 15 abril 2017.

WEILER, C.; GOEL, A.K. From mitochondria to water harvesting: A case study in biologically inspired design. **IEEE Potential**. March/April 2015. P. 38-43, 2015.

YANAGISAWA, H.; TAKATSUJI, K. Effects of visual expectation on perceived tactile perception: an evaluation method of surface texture with expectation effect. **International Journal of Design**, v. 9, n.1, p.39-51, 2015.

APÊNDICES

APÊNDICE I – QUESTÕES DO *SURVEY*

PESQUISA ACADÊMICA

As questões abaixo têm apenas o objetivo de levantamento estatístico a ser utilizado em pesquisa acadêmica. Não serão utilizadas de forma alguma para juízo de valor. É garantido o anonimato do respondente.

Desde já sou grato por sua participação.

1. Em relação à minha idade, tenho

- entre 18 e 22 anos
- entre 23 e 37 anos
- entre 38 e 50 anos
- acima de 50 anos

2. Em relação à “INOVAÇÃO”, entendo que possa ser aplicada

- Somente no desenvolvimento de novos produtos.
- Somente no aprimoramento de processos.
- Somente no aprimoramento de serviços.
- No desenvolvimento e aprimoramento de produtos, processos e serviços.

3. Considero que a prática da INOVAÇÃO como ferramenta para aumentar a competitividade das empresas é

- Irrelevante.
- De pouca importância.
- Muito importante.
- Essencial.

4. Em relação às palavras: Biomimética /Biomimetismo:

- É a primeira vez que tenho contato com essas palavras.

- Já li ou ouvi estas palavras, mas desconheço seu significado.
- Conheço estas palavras e entendo que estão relacionadas à observação da Natureza.
- Conheço estas palavras e entendo que estão relacionadas à imitação da Natureza para solucionar problemas humanos.

5“Biomimética (ou Biomimetismo) é uma abordagem à inovação que procura soluções sustentáveis aos desafios humanos emulando padrões e estratégias que há séculos já foram testados pela Natureza. O objetivo é criar produtos, processos e políticas [...] que sejam bem adaptados à vida na Terra em longo prazo”.

Fonte: <https://biomimicry.org/what-is-biomimicry/> (adaptado).

Em relação à aplicação da BIOMIMÉTICA para gerar INOVAÇÃO, acredito que

- Não seja possível.
- Sua aplicação é irrelevante ao benefício das empresas e do ser humano.
- Deve ser explorada sempre que possível para benefício de todos.
- Não tenho opinião formada a este respeito. Preciso conhecer mais sobre o assunto.

6. Em uma escala entre 0 e 10, indique o quanto você gosta de automóveis em geral, sendo

0=nada e 10=muito

- 0
- 1
- 2
- 3
- 4
- 5
- 6
- 7

- 8
- 9
- 10

7. No design do interior do automóvel eu valorizo: (escolha quantas alternativas quiser)

- As cores
- As formas
- As texturas
- Os tecidos
- Os detalhes
- Outros: _____

8. "Eu reparo nas texturas das peças plásticas do interior de um automóvel"

- Nunca
- Raramente
- Frequentemente
- Quase sempre
- Sempre

9. Para mim, as texturas do interior do automóvel

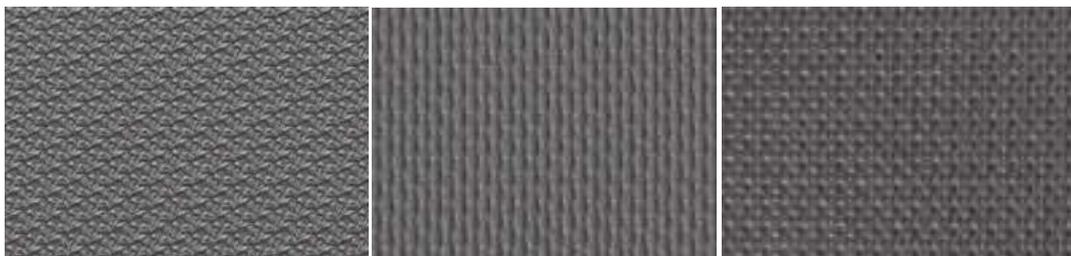
- São **irrelevantes** para a percepção de qualidade do produto.
- Agregam **pouco valor** à percepção de qualidade do produto.
- São **importantes** para a percepção de qualidade do produto.
- São **muito importantes** para a percepção de qualidade do produto.

10. Em relação às texturas aplicadas no interior do automóvel, os padrões que mais valorizam a percepção de qualidade são

- Padrões que imitam de couro. Exemplos:



- Padrões que imitam tecidos. Exemplos:



- Padrões com desenhos aleatórios. Exemplos:



- Padrões com desenhos geométricos ordenados ou simétricos. Exemplos:



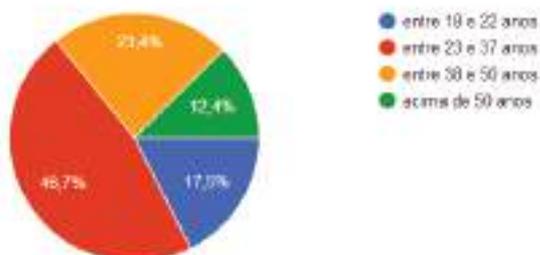
11. A aplicação da Biomimética no desenvolvimento de texturas pode trazer inovação ao automóvel, traduzida em melhoria estética, funcional e operacional, entretanto, toda inovação envolve investimento, tempo e um certo grau de risco.

Com base nas informações acima

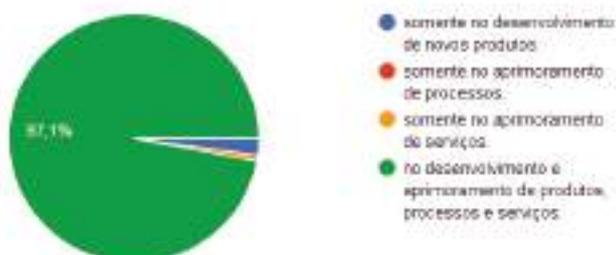
- não vale a pena investir em projetos desta natureza.
- vale a pena investir em projetos desta natureza.
- não tenho opinião formada a este respeito. Preciso conhecer mais sobre o assunto.

APÊNDICE II – GRÁFICOS RESULTANTES DO SURVEY

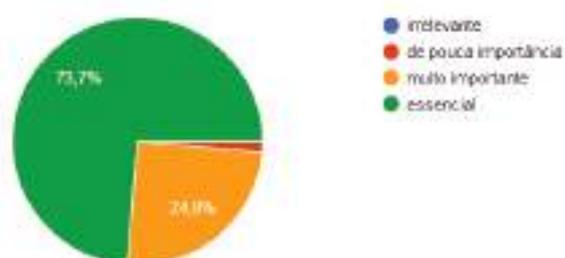
1. Em relação à minha idade, tenho (137 respostas)



2. Em relação à "INOVAÇÃO", entendo que possa ser aplicada (137 respostas)

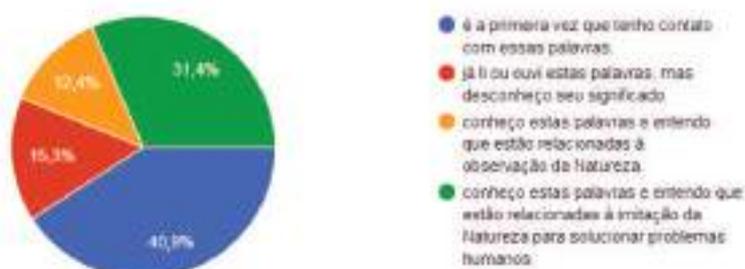


3. Considero que a prática da INOVAÇÃO como ferramenta para aumentar a competitividade das empresas é (137 respostas)



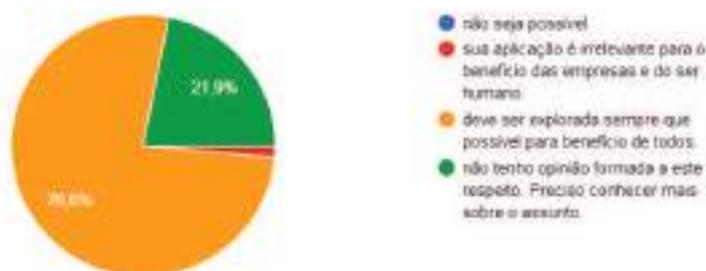
4. Em relação às palavras: Biomimética / Biomimetismo:

137 respostas



5. Biomimética (ou Biomimetismo) é uma abordagem à inovação que procura soluções sustentáveis aos desafios humanos emulando padrões e estratégias que há séculos já foram testados pela Natureza. O objetivo é criar produtos, processos e políticas [...] que sejam bem adaptados à vida na Terra em longo prazo". Em relação à aplicação da BIOMIMÉTICA para gerar INOVAÇÃO, acredito que

137 respostas



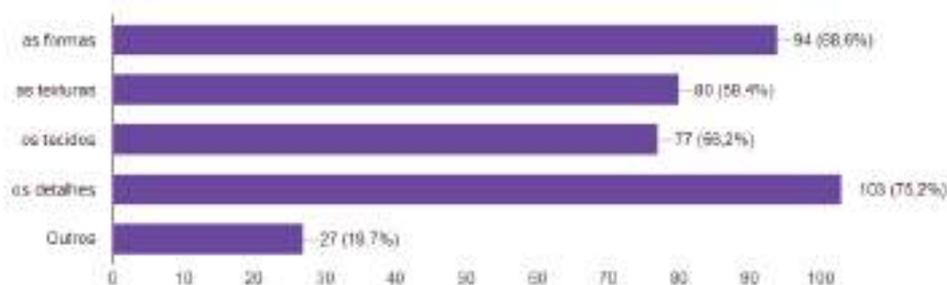
6. Em uma escala entre 0 e 10, indique o quanto você gosta de automóveis em geral, sendo 0 (=nada) e 10 (=muito)

137 respostas



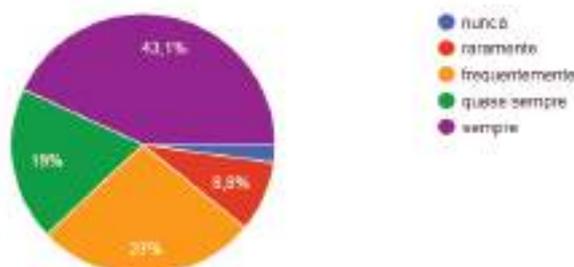
7. No design do interior do automóvel eu valorizo: (escolha quantas alternativas quiser)

137 respostas



8. "Eu reparo nas texturas das peças plásticas do interior de um automóvel"

137 respostas



9. Para mim, as texturas do interior do automóvel

137 respostas



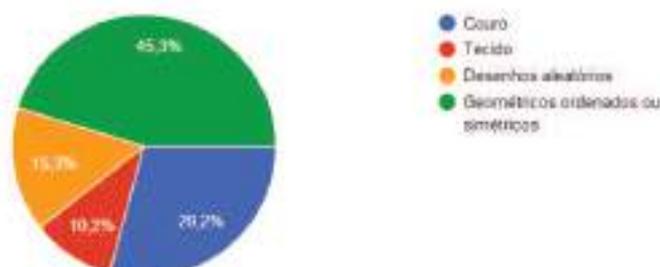
9. Para mim, as texturas do interior do automóvel

137 respostas



10. Abaixo você verá exemplos de CATEGORIAS de texturas aplicadas no interior do automóvel. Escolha a categoria que mais se relaciona com a ideia de INOVAÇÃO e PERCEPÇÃO DE QUALIDADE no automóvel.

137 respostas



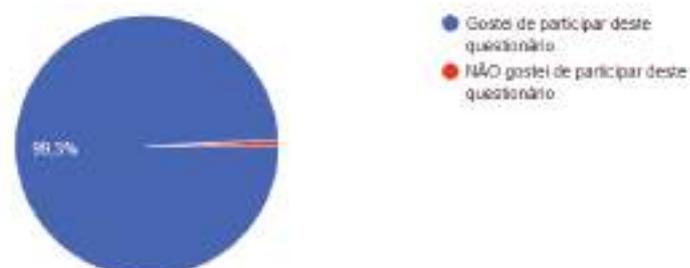
11. A aplicação da Biomimética no desenvolvimento de texturas pode trazer inovação ao automóvel, traduzida em melhoria estética, funcional e operacional, entretanto, toda inovação envolve investimento, tempo e um certo grau de risco. Com base nas informações acima.

137 respostas



MUITO OBRIGADO!!!

135 respostas



APÊNDICE III – ENTREVISTA COM PROF. DR. EVERTON S. A. DA SILVA

Entrevista realizada com o Prof. Dr. Everton Sidnei Amaral da Silva, professor da UFRGS do grupo de pesquisadores do LdSM (Laboratório de Seleção de Materiais da UFRGS – Porto Alegre).

Data: 05.01.2018

Local: Laboratório de Seleção de Materiais da UFRGS – Porto Alegre.

Considerando sua experiência como pesquisador do LdSM (Laboratório de Seleção de Materiais) da UFRGS e especialista em percepção do usuário relacionada a materiais e aspectos sensoriais de produtos da indústria automotiva:

1. Quais conclusões mais relevantes você chegou acerca das texturas, a partir de seus estudos relacionados à percepção de valor dos usuários em materiais e acabamentos automotivos?

Após análise dos dados provenientes de experimentos com uma população brasileira e francesa, pode-se destacar que as texturas dos volantes automotivos de categoria popular promoveram boas oportunidades de valorização sobre o produto. Neste aspecto, o controle dos valores de rugosidade (profundidade da macro textura) adequadamente relacionados à sua escala enquanto módulo de repetição (módulo com *rapport* definido pela densidade dos elementos tridimensionais) são essenciais para a definição da macro textura tátil. A forma do volante apresentou influência ainda maior do que a macro textura sobre a análise de impacto emocional. No entanto, a macro textura contribui significativamente para a satisfação dos usuários, levando-se em conta a preferência de média à alta densidade de motivos geométricos inscritos em um *rapport* (número de elementos por cm^2) para o caso de volantes automotivos. Ou seja, em termos semânticos, a percepção da macro textura não deve ser “grosseira” ou de “rugosidade elevada”, mas sim “delicada”. Uma macro textura está definida por um comprimento de onda (entre vales e picos) situado entre 0,5mm à 50mm (BERTHIER, 1991) (ZUO, 2001). Entre as amostras analisadas, os resultados de rugosidade com melhor valor qualitativo pelo usuário foram dos volantes com R_a médio entre 12 e 15 μm para as zonas de pega, mas cabe destacar

que múltiplos fatores devem ser considerados para esta análise qualitativa. Cabe ao designer selecionar combinações harmônicas de texturas (sejam geométricas, orgânicas ou mistas) levando em conta as cores e os materiais para que o acabamento da superfície se torne satisfatório na dimensão sensorial e emocional do usuário.

2. Qual a sua recomendação sobre as ferramentas e métodos científicos mais eficazes a serem utilizadas para avaliar a percepção de usuários em relação ao valor agregado de texturas desenvolvidas com base na biomimética?

Para a avaliação da percepção, recomenda-se primordialmente a análise comportamental frente a interação com o produto. Registro de vídeo com o protocolo *Think-Aloud* é o método mais usual para a coleta de dados que também pode ser associado à um dispositivo *Eye Tracking* para uma análise estatística pontual sobre diferentes texturas em um ambiente automotivo. Um questionário focado nas texturas para uma avaliação semântica e sensorial torna-se uma boa ferramenta para complementar as interpretações da análise comportamental (vídeo). Para testar a eficácia da percepção biomimética e sua analogia ao elemento natural de referência, poderia ser realizado questionário específico com diversas imagens para identificar a dedução do participante referente a associação ideal (fonte da inspiração).

3. A partir de sua experiência nos estudos científicos relacionados ao desenvolvimento de texturas do LdSM, quais recomendações você daria a novos pesquisadores desta linha de pesquisa (lições aprendidas, melhoras práticas projetuais e/ou processuais, entre outros)?

Não tive muita participação no processo de desenvolvimento de texturas no LdSM, mas tornou-se uma boa prática o uso de softwares vetoriais para aplicar a criatividade, desenhando de modo sobreposto a imagens de referência, identificando padrões geométricos e de *rapport*.

Encontrei na web alguns bons exemplos conceituais para se aplicar neste processo: <https://estampaholic.com/2014/04/10/o-que-e-rapport/>

4. Qual sua percepção sobre a relação entre INOVAÇÃO, TEXTURAS desenvolvidas a partir da BIOMIMÉTICA e COMPETITIVIDADE da indústria automotiva? (Há potencial de melhoria da competitividade das empresas a partir do desenvolvimento de texturas baseadas na biomimética como forma de aumentar o valor agregado no produto e melhorar a qualidade percebida ao usuário?)

Sem dúvida, o incremento de novas propostas de texturas contribui para experiências diversificadas aos usuários de veículos e aumenta a potencialidade de estabelecerem grandes vínculos afetivos ao produto. Independente da relação análoga à biomimética, o aumento dos estímulos multissensoriais e capacidades cognitivas do usuário em função de texturas tridimensionais inovadoras acarreta em valores agregados ao produto. No entanto, a consideração de parâmetros ideais para a criação de texturas táteis é de extrema relevância, visando evitar experiências sensoriais desagradáveis. O “novo” tende sempre a promover a surpresa e se os parâmetros são favoráveis à boa experiência sensorial, a surpresa tende a ser positiva e conseqüentemente, contribui para a competitividade industrial.

APÊNDICE IV – ENTREVISTA COM PROF. DR. WILSON KINDLEIN JÚNIOR

Entrevista realizada com o Prof. Dr. Wilson Kindlein Junior, professor responsável pela coordenação do LdSM (Laboratório de Seleção de Materiais da UFRGS – Porto Alegre).

(Transcrição de depoimento oral gravado em dispositivo móvel).

Data: 05.01.2018

Local: Laboratório de Seleção de Materiais da UFRGS – Porto Alegre.

Considerando sua experiência na coordenação do LdSM (Laboratório de Seleção de Materiais) da UFRGS em estudos científicos relacionados à pesquisa da Biomimética e sua aplicação no desenvolvimento de texturas superficiais de produtos industriais:

1. Quais são os maiores desafios encontrados no processo de desenvolvimento de texturas baseadas na biomimética?

(Exemplos: escassez de referências/estudos da biologia; sinergia entre áreas do conhecimento; investimento em P&D; interesse por parte da indústria; outros).

Engenharia e *design* utilizam-se de linguagens diferentes. Para se resolver este problema do diálogo não é fácil porque cada um tem uma maneira de pensar.

A forma de pensar do *designer* e do engenheiro são completamente diferentes.

O *designer* pensa primeiro no usuário, seguido pelo histórico do produto, nos materiais, processos de fabricação e por último nos aspectos físicos e químicos.

O engenheiro pensa primeiramente nos aspectos físicos e químicos, seguidos pelos processos de fabricação, materiais, histórico do produto e por último no usuário. Então, o meio comum são os materiais, um elo de ligação entre as áreas.

Trabalhar com materiais diferentes (ABS e PP) pode ser interessante porque o *designer* irá entender que estes materiais podem dar efeitos óticos a ele que levam à uma percepção do usuário, e o engenheiro irá entender que estes materiais terão um certo processo de fabricação (a laser) que dará a ele parâmetros que possibilitarão gerenciar depois e mostrar este trabalho através de uma textura.

O foco do trabalho é o maior desafio. Texturas são infinitas, não há escassez de referências na Natureza. As referências na Natureza estão aí, só não foram consolidadas. Escolher uma textura e dar sua contribuição *Stricto Sensu*.

Quanto ao interesse por parte da indústria, esta tem total interesse e quer inovação. Para isso ela depende de algo que traga um aporte inovador, que vem de alguma coisa concreta que alguém fez. Inovação é algo muito relativo.

O desafio maior é encontrar o foco específico daquilo que tu queres.

2. Quais “lições aprendidas” poderiam ser compartilhadas com novos pesquisadores a fim de que possam contribuir cientificamente com maior relevância e eficácia nesta linha de pesquisa?

As lições aqui aprendidas ao longo de 25 anos de orientação (mais de 150 orientações) é o seguinte: focar e dar sua real contribuição com tua pesquisa.

Tua conclusão não pode ser uma conclusão aleatória [...], exemplo de boa conclusão seria: tal textura pode ser feita com tal processo e gera tal efeito ótico.

As lições aprendidas para mim é que tem que focar, diminuir aquela contribuição no sentido da amplitude e ser mais profundo, navegar menos e mergulhar mais. Isso é fundamental [...]. Quanto mais restrito estiver seu título (da pesquisa), maior sua contribuição. Quanto mais amplo estiver seu título, menor sua contribuição. Ninguém consegue aprofundar uma coisa larga. Quanto mais tu alargar, menos tu aprofunda...[...].

3. Quais foram as contribuições mais relevantes desta linha de pesquisa para o conhecimento científico desde a criação do LdSM?

Elementos de textura, elementos de ligação (dobradiças, diatomáceas, dobradiças de alto ângulo). Exemplo: entender como é o funcionamento do bambu e a partir disso poder gerar estruturas mais esbeltas, com entendimento profundo de como funciona aquela flexibilidade, explicar o mecanismo. Exemplo: para explicar o mecanismo de fosfatização, eu não posso usar um fosfato superconcentrado, pois é óbvio que irá fosfatizar. Devo utilizar “o diluído, do diluído, do diluído” para tentar entender como começou a fosfatização.

Se eu trabalhar com laser, não posso começar com uma potência “altíssima” pois é óbvio que irá gravar [...]. Deve-se começar com a menor potência para tentar entender como começou a gravação, o que está acontecendo no material, está

fundindo ou queimando?

O foco é entender o processo de gravação e a partir daí, uma vez entendido este processo você pode fazer o desenho, considerando como o tipo de arquivo (PLT ou JPEG) influencia no teu desenho. Tudo isso é um detalhe da contribuição.

No LdSM, as contribuições mais relevantes que a gente tem feito é quando a gente consegue focar bem específico em uma área. Agora, a indústria utiliza isso? Não muito, nós não temos esta característica de a indústria se apropriar dos conhecimentos que são gerados na Universidade.

Há muitas teses nas universidades, mas as indústrias não se apropriam tanto disso. Muitas vezes também porque as teses são muito amplas e as indústrias não têm nem como se apropriar [...].

4. Qual sua percepção sobre a relação entre INOVAÇÃO, TEXTURAS desenvolvidas a partir da BIOMIMÉTICA e COMPETITIVIDADE da indústria automotiva? (Há potencial de melhoria da competitividade das empresas a partir do desenvolvimento de texturas baseadas na biomimética como forma de aumentar o valor agregado no produto e melhorar a qualidade percebida ao usuário?)

Sobre a relação da inovação, texturas e biomimética com a competitividade na indústria automotiva, isso eu não sei, porque este aspecto tem várias razões.

Texturas é uma delas com certeza, mas não sei o quanto é (relevante).

As palavras (destacadas) estão relacionadas mas acho que em uma dissertação você não consegue explicar tudo isso, é muita coisa.

O estudo tem relevância, mas o quanto você vai poder medir isso é difícil.

Sobre a segunda pergunta, é óbvio que há, mas quando isso é medido e quanto pode ser eu não sei, e não tem nem como saber em uma tese única. Eu não consigo ver “um cara só” fazendo isso.

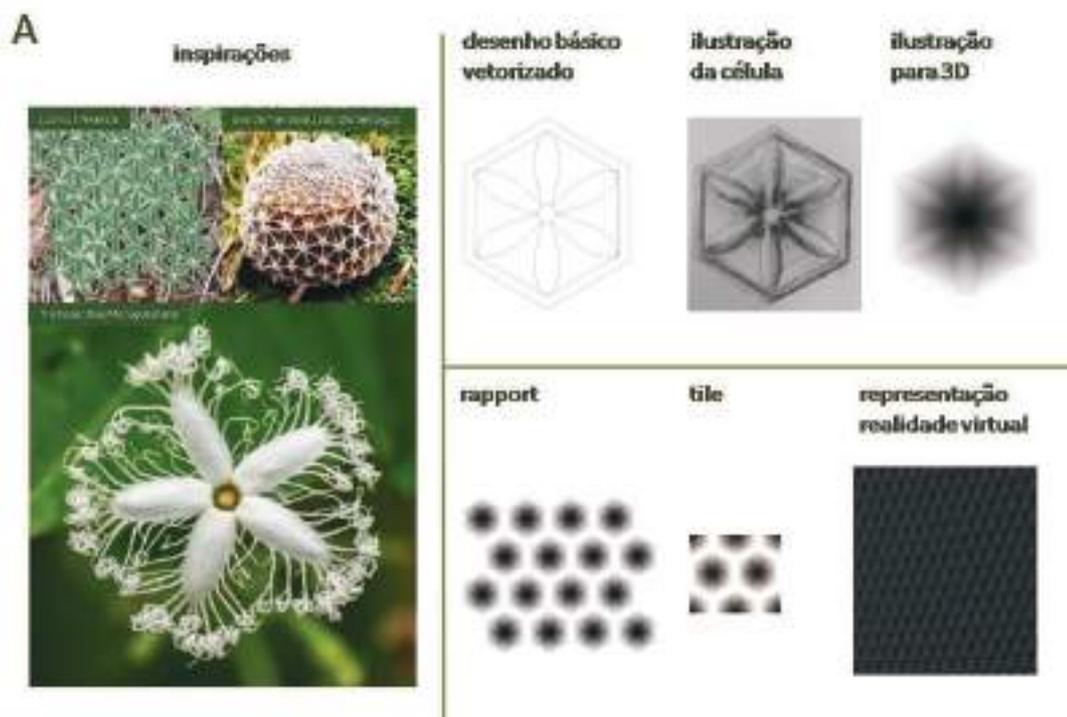
O teu tema é interessante, tua temática, mas está dividida em quadrantes: inovação, texturas, biomimética e competitividade. Tua dissertação vai estar mais em quais quadrantes? A textura é um processo. A inovação pode ser gerada a partir da textura, ou seja, são palavras diferentes colocadas no mesmo plano e precisam ser colocadas em planos diferentes para tu ver o que vai realmente utilizar.

É óbvio que irá gerar inovação. O fato de tu controlar efeitos óticos ou controlar

brilho, isso gera uma inovação. O quanto essa inovação vai ser competitiva ou não é outra coisa. É óbvio que vai ter influência, mas o quanto influenciará, também não sei [...]. Se pretende ter vinte variações de texturas para analisá-las, faz uma análise rápida das vinte e filtre para três, por exemplo, e trabalhe com as três [...]. “Tem que restringir a boca do frasco para aprofundar mais...” e uma tese ou uma dissertação é aprofundar em alguma coisa que será a maior contribuição do trabalho [...].

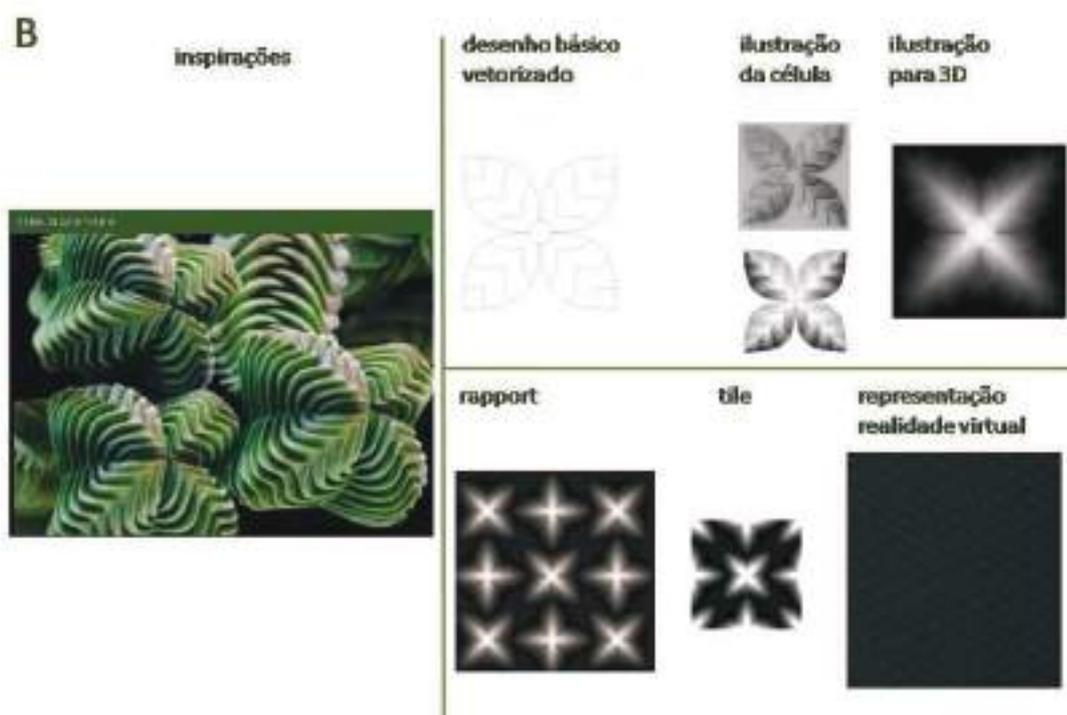
APÊNDICE V – PRANCHAS DE INSPIRAÇÃO E DESENVOLVIMENTO DO *DESIGN* DAS TEXTURAS

Figura 1 - desenhos bidimensionais para desenvolvimento da textura A



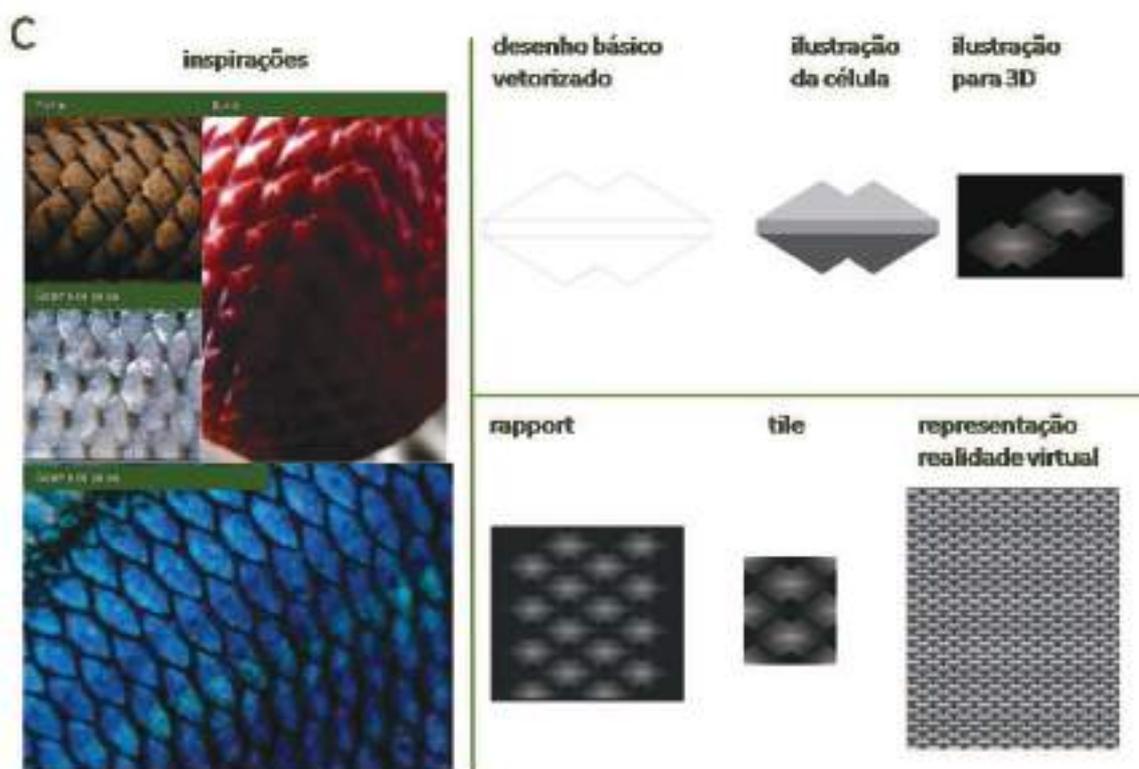
Fonte: o autor, a partir de estudos estético-formais

Figura 2 - desenhos bidimensionais para desenvolvimento da textura B



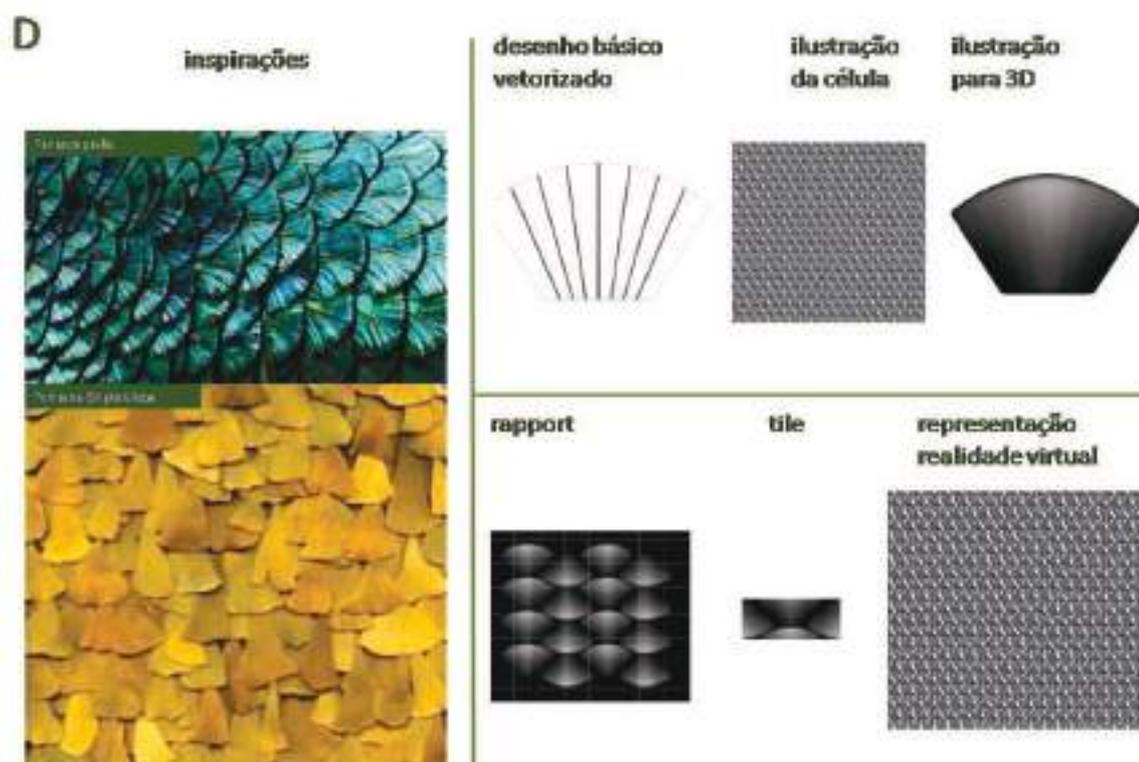
Fonte: o autor, a partir de estudos estético-formais

Figura 14- desenhos bidimensionais para desenvolvimento da textura C



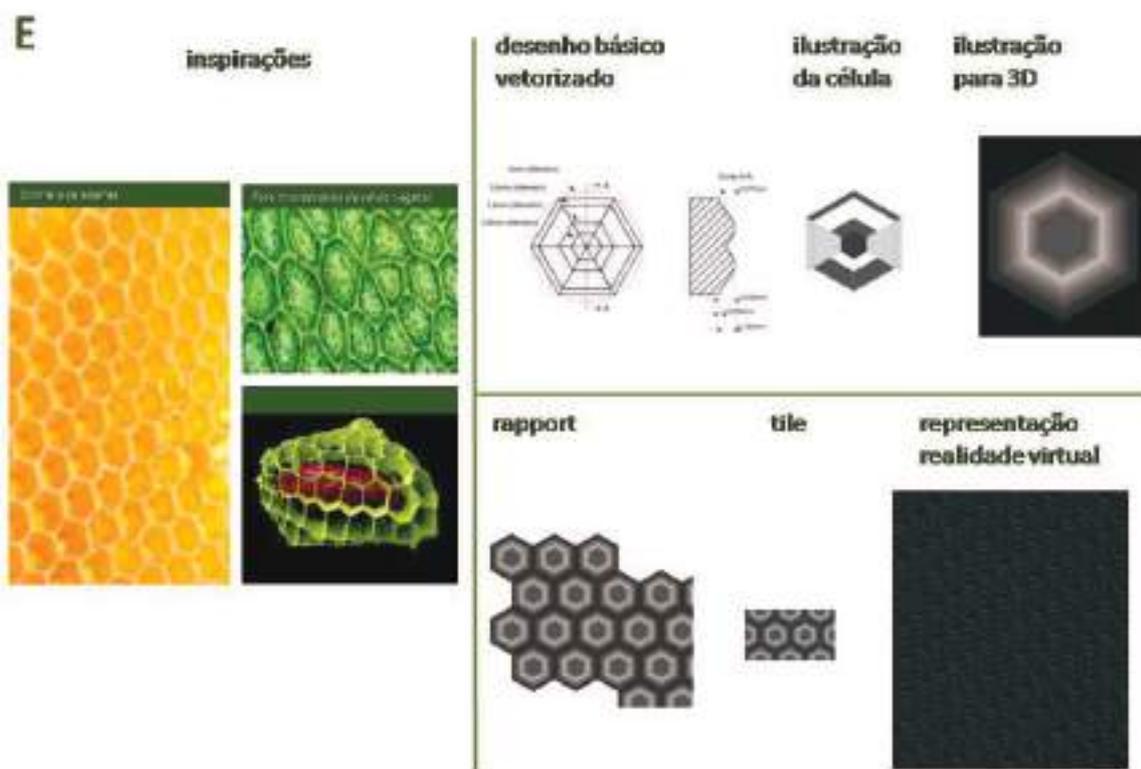
Fonte: o autor, a partir de estudos estético-formais

Figura 15 - desenhos bidimensionais para desenvolvimento da textura D



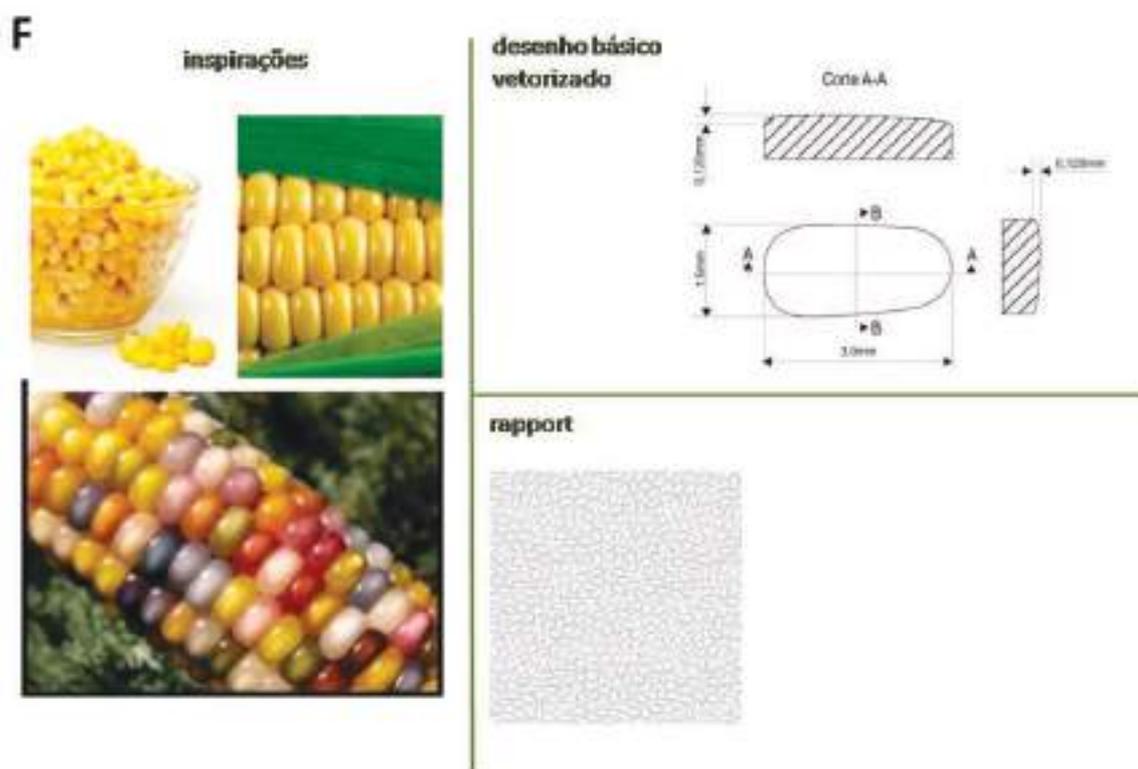
Fonte: o autor, a partir de estudos estético-formais

Figura 16 - desenhos bidimensionais para desenvolvimento da textura E



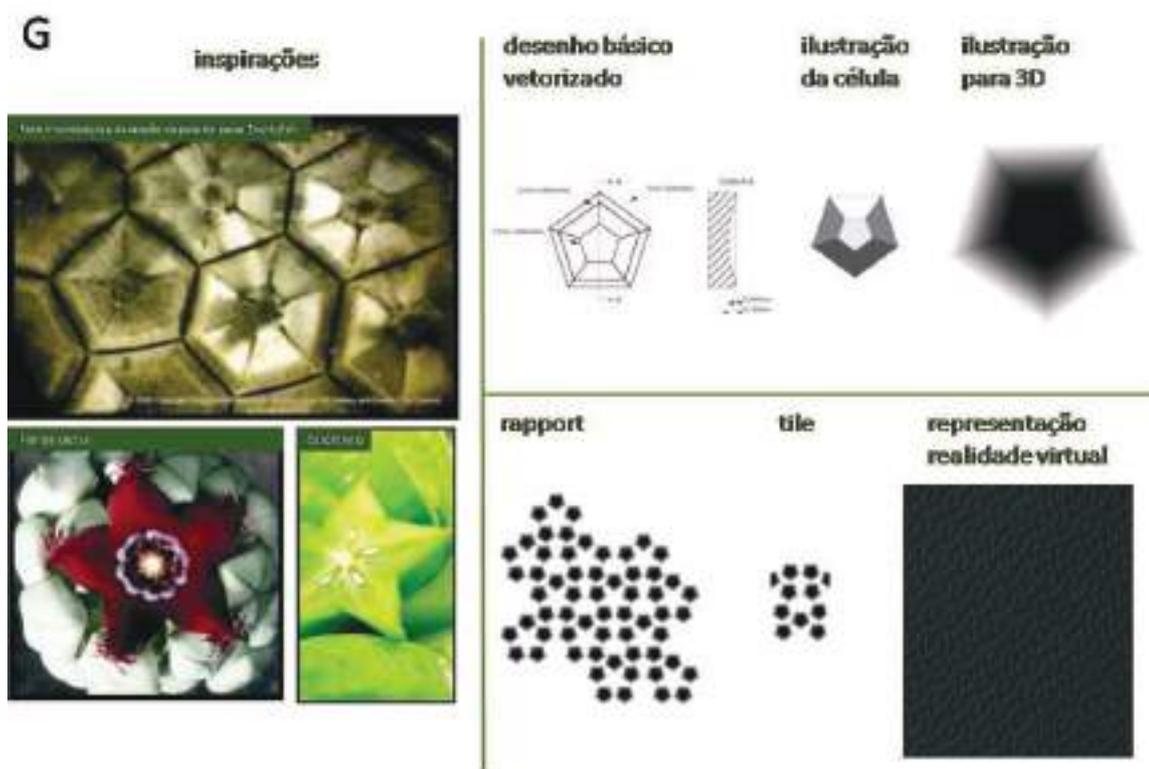
Fonte: o autor, a partir de estudos estético-formais

Figura 17 - desenhos bidimensionais para desenvolvimento da textura F



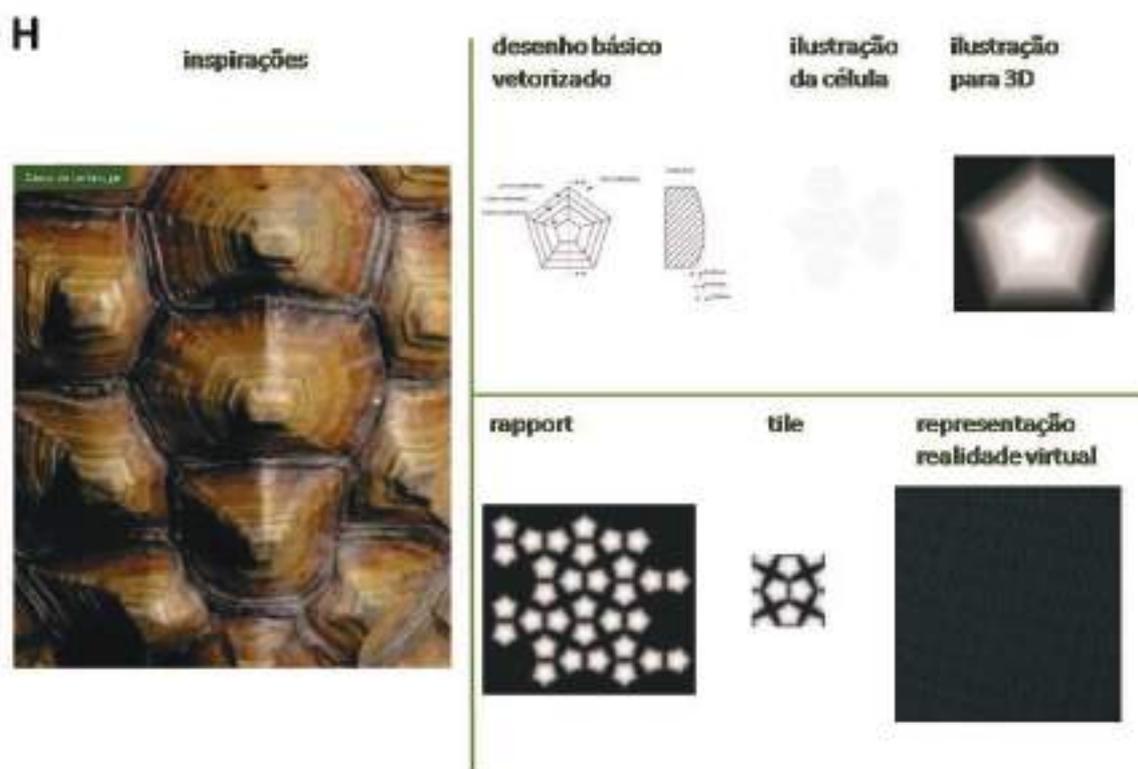
Fonte: o autor, a partir de estudos estético-formais

Figura 18 -desenhos bidimensionais para desenvolvimento da textura G



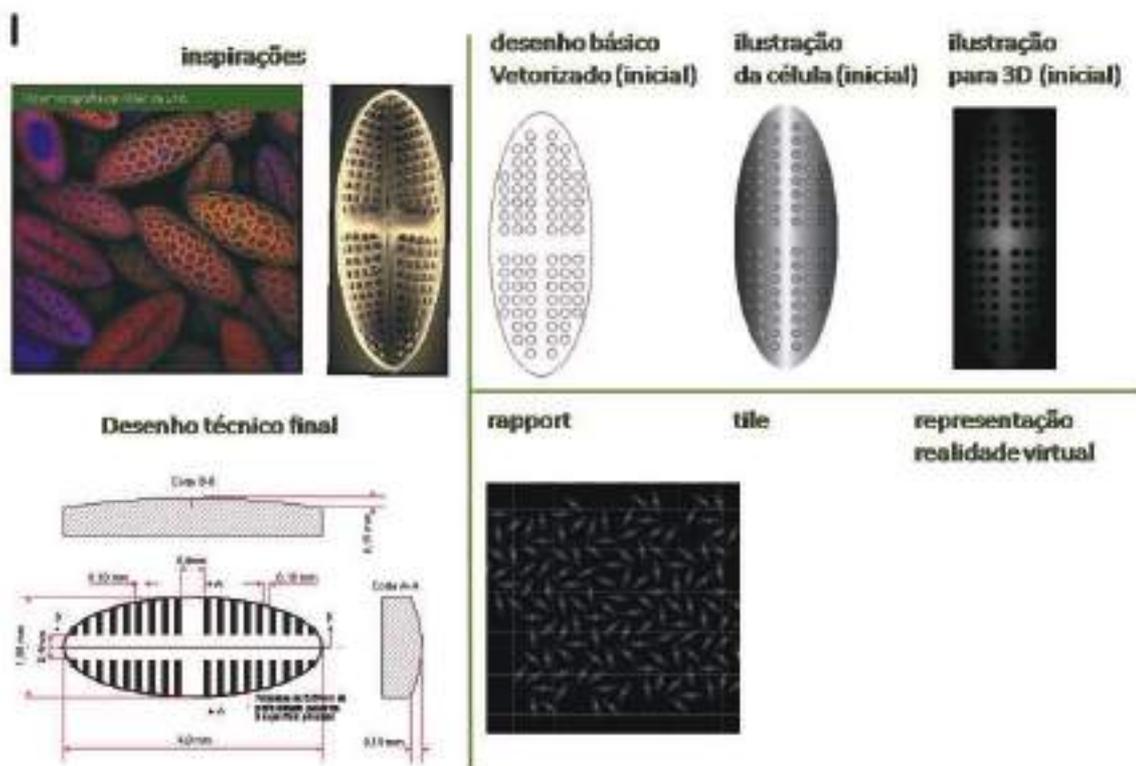
Fonte: o autor, a partir de estudos estético-formais

Figura 19 - desenhos bidimensionais para desenvolvimento da textura H



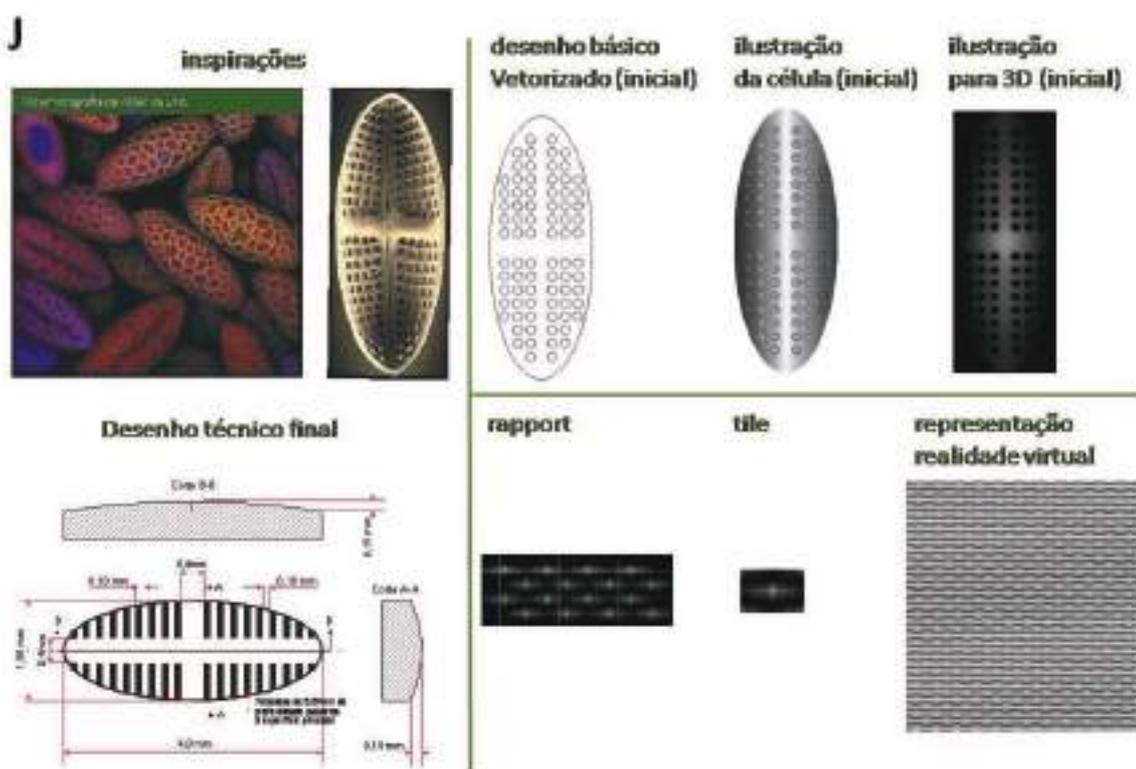
Fonte: o autor, a partir de estudos estético-formais

Figura 20 - desenhos bidimensionais para desenvolvimento da textura I



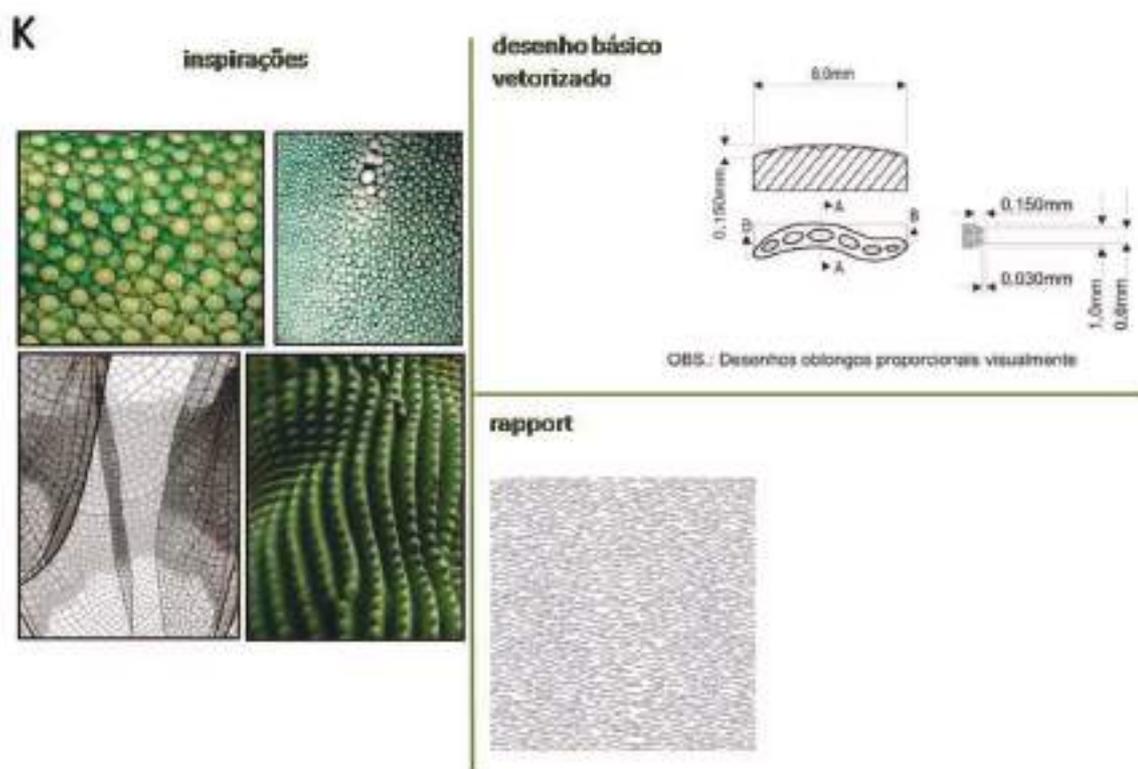
Fonte: o autor, a partir de estudos estético-formais

Figura 21 - desenhos bidimensionais para desenvolvimento da textura J



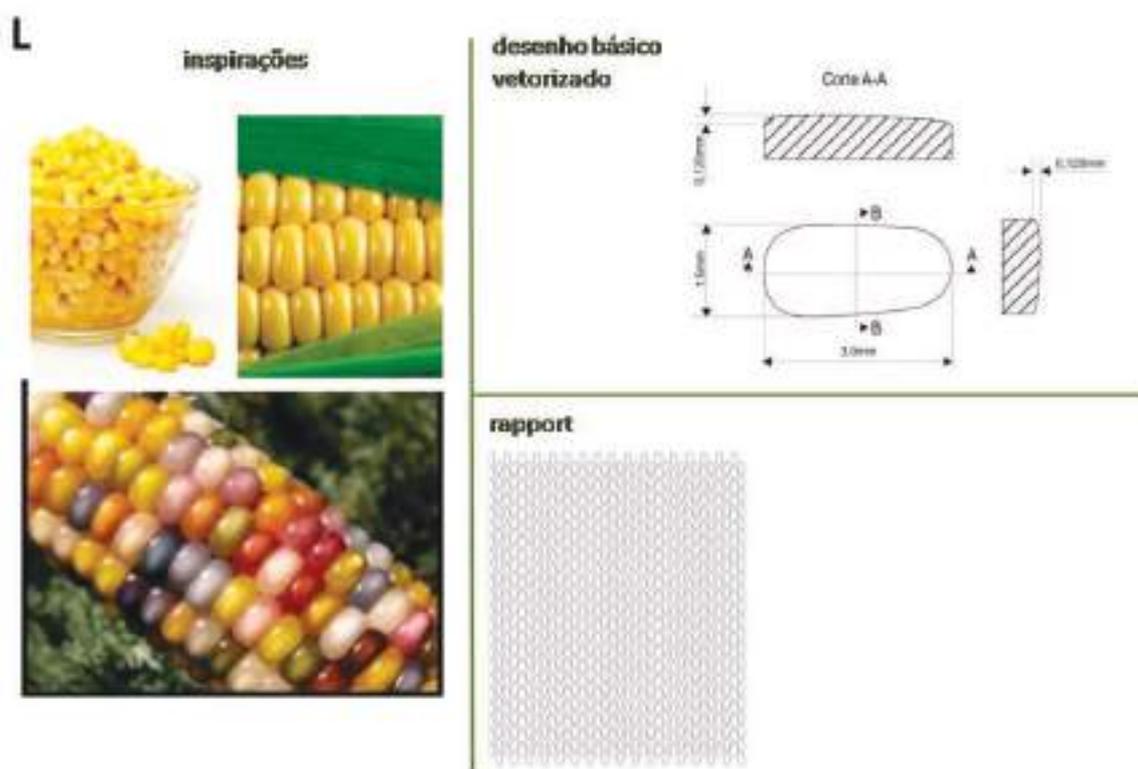
Fonte: o autor, a partir de estudos estético-formais

Figura 22 - desenhos bidimensionais para desenvolvimento da textura K



Fonte: o autor, a partir de estudos estético-formais

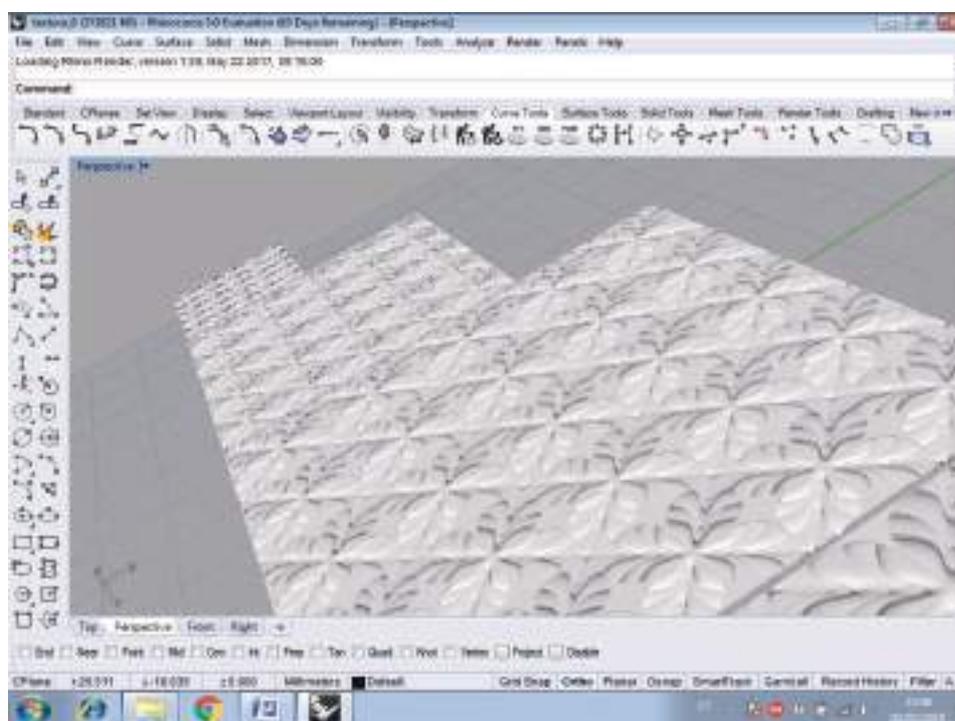
Figura 23 - desenhos bidimensionais para desenvolvimento da textura L



Fonte: o autor, a partir de estudos estético-formais

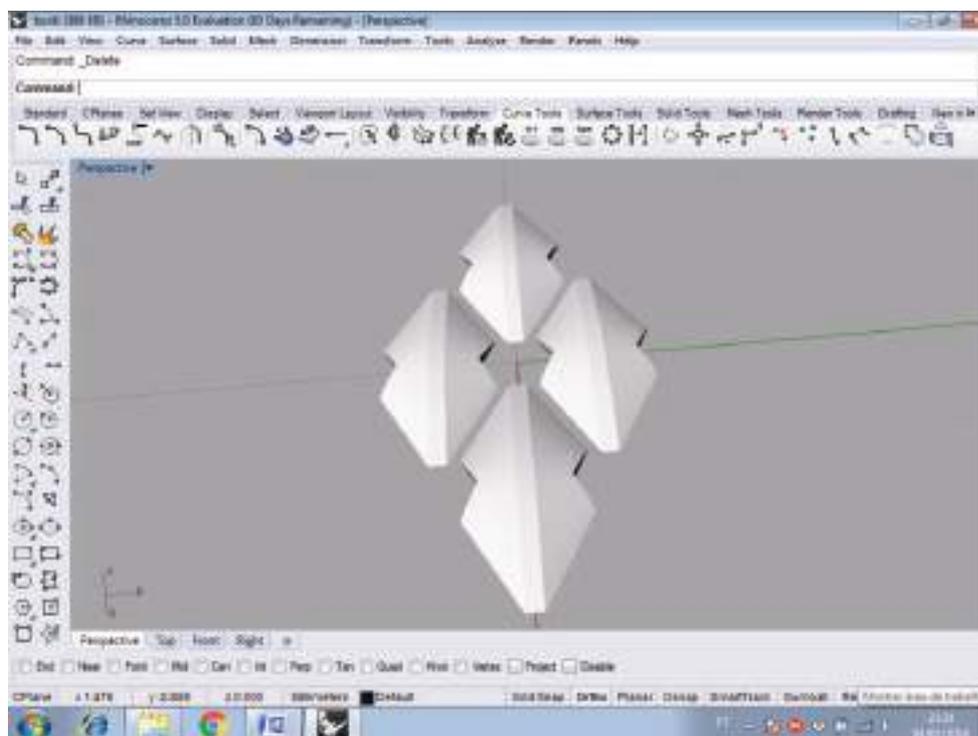
APÊNDICE VI – MODELAGEM 3D DAS TEXTURAS DESENVOLVIDAS

Figura 25 - imagem da modelagem 3D da textura B



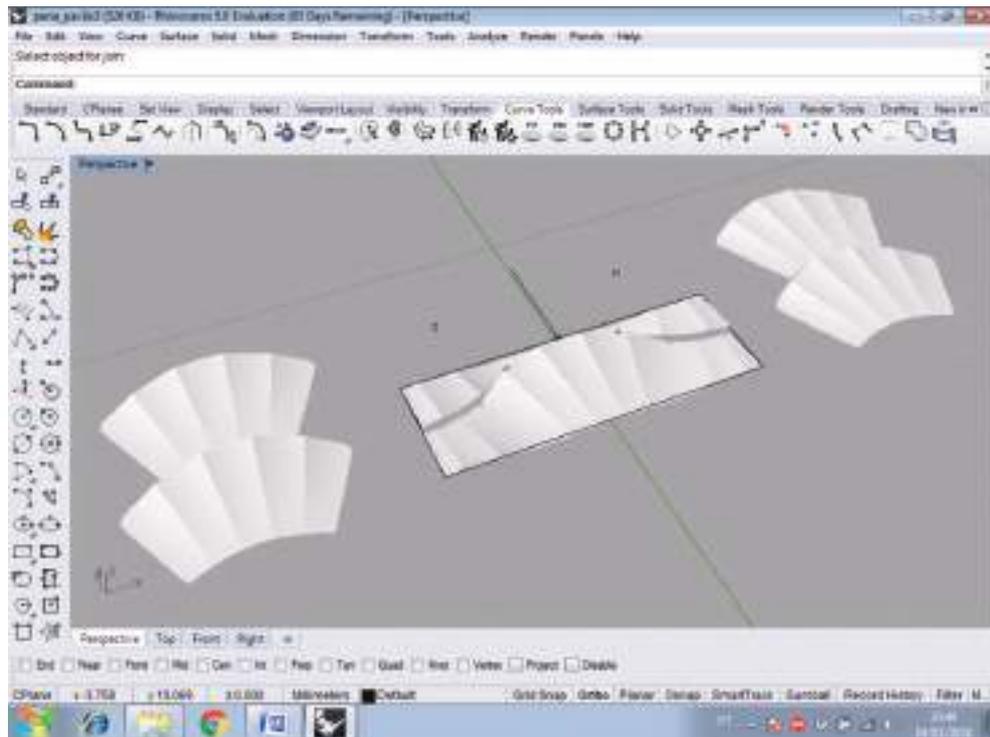
Fonte: o autor, a partir da modelagem virtual 3D

Figura 26 - imagem da modelagem 3D da textura C



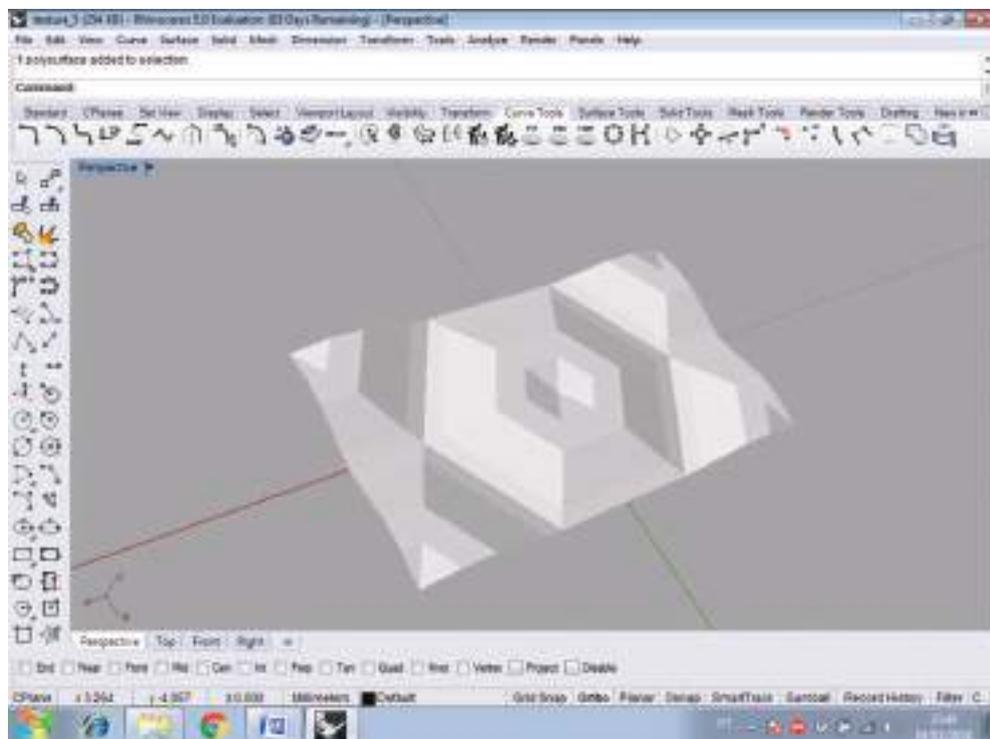
Fonte: o autor, a partir da modelagem virtual 3D

Figura 27 - imagem da modelagem 3D da textura D

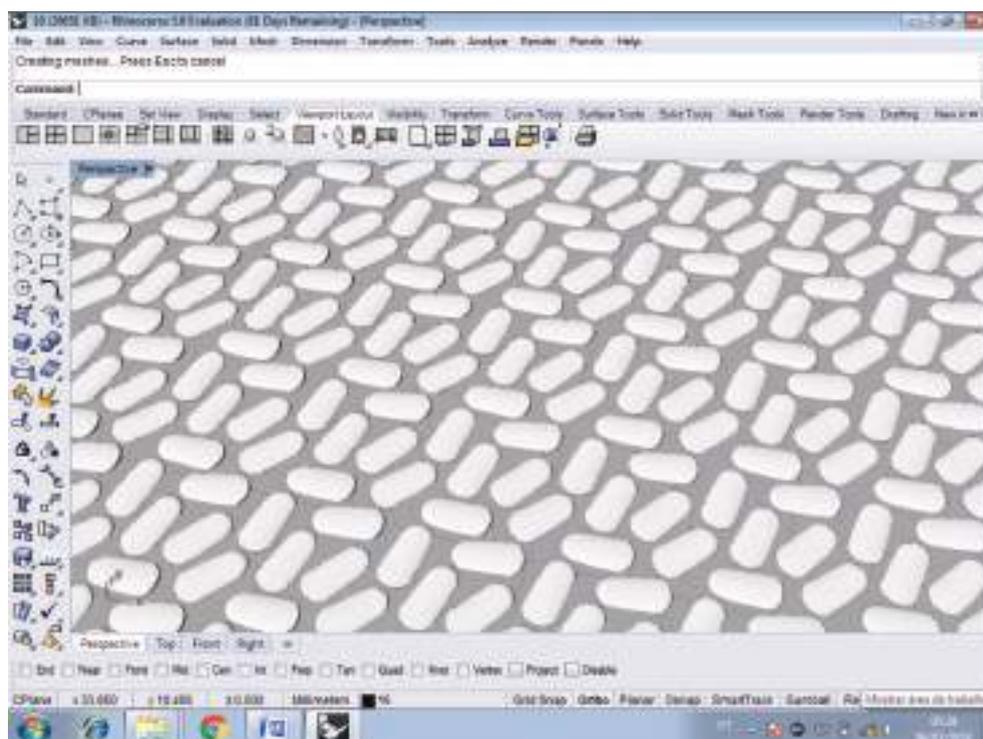


Fonte: o autor, a partir da modelagem virtual 3D

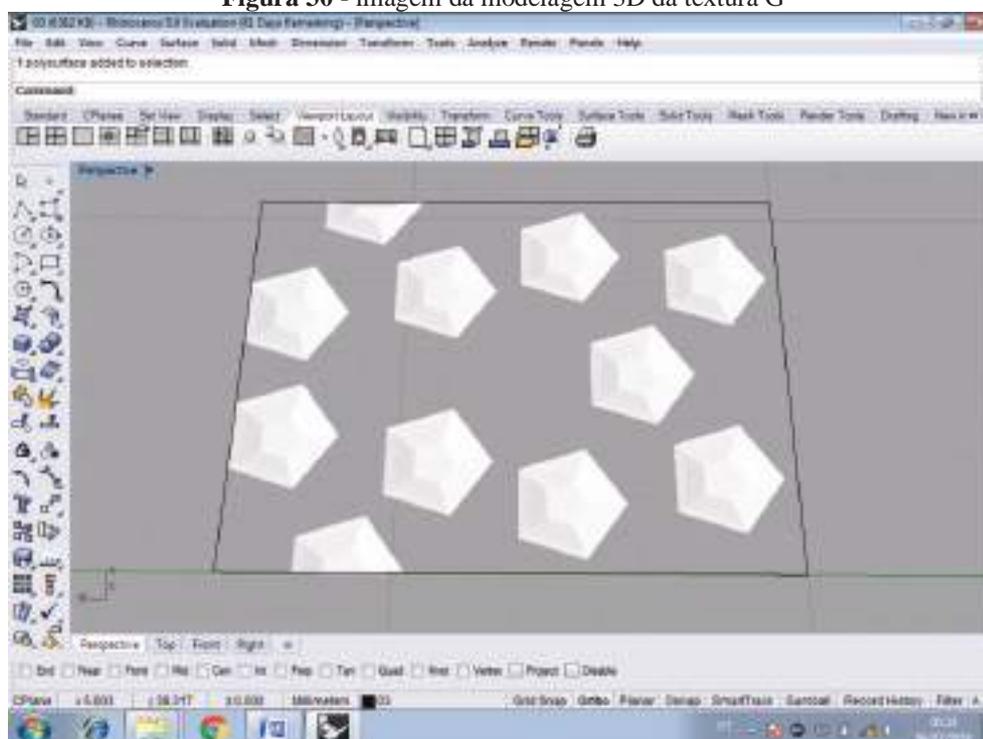
Figura 28 - imagem da modelagem 3D da textura E



Fonte: o autor, a partir da modelagem virtual 3D

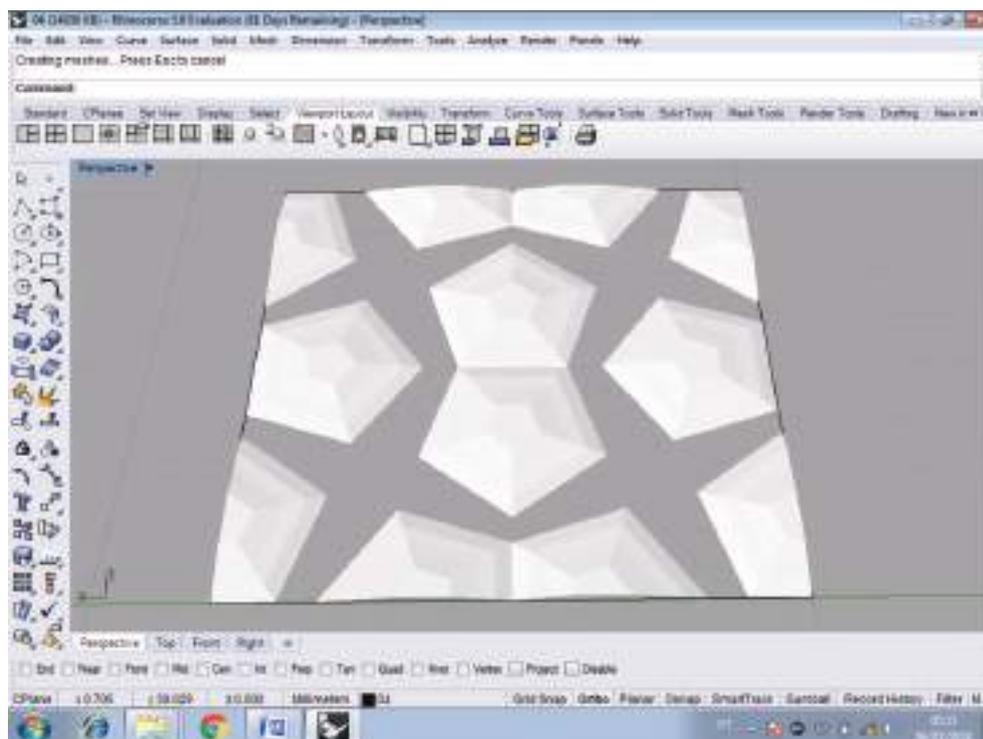
Figura 29 - imagem da modelagem 3D da textura F

Fonte: o autor, a partir da modelagem virtual 3D

Figura 30 - imagem da modelagem 3D da textura G

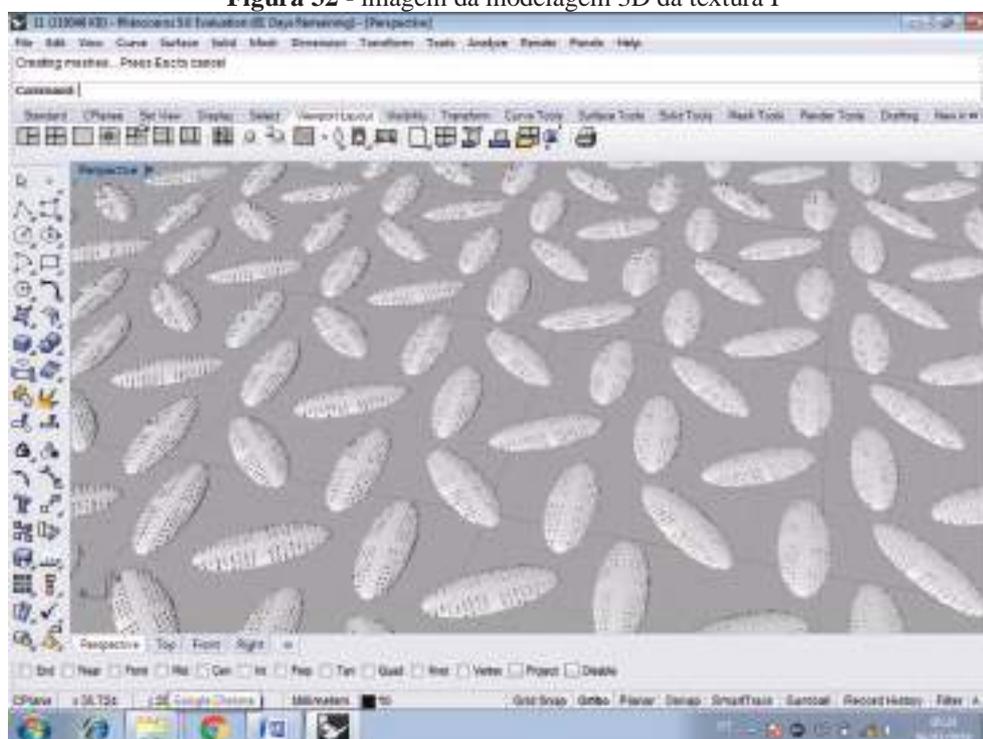
Fonte: o autor, a partir da modelagem virtual 3D

Figura 31 - imagem da modelagem 3D da textura H



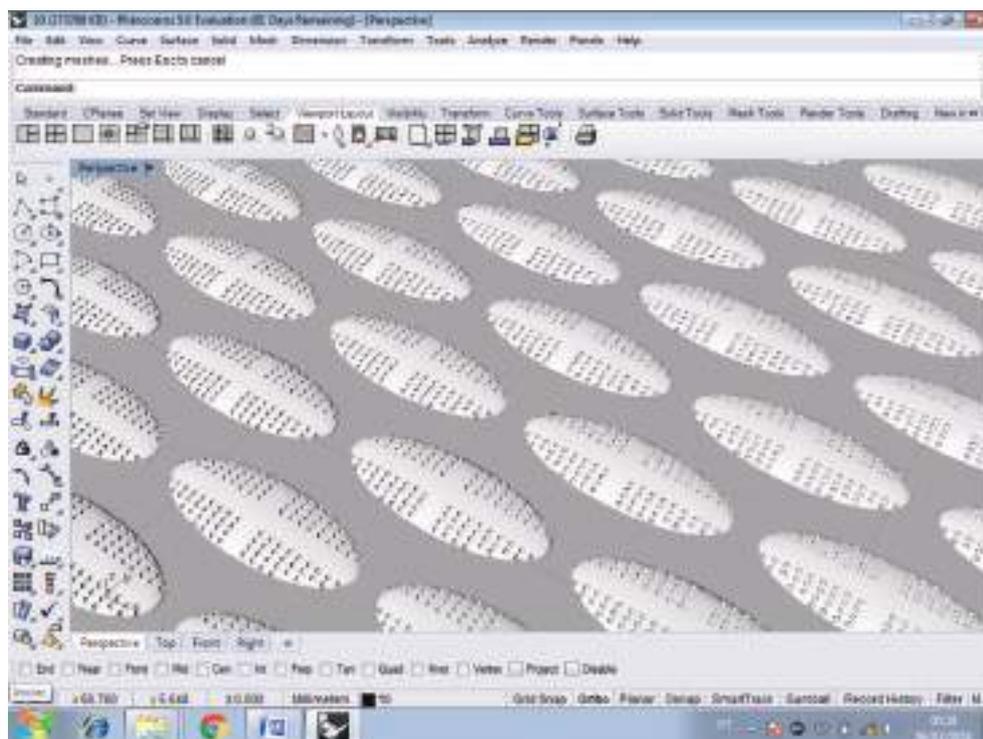
Fonte: o autor, a partir da modelagem virtual 3D

Figura 32 - imagem da modelagem 3D da textura I



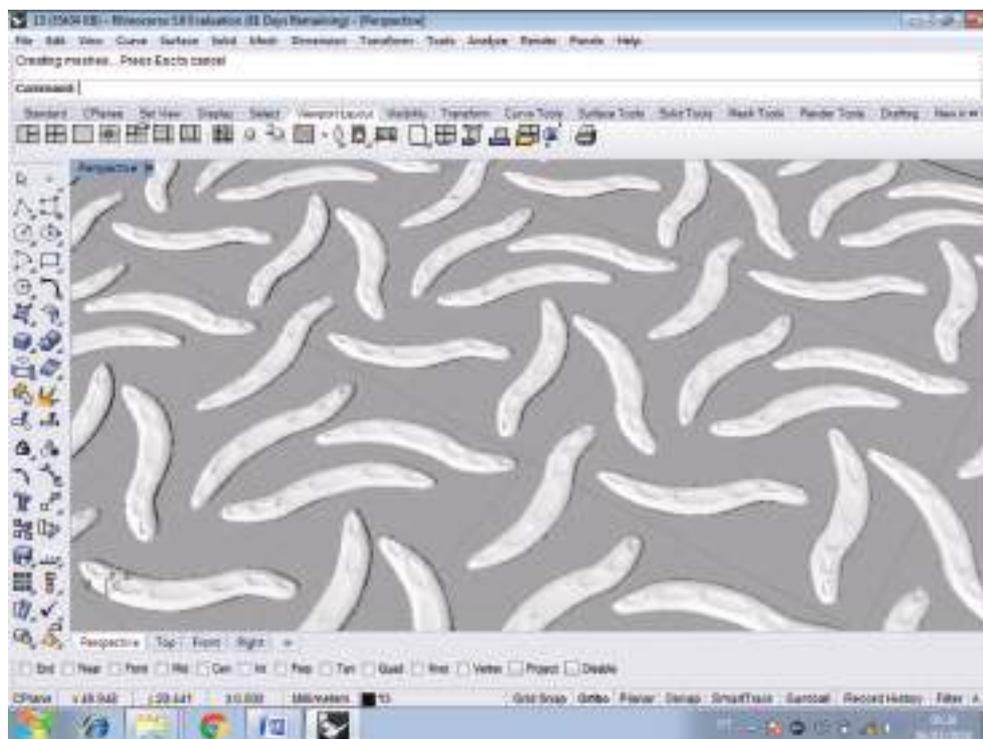
Fonte: o autor, a partir da modelagem virtual 3D

Figura 33 - imagem da modelagem 3D da textura J



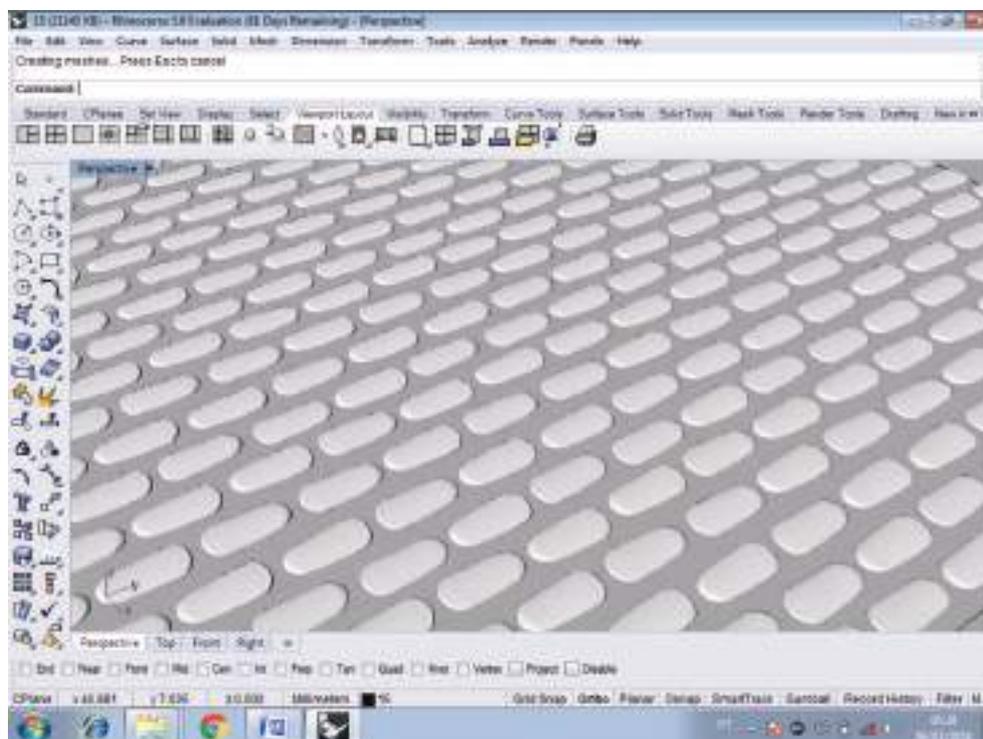
Fonte: o autor, a partir da modelagem virtual 3D

Figura 34 - imagem da modelagem 3D da textura K



Fonte: o autor, a partir da modelagem virtual 3D

Figura 35 - imagem da modelagem 3D da textura L

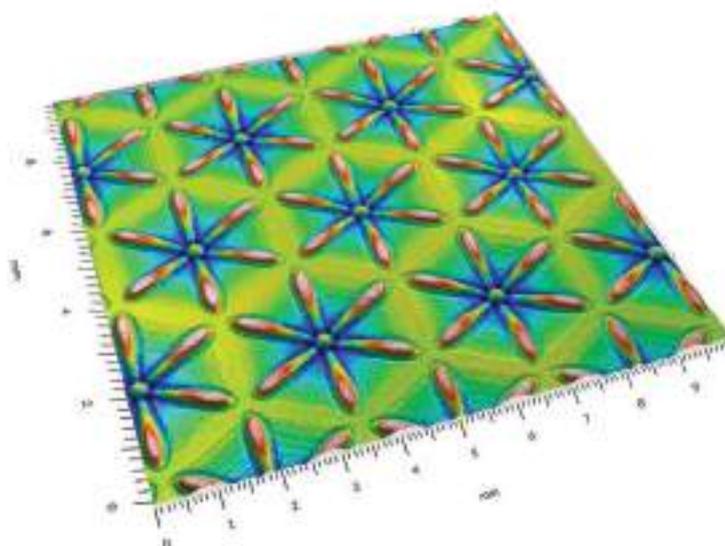


Fonte: o autor, a partir da modelagem virtual 3D

APÊNDICE VII – RELATÓRIOS DE MEDIÇÃO PERFILÔMETRO ÓTICO

TEXTURA A - LASER

Representação tridimensional*



Identificação

Nome: 411
Data: 26/07/2022

Equipamento: 800: 2014HD Scanner
Resolução: 3000µm
Software: MicroMeMag®

Ex: 8
Comprimento: 10.0 mm
Espessura: 0.0056 mm

Ex: 9
Comprimento: 10.0 mm
Espessura: 0.0056 mm

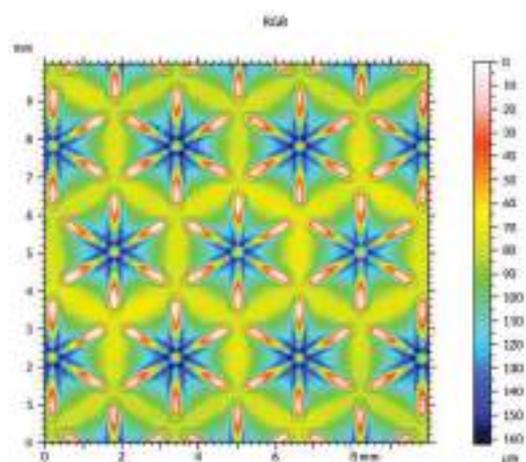
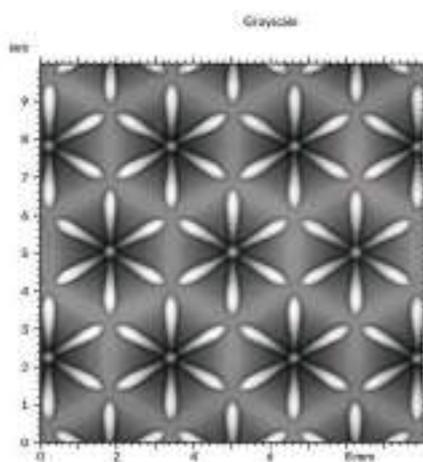
Observações:
Filtragem de fundo:
• Remoção de fundo (por desvio 2)
• Remoção de ruído (desvio 3)

*Dados aqui fixados com melhor visualização

4/7

TEXTURA A - LASER

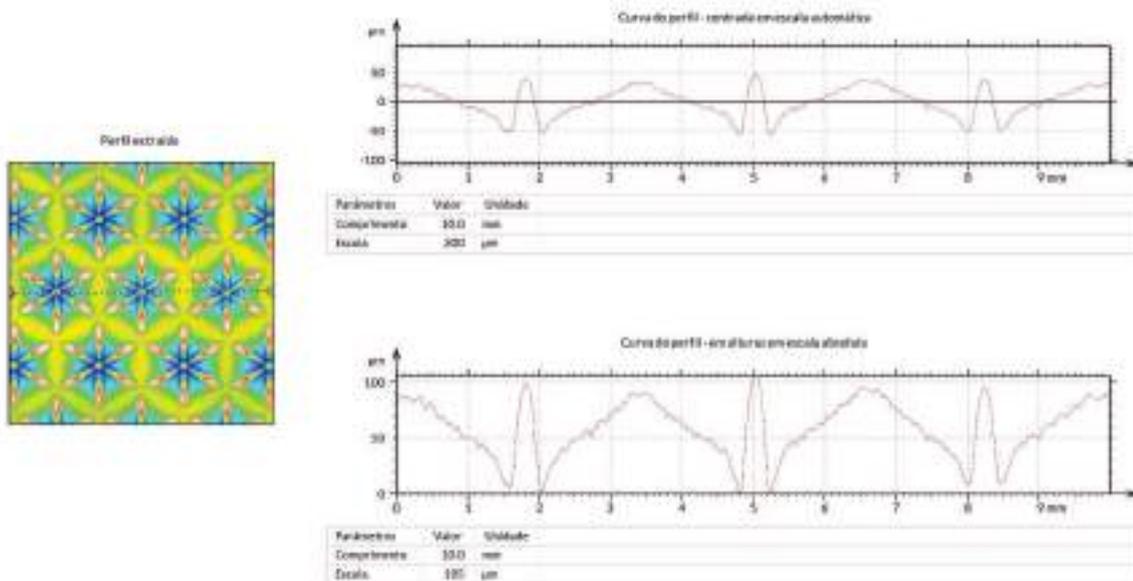
Representação topográfica



4/7

TEXTURA A - LASER

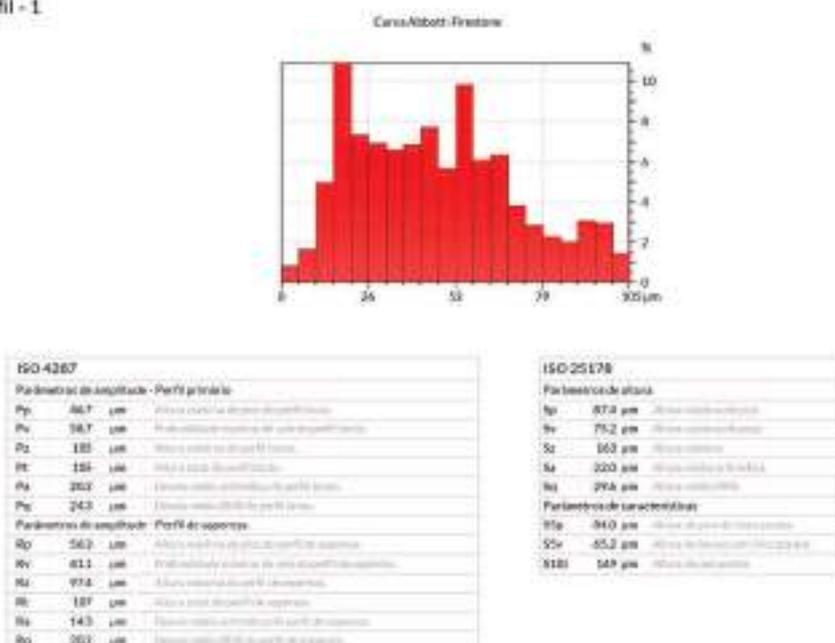
Análise de perfil - 1



3/7

TEXTURA A - LASER

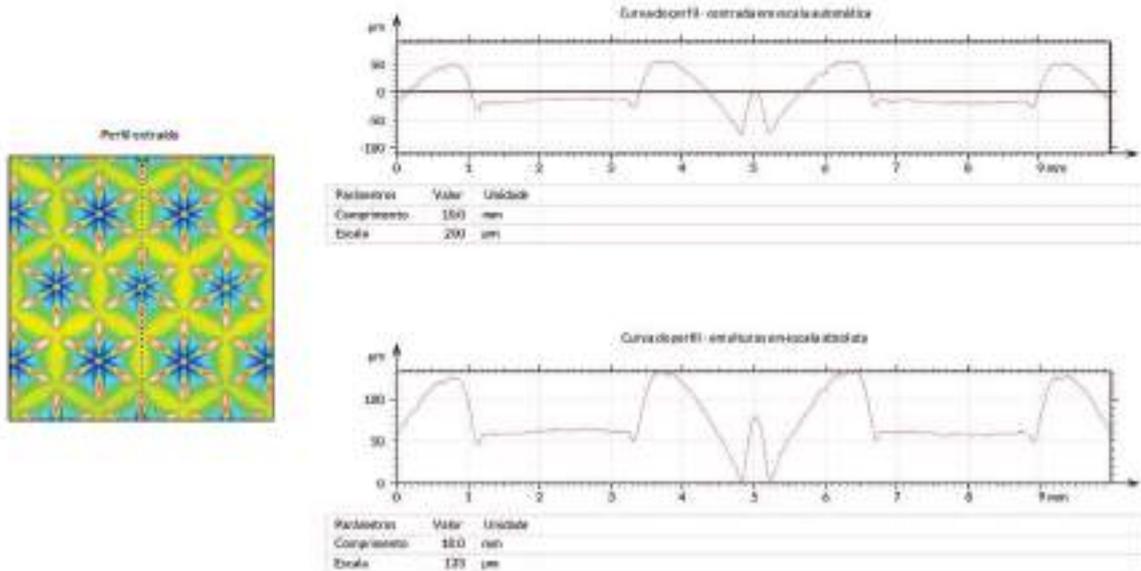
Análise de perfil - 1



4/7

TEXTURA A - LASER

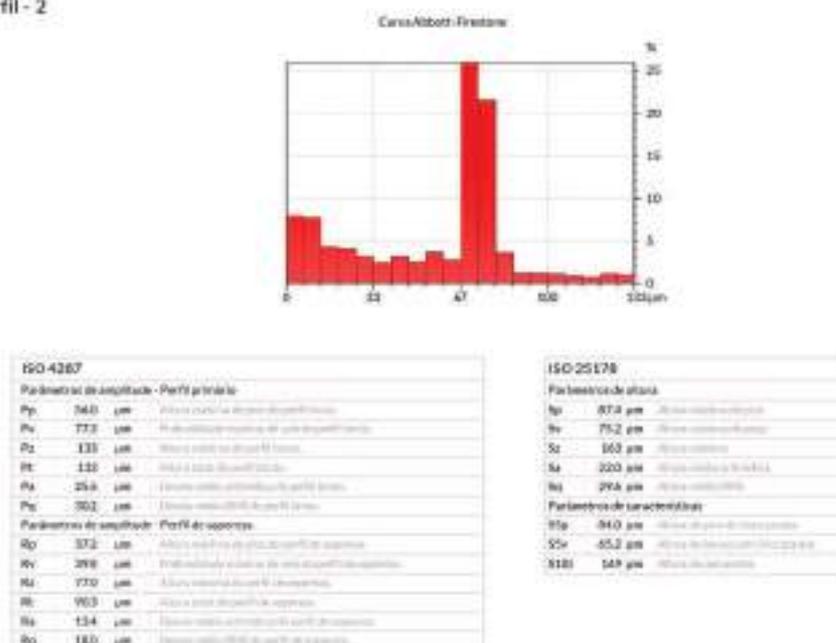
Análise de perfil - 2



5/7

TEXTURA A - LASER

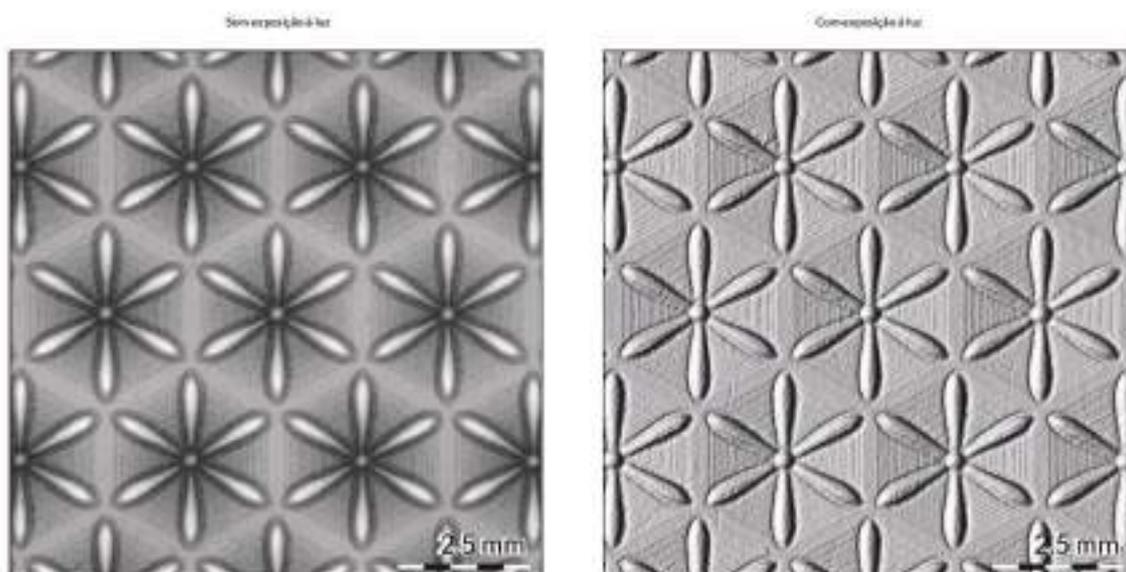
Análise de perfil - 2



6/7

TEXTURA A - LASER

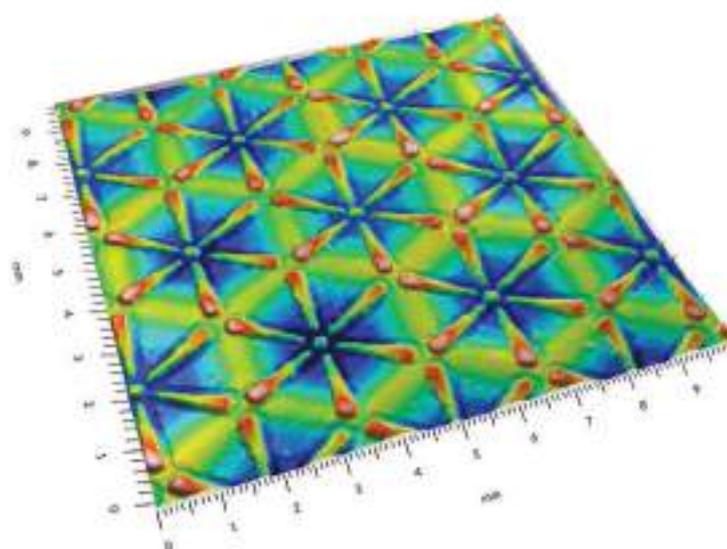
Visualização foto-realista



T/7

TEXTURA A - QUÍMICA

Representação tridimensional*



Identificação

Nome: A1Q
Criado em: 25/07/2008

Equipamento: AMO 300UM-300
Resolução: 3000dpi
Software: MicroView 4.0

Eixo: X
Comprimento: 30.0 mm
Espessamento: 0.00041 mm

Eixo: Y
Comprimento: 30.0 mm
Espessamento: 0.00041 mm

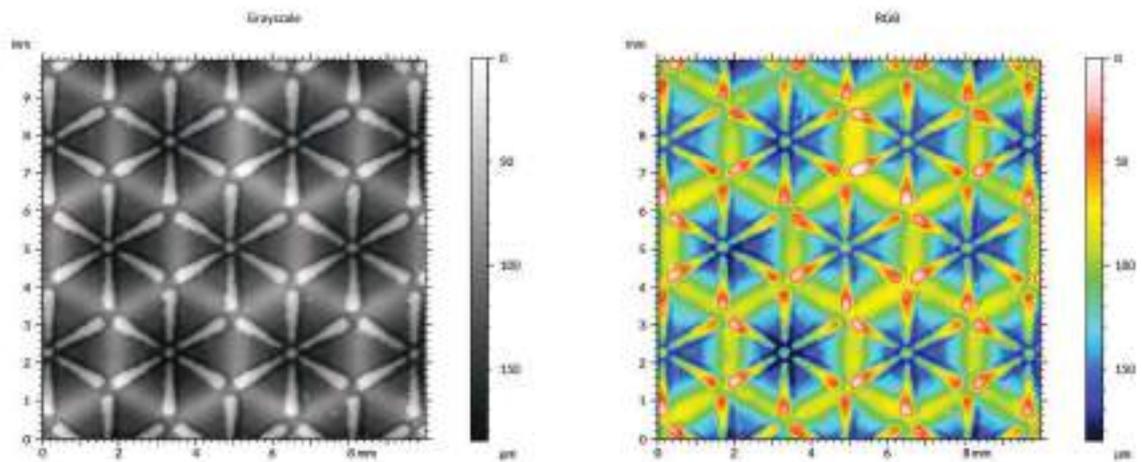
Observações:
* Filtragem utilizada:
• Remoção de ruído (pad. de grau 2)
• Remoção de ruído (avaliação 30%)

*Dados em 3D representados em 2D

L/7

TEXTURA A - QUÍMICA

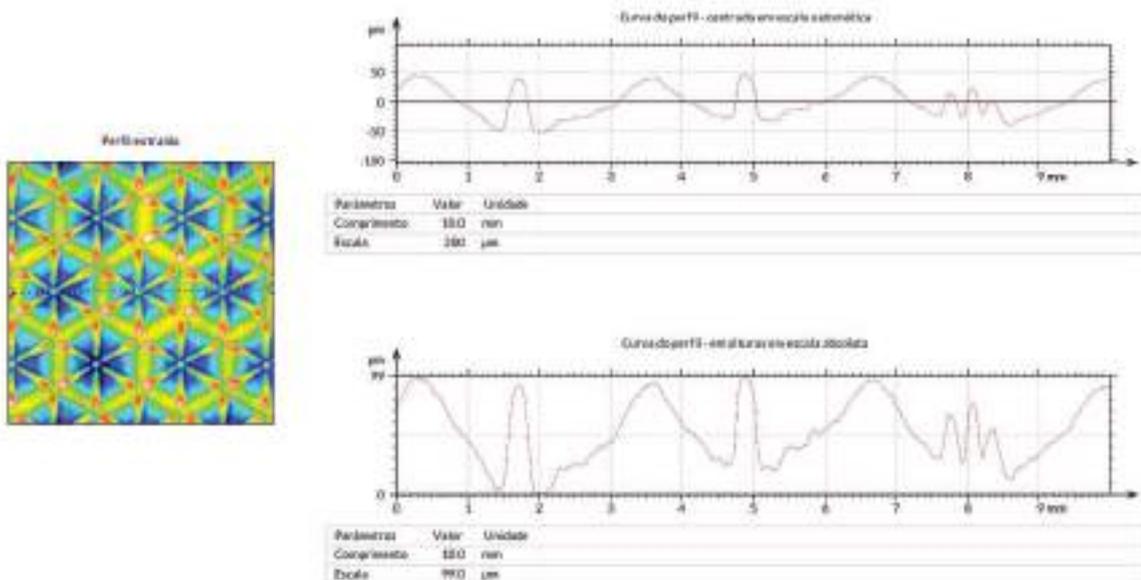
Representação topográfica



2/7

TEXTURA A - QUÍMICA

Análise de perfil - 1

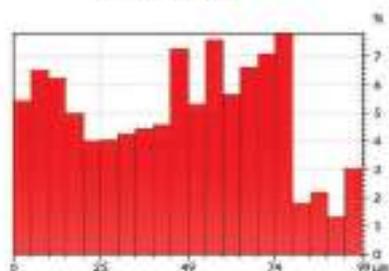


3/7

TEXTURA A - QUÍMICA

Análise de perfil - 1

Curva Abbott-Firestone



ISO 4287	
Parâmetros de amplitude - Perfil aritmético	
Pa	46,2 µm
Pv	52,6 µm
Pz	49,0 µm
Pt	89,0 µm
Pq	22,6 µm
Pq	26,4 µm
Parâmetros de amplitude - Perfil de espessura	
Sp	48,0 µm
Sv	38,2 µm
Sz	39,2 µm
Sq	19,2 µm
Sq	19,4 µm
Sa	15,7 µm
Sq	13,6 µm

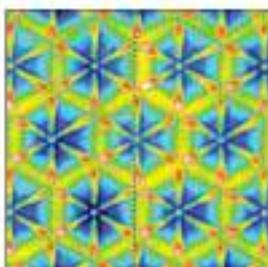
ISO 25178	
Parâmetros de altura	
Sp	130 µm
Sv	74,6 µm
Sz	180 µm
Sa	26,1 µm
Sq	34,0 µm
Parâmetros de características	
S5q	33,5 µm
S5v	50,0 µm
S5z	154 µm

4/7

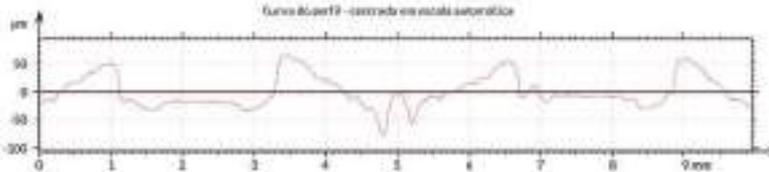
TEXTURA A - QUÍMICA

Análise de perfil - 2

Perfil extraído

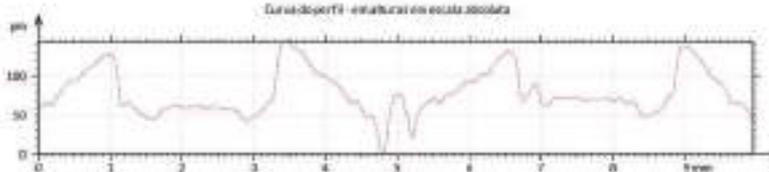


Curva do perfil - extraída em escala automática



Parâmetros	Valor	Unidade
Comprimento	9,56	mm
Escala	200	µm

Curva do perfil - extraída em escala absoluta

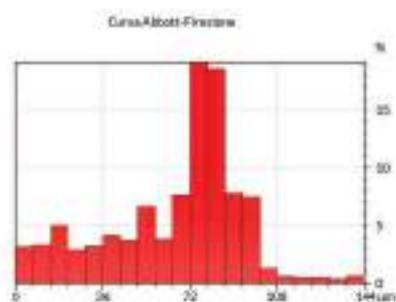


Parâmetros	Valor	Unidade
Comprimento	9,56	mm
Escala	100	µm

5/7

TEXTURA A - QUÍMICA

Análise de perfil - 2

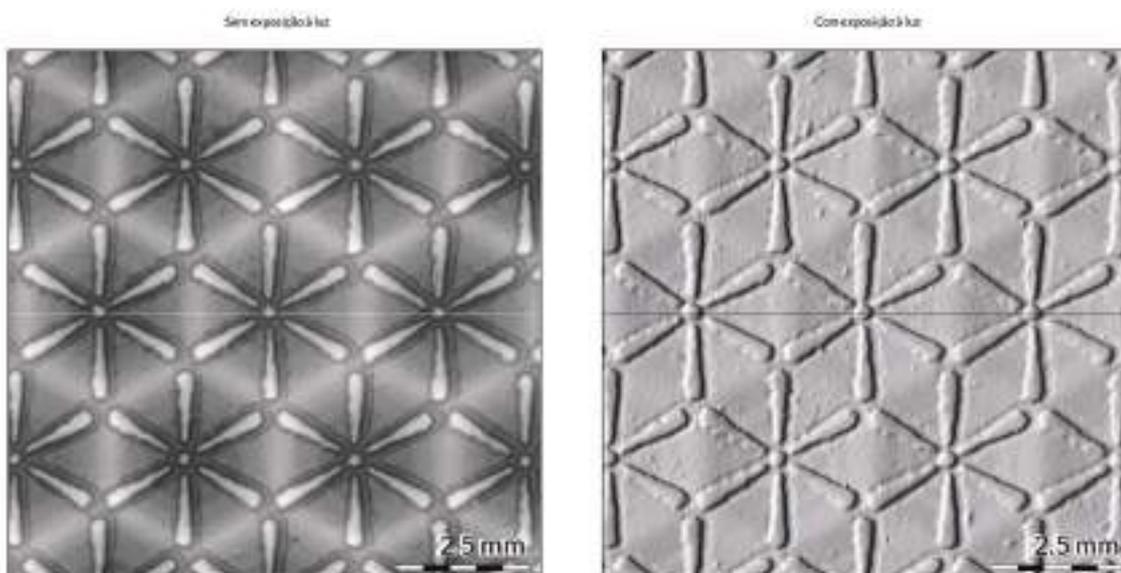


ISO 4287		ISO 25178	
Parâmetros de amplitude - Perfil aritmético		Parâmetros de altura	
Pa	66,2 µm	Sp	130 µm
Pv	77,9 µm	Sv	74,6 µm
Pz	144 µm	Sc	189 µm
Pt	144 µm	Sa	26,1 µm
Pq	22,5 µm	Sq	34,6 µm
Pq	22,7 µm	Parâmetros de características	
Parâmetros de amplitude - Perfil de espessura		Sse	33,6 µm
Sp	38,3 µm	Ssv	50,0 µm
Sv	45,7 µm	SSt	154 µm
Sz	79,0 µm		
Sx	107 µm		
Sy	110 µm		
Sz	18,2 µm		

6/7

TEXTURA A - QUÍMICA

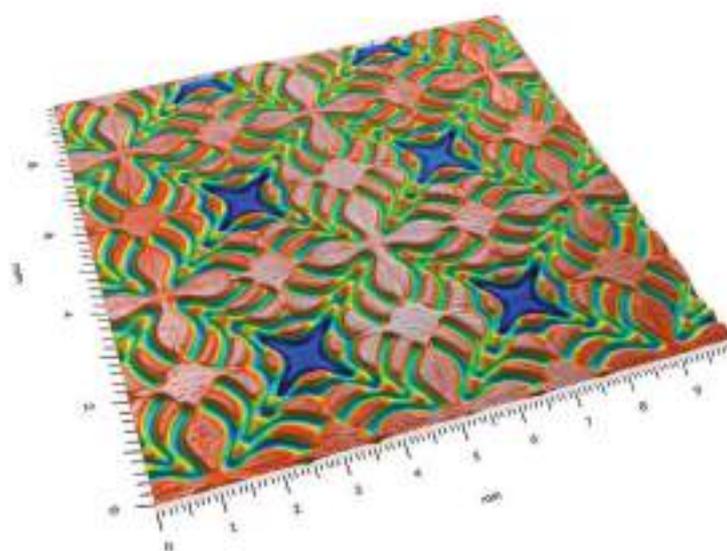
Visualização foto-realista



7/7

TEXTURA B - LASER

Representação tridimensional*



Identificação

Nome: B2L
Data: em: 25/07/2018

Equipamento: 800: 2014 HE Scanner
Resolução: 3000dpi
Software: MountainsMap®

Eixo: X
Comprimento: 15.0 mm
Espacamento: 0.00646 mm

Eixo: Y
Comprimento: 15.0 mm
Espacamento: 0.00646 mm

Observações:

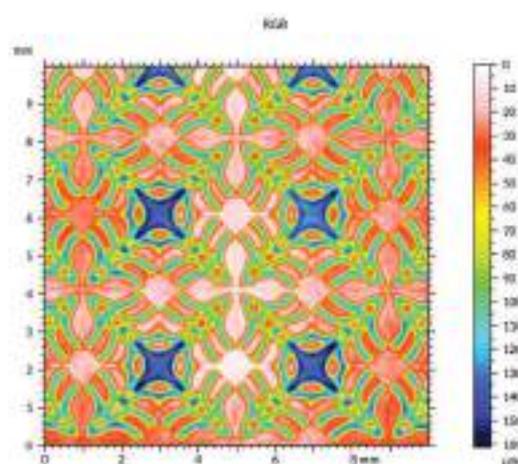
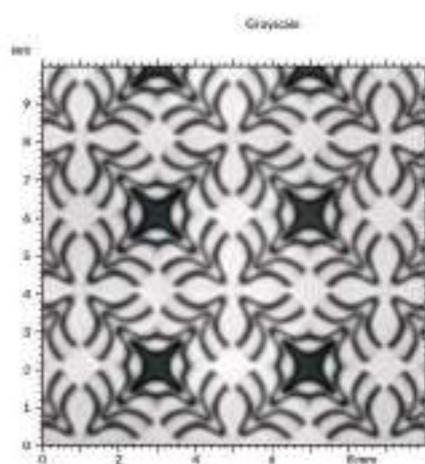
- Filtragem utilizada:
- Remoção de fundo (ped. de grau 2)
- Remoção de ruído (mediana 3x3)

*Dados aqui fixados para melhor visualização

1/7

TEXTURA B - LASER

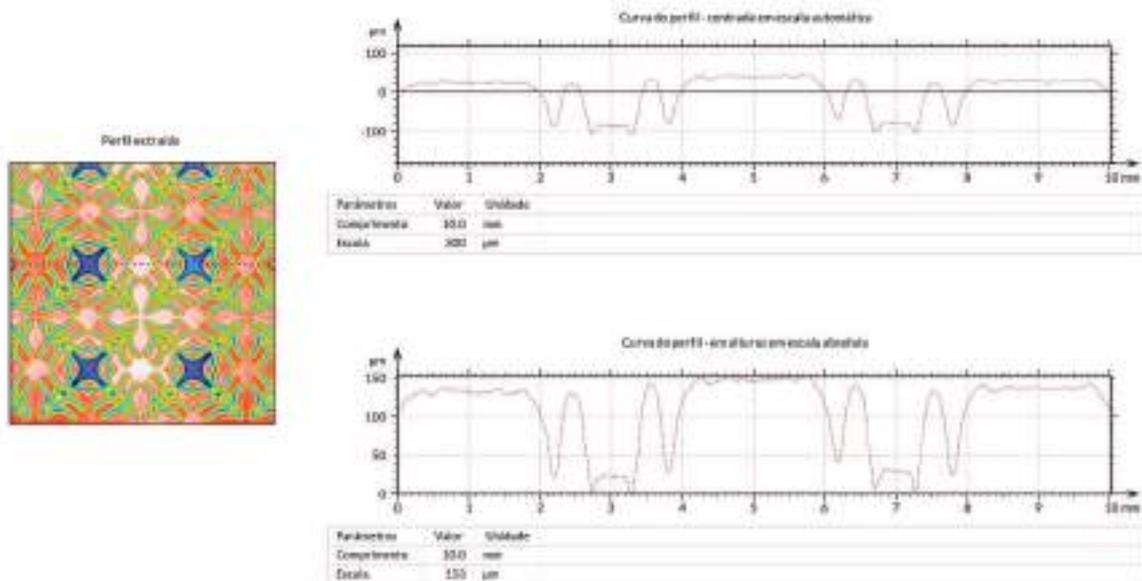
Representação topográfica



2/7

TEXTURA B - LASER

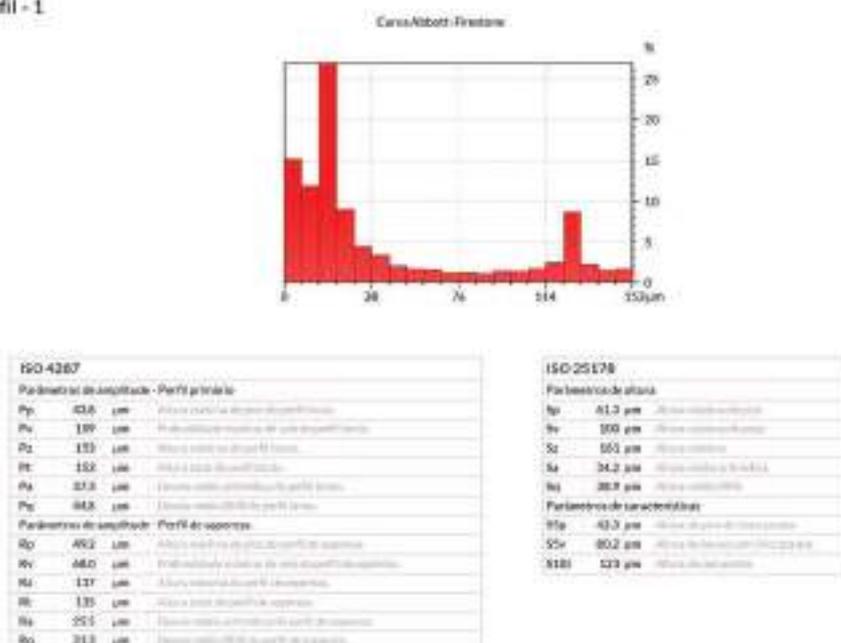
Análise de perfil - 1



3/7

TEXTURA B - LASER

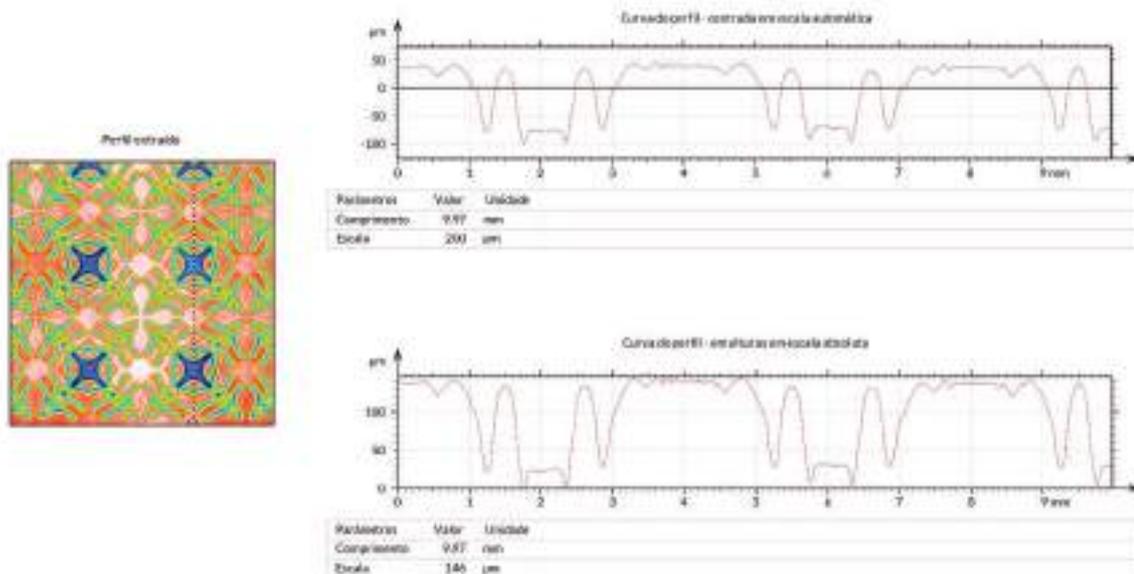
Análise de perfil - 1



4/7

TEXTURA B - LASER

Análise de perfil - 2

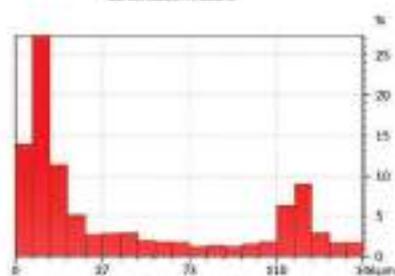


5/7

TEXTURA B - LASER

Análise de perfil - 2

Curva Abbott-Firestone



ISO 4287	
Parâmetros de amplitude - Perfil primário	
Sp	46,3 µm
St	99,9 µm
Pz	145 µm
PT	146 µm
Pa	407 µm
Pz	464 µm
Parâmetros de amplitude - Perfil de suporte	
Sz	59,9 µm
Stz	66,3 µm
Stz	126 µm
Stz	130 µm
Stz	246,6 µm
Stz	33,4 µm

ISO 25178	
Parâmetros de altura	
Sp	41,3 µm
St	100 µm
Sz	103 µm
Stz	34,2 µm
Stz	30,7 µm
Parâmetros de caracterização	
Stz	43,3 µm
Stz	80,2 µm
Stz	52,9 µm

6/7

TEXTURA B - LASER

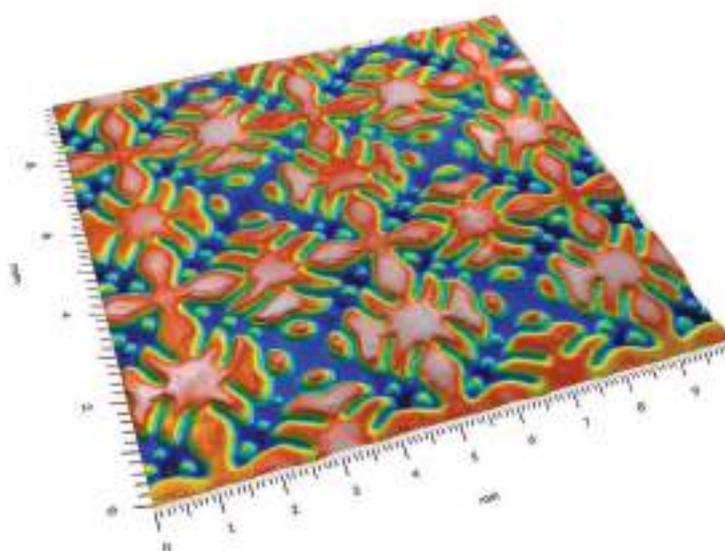
Visualização foto-realista



T/7

TEXTURA B - QUÍMICA

Representação tridimensional*



*Dados amplificados para melhor visualização

Identificação

Nome:	820
Criado em:	20/07/2018

Equipamento:	800 3014 HD Scanner
Resolução:	3000dpi
Software:	MicrosoftMag®

Exe:	8
Comprimento:	15.0 mm
Espessura:	0.0064 mm

Exe:	9
Comprimento:	15.0 mm
Espessura:	0.0064 mm

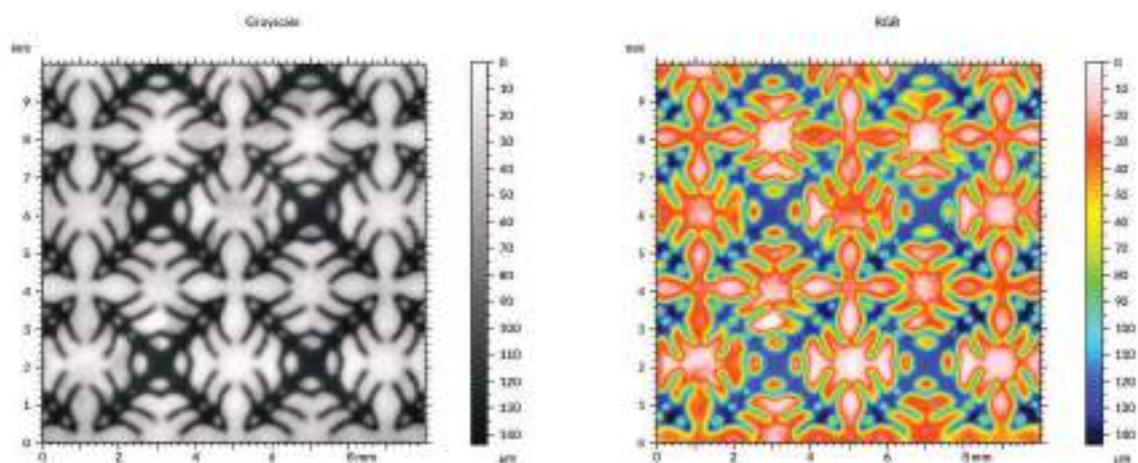
Observações:

- Filtração ultravioleta
- Formação de fono (pol. de grau 2)
- Formação de raios (medida 38,2)

L/7

TEXTURA B - QUÍMICA

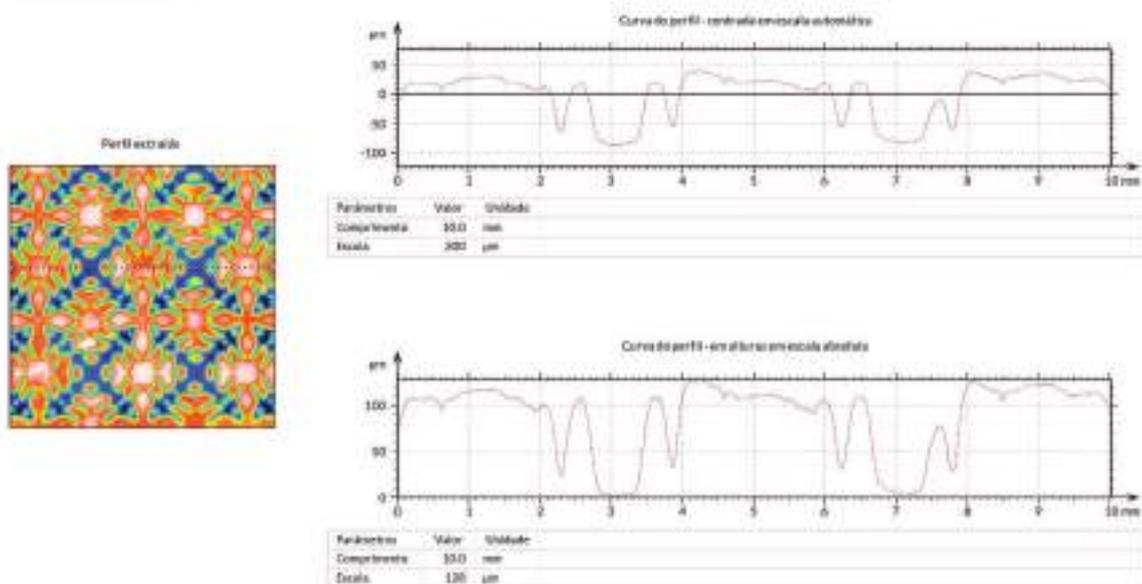
Representação topográfica



3/7

TEXTURA B - QUÍMICA

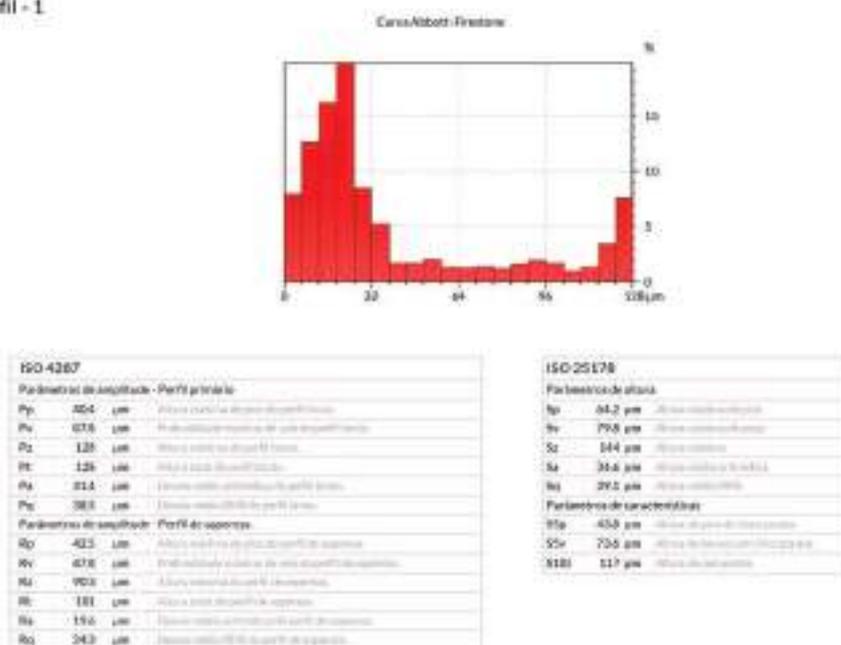
Análise de perfil - 1



3/7

TEXTURA B - QUÍMICA

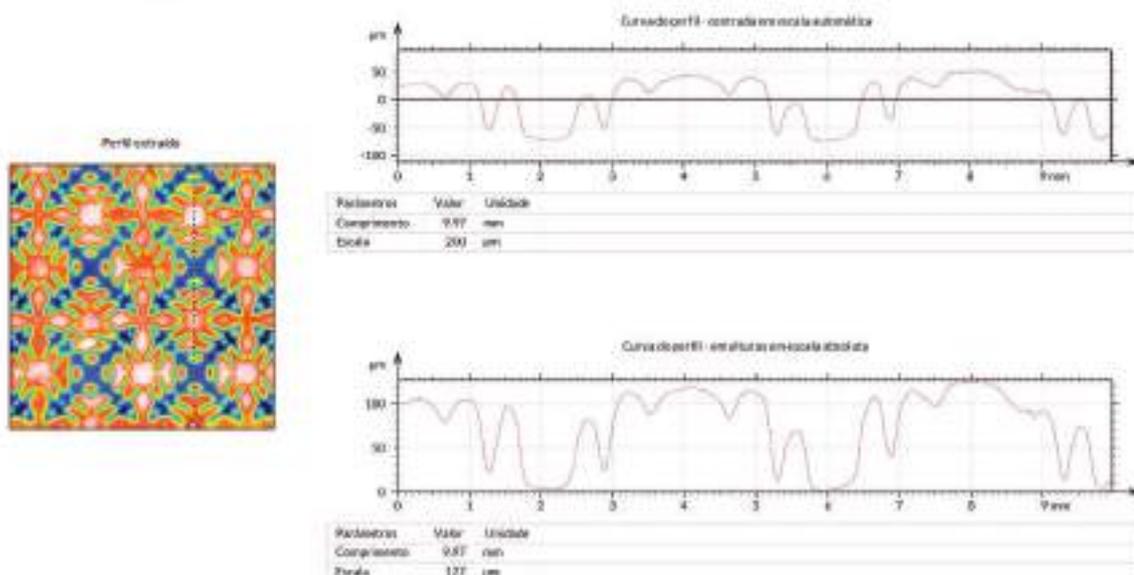
Análise de perfil - 1



4/7

TEXTURA B - QUÍMICA

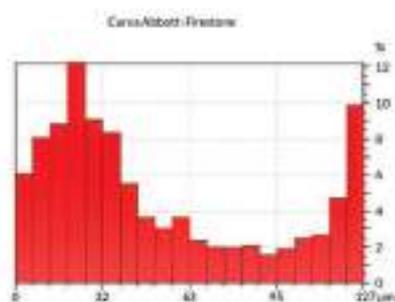
Análise de perfil - 2



5/7

TEXTURA B - QUÍMICA

Análise de perfil - 2



ISO 4287		
Parâmetros de amplitude - Perfil aritmético		
Pa	51,3 µm	Altura máxima do perfil aritmético
Pv	75,1 µm	Profundidade máxima do perfil aritmético
Pz	127 µm	Amplitude total do perfil aritmético
Pr	127 µm	Amplitude total do perfil aritmético
Pa	34,2 µm	Altura máxima do perfil aritmético
Pv	29,5 µm	Profundidade máxima do perfil aritmético
Parâmetros de amplitude - Perfil de rugosidade		
Rq	38,2 µm	Altura quadrática média do perfil de rugosidade
Rv	47,6 µm	Profundidade quadrática média do perfil de rugosidade
Rz	89,8 µm	Amplitude total do perfil de rugosidade
Rt	94,3 µm	Amplitude total do perfil de rugosidade
Ra	21,1 µm	Altura média do perfil de rugosidade
Rq	24,3 µm	Profundidade média do perfil de rugosidade

ISO 25178		
Parâmetros de altura		
Sp	64,2 µm	Altura máxima do perfil
Sv	79,8 µm	Profundidade máxima do perfil
Sz	144 µm	Amplitude total do perfil
Sa	34,4 µm	Altura máxima do perfil
Sv	29,2 µm	Profundidade máxima do perfil
Parâmetros de caracterização		
Stp	43,8 µm	Altura quadrática média do perfil
Szv	20,8 µm	Profundidade quadrática média do perfil
S100	11,7 µm	Altura média do perfil

6/7

TEXTURA B - QUÍMICA

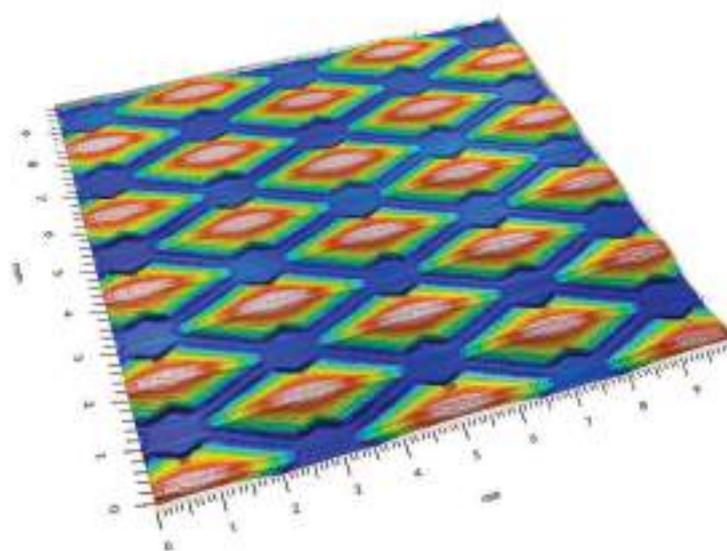
Visualização foto-realista



7/7

TEXTURA C - LASER

Representação tridimensional*



Identificação

Nome: C3L
Criado em: 25/07/2020

Equipamento: ATC 301443
Procedido: Scanner
Software: 3000a

Eixo: X
Comprimento: 30.0 mm
Espaçamento: 0.00046 mm

Eixo: Y
Comprimento: 30.0 mm
Espaçamento: 0.00046 mm

Observações:

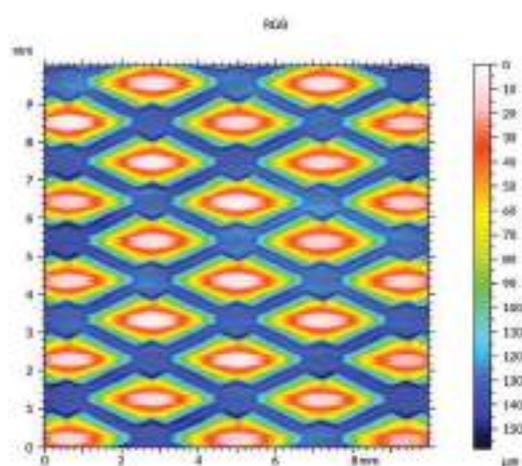
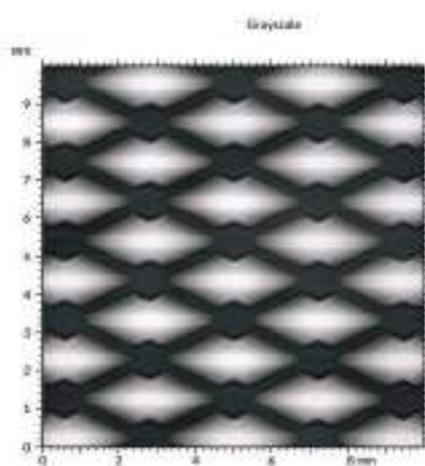
- Tratamento finalizado
- Remoção de forma (pat. de grão) 20
- Remoção de ruído (mediana 30x3)

*Dados amplificados apenas for visualização

1/7

TEXTURA C - LASER

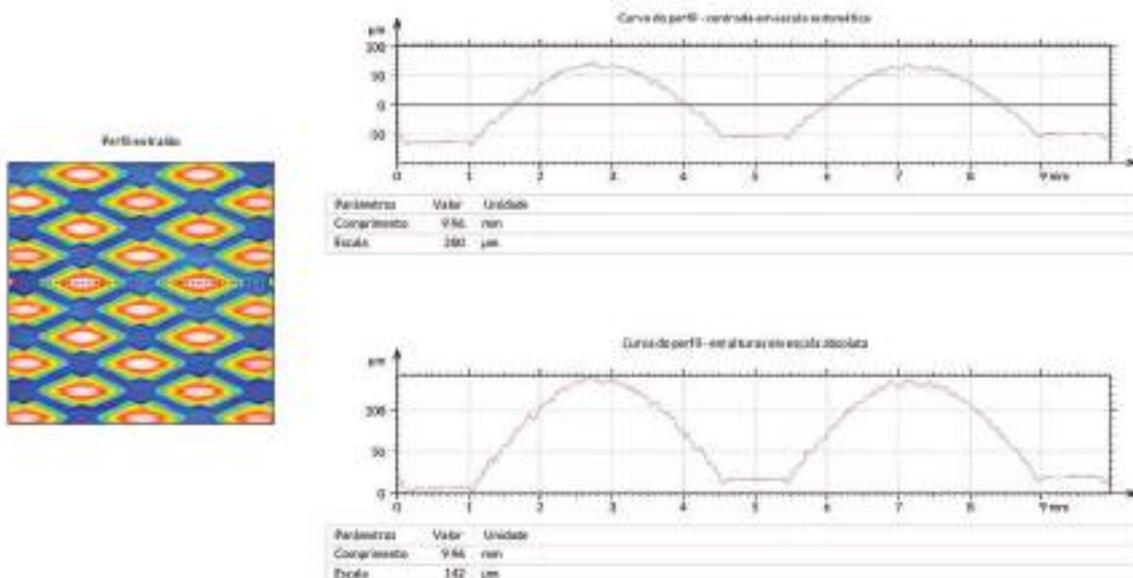
Representação topográfica



2/7

TEXTURA C - LASER

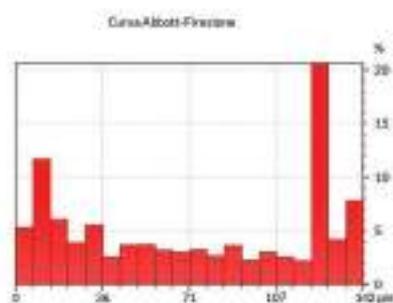
Análise de perfil - 1



3/7

TEXTURA C - LASER

Análise de perfil - 1



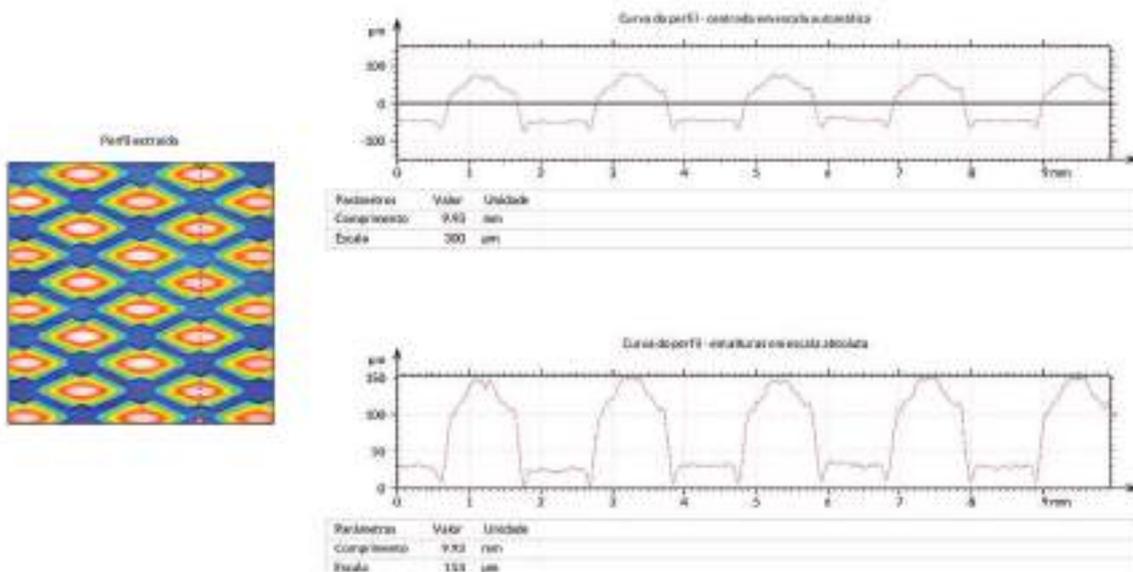
ISO 4287	
Parâmetros de amplitude - Perfil aritmético	
Ra	79,3 µm
Rz	98,7 µm
Rc	142 µm
Rt	142 µm
Rq	49,6 µm
Ry	67,6 µm
Parâmetros de amplitude - Perfil de rugosidade	
Rp	9,45 µm
Rv	15,4 µm
Rc	28,9 µm
Rt	39,6 µm
Rq	9,30 µm
Ry	9,51 µm

ISO 25178	
Parâmetros de altura	
Sa	91,6 µm
Sz	64,3 µm
Sc	138 µm
Sa	98,0 µm
Sq	49,2 µm
Parâmetros de rugosidade	
Sp	9,03 µm
Sv	15,9 µm
Sq	9,55 µm

4/7

TEXTURA C - LASER

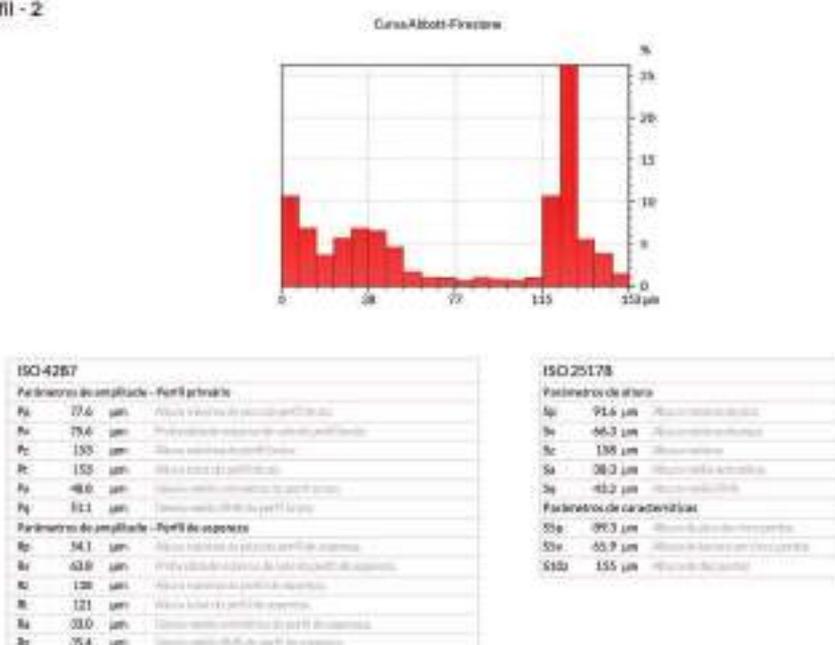
Análise de perfil - 2



5/7

TEXTURA C - LASER

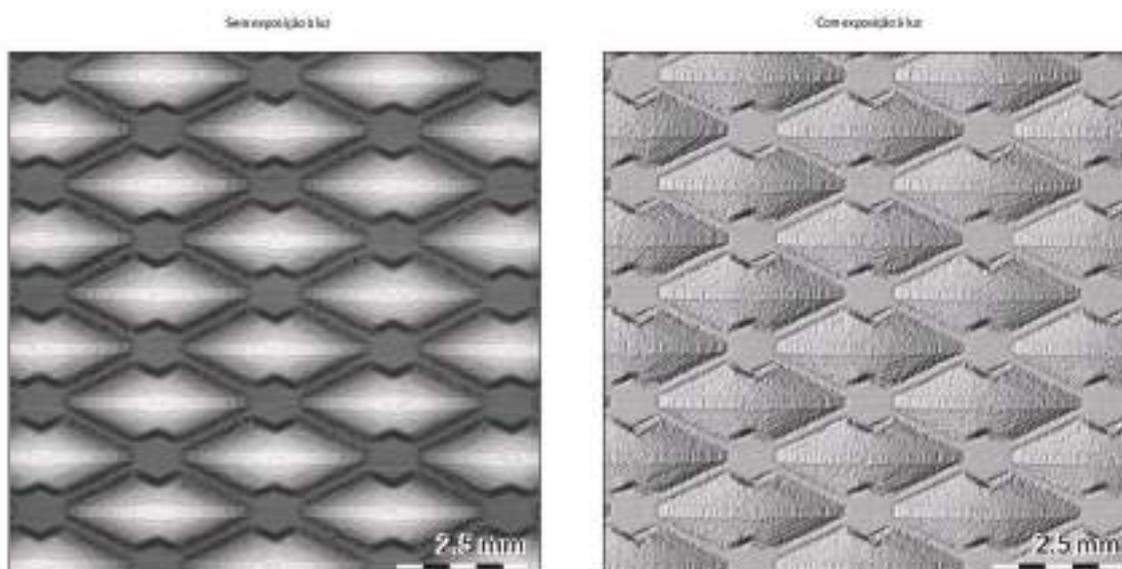
Análise de perfil - 2



6/7

TEXTURA C - LASER

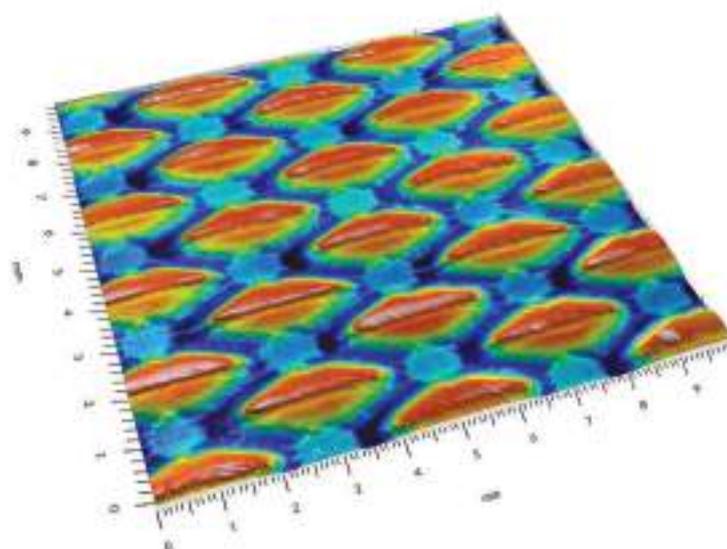
Visualização foto-realista



7/7

TEXTURA C - QUÍMICA

Representação tridimensional*



*Dados amplificados centenas de vezes para visualização

Identificação

Nome: C3Q
Criado em: 25/07/2020

Equipamento: ATC 3014-03
Resolução: Scanner
Software: 3000a1

Eixo: X
Comprimento: 30.0 mm
Espessura: 0.00041 mm

Eixo: Y
Comprimento: 30.0 mm
Espessura: 0.00041 mm

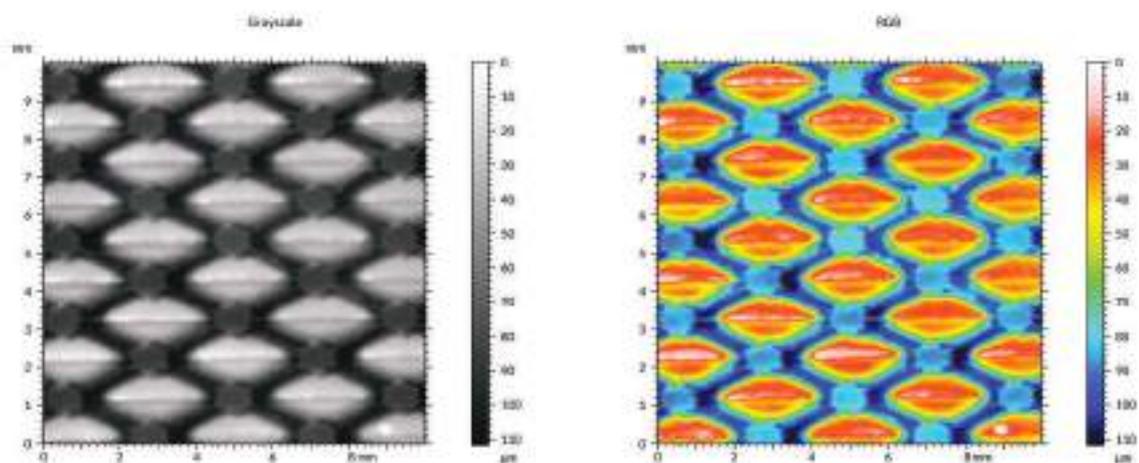
Observações:

T1 Fragmentação:
• Remoção do topo (por desgruagem)
• Remoção do fundo (analise 3D)

6/7

TEXTURA C - QUÍMICA

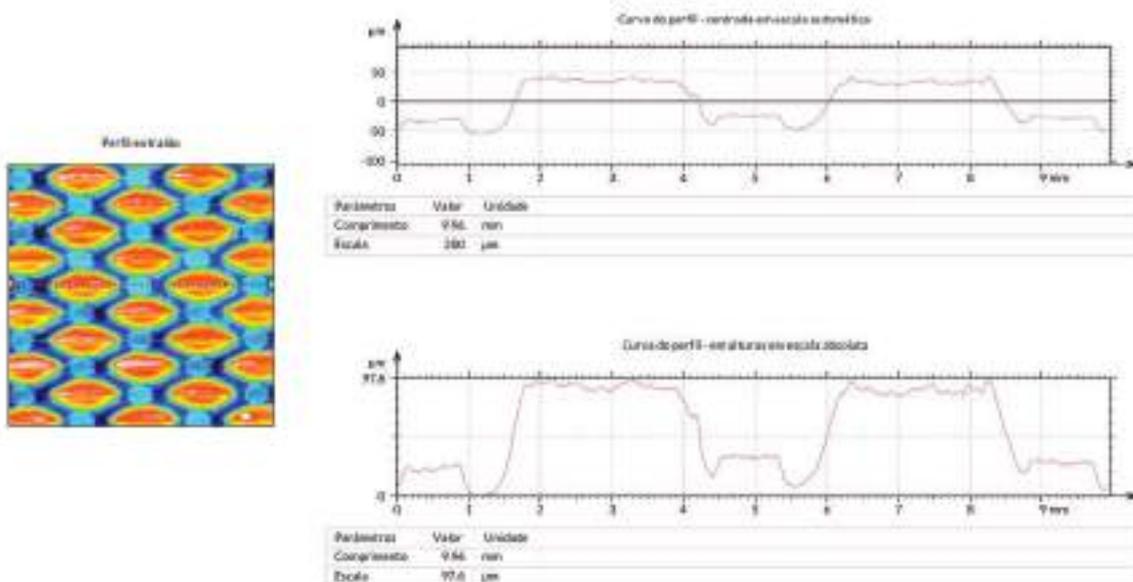
Representação topográfica



2/7

TEXTURA C - QUÍMICA

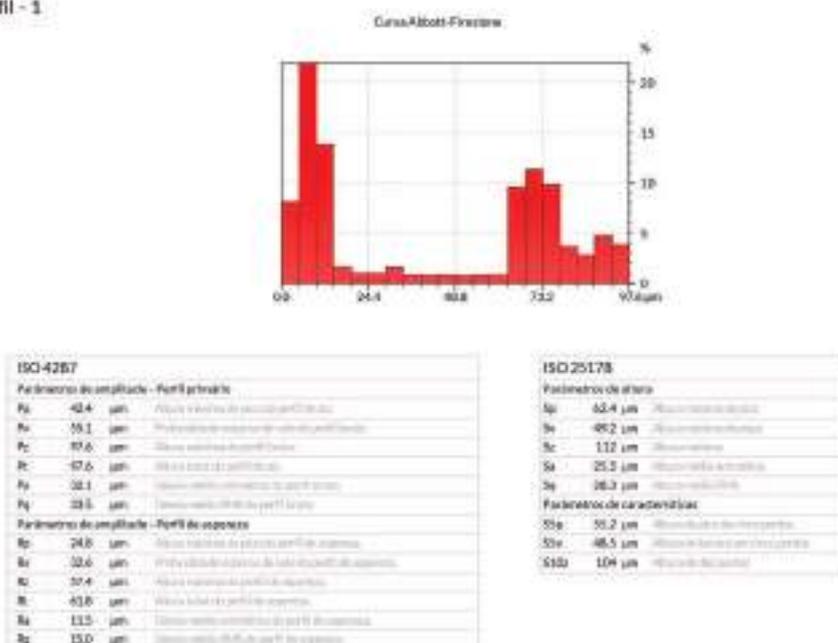
Análise de perfil - 1



3/7

TEXTURA C - QUÍMICA

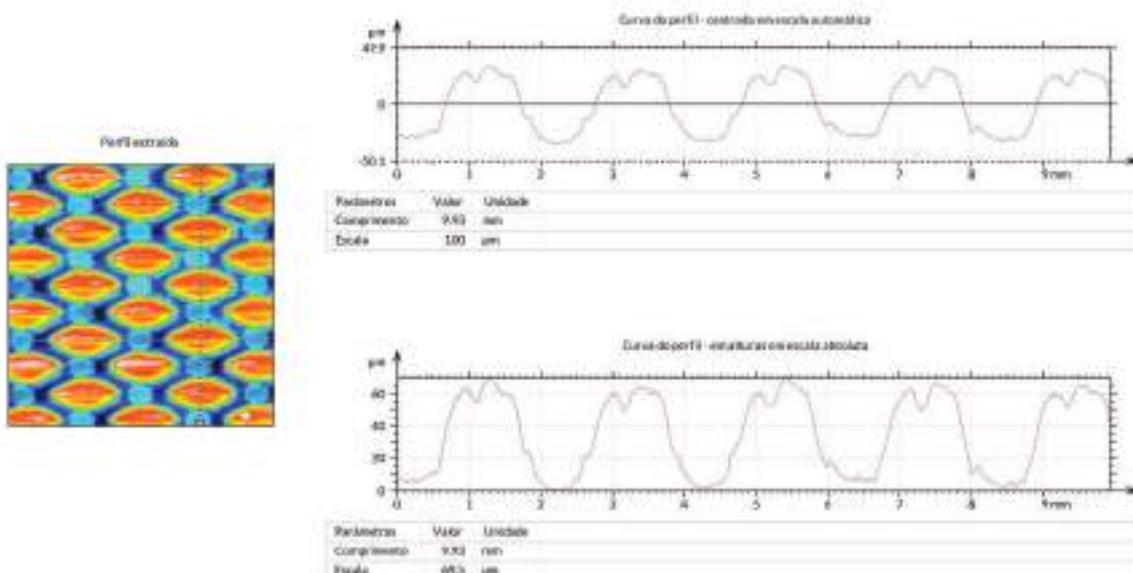
Análise de perfil - 1



4/7

TEXTURA C - QUÍMICA

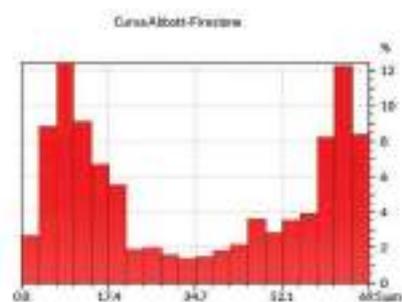
Análise de perfil - 2



5/7

TEXTURA C - QUÍMICA

Análise de perfil - 2

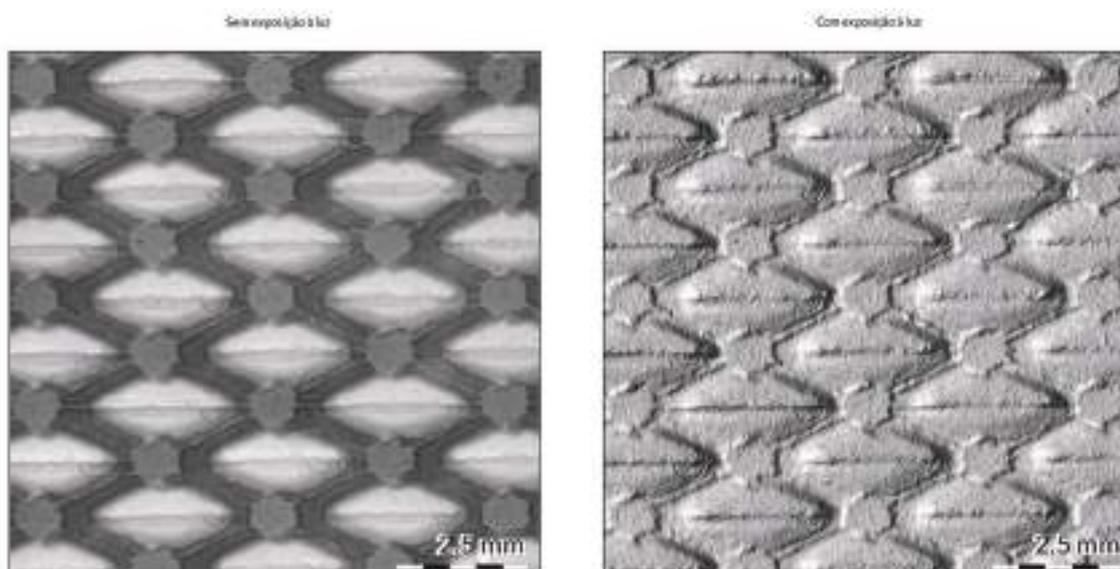


ISO 4287		ISO 25178	
Parâmetros de amplitude - Perfil aritmético		Parâmetros de altura	
Pa	34,6 µm	Sp	63,4 µm
Pv	30,9 µm	Sv	49,2 µm
Pz	19,5 µm	Sc	11,2 µm
Pt	65,5 µm	Sa	25,5 µm
Pp	12,7 µm	Sq	16,3 µm
Pq	22,1 µm	Parâmetros de características	
Parâmetros de amplitude - Perfil de espessura		Sse	51,2 µm
Sp	22,1 µm	Ssv	48,5 µm
Sv	20,6 µm	SSt	104 µm
Sz	43,8 µm		
Sr	44,7 µm		
Sa	14,9 µm		
Sq	18,0 µm		

6/7

TEXTURA C - QUÍMICA

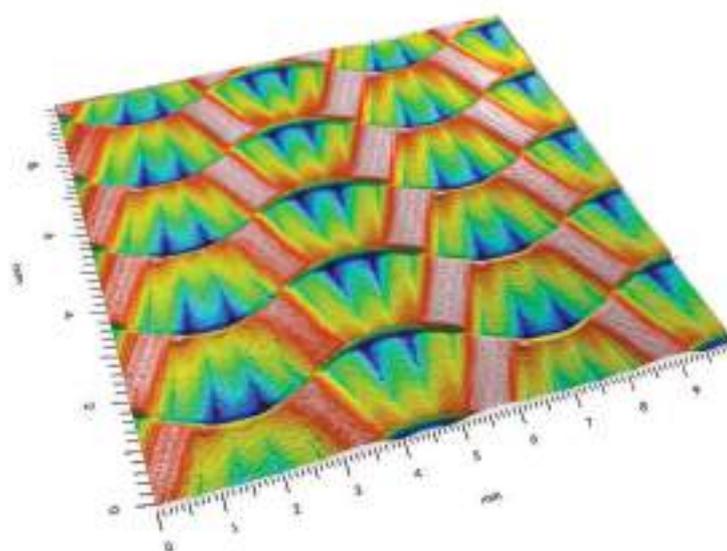
Visualização foto-realista



7/7

TEXTURA D - LASER

Representação tridimensional*



Identificação

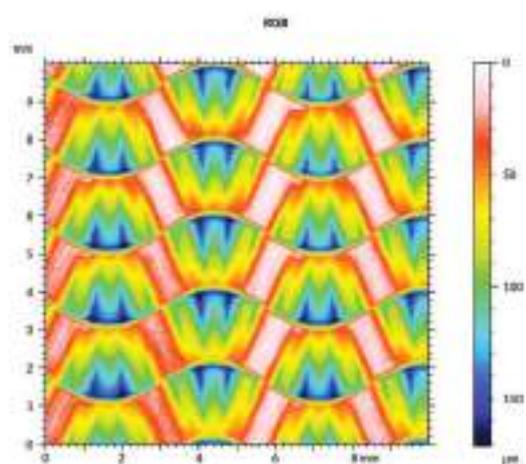
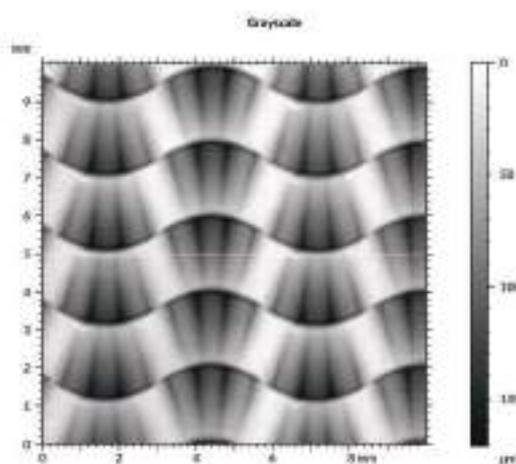
Nome:	D4L
Criado em:	25/07/2020
Equipamento:	ARX 2014HD Surcom
Procedido:	300000
Software:	MountainMap6
Eixo:	X
Comprimento:	10.0 mm
Espessamento:	0.00046 mm
Eixo:	Y
Comprimento:	10.0 mm
Espessamento:	0.00046 mm
Observações:	<p>Filtragem utilizada:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Filtro de forma (af. de grau 2) • Filtro de ruído (mediana 3x3)

*Dados em micrometros para avaliação

L17

TEXTURA D - LASER

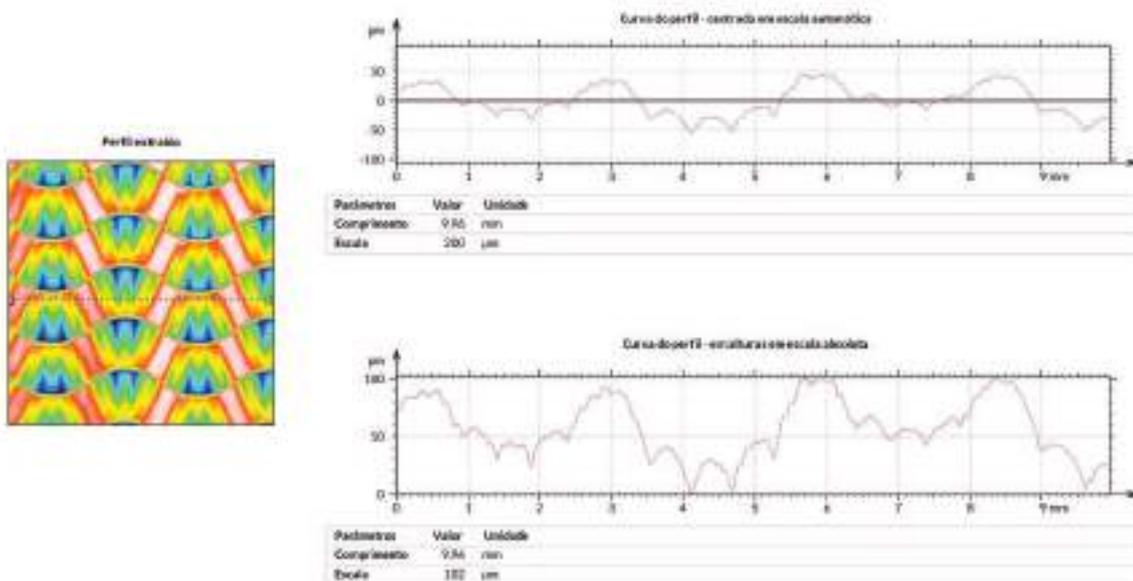
Representação topográfica



L17

TEXTURA D - LASER

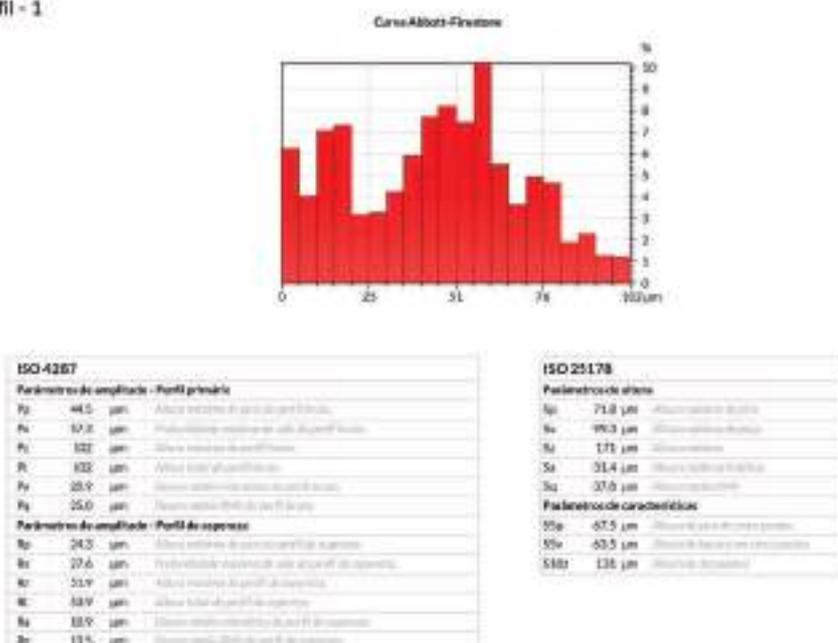
Análise de perfil - 1



317

TEXTURA D - LASER

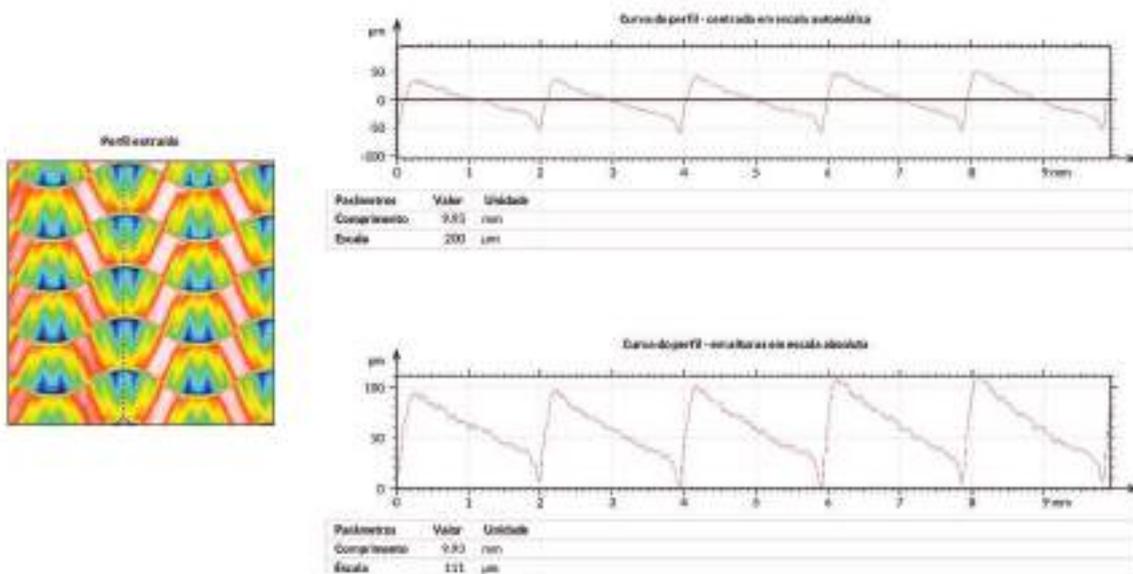
Análise de perfil - 1



417

TEXTURA D - LASER

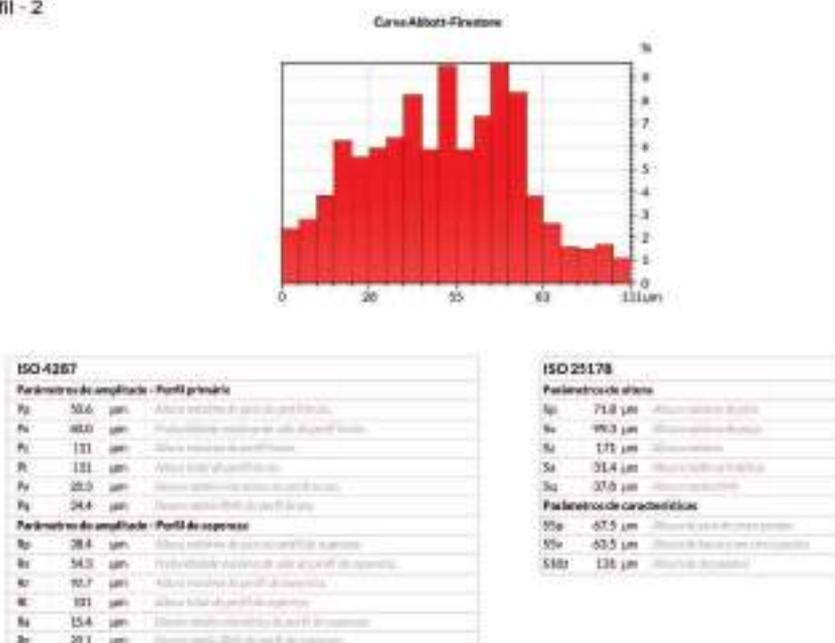
Análise de perfil - 2



5/7

TEXTURA D - LASER

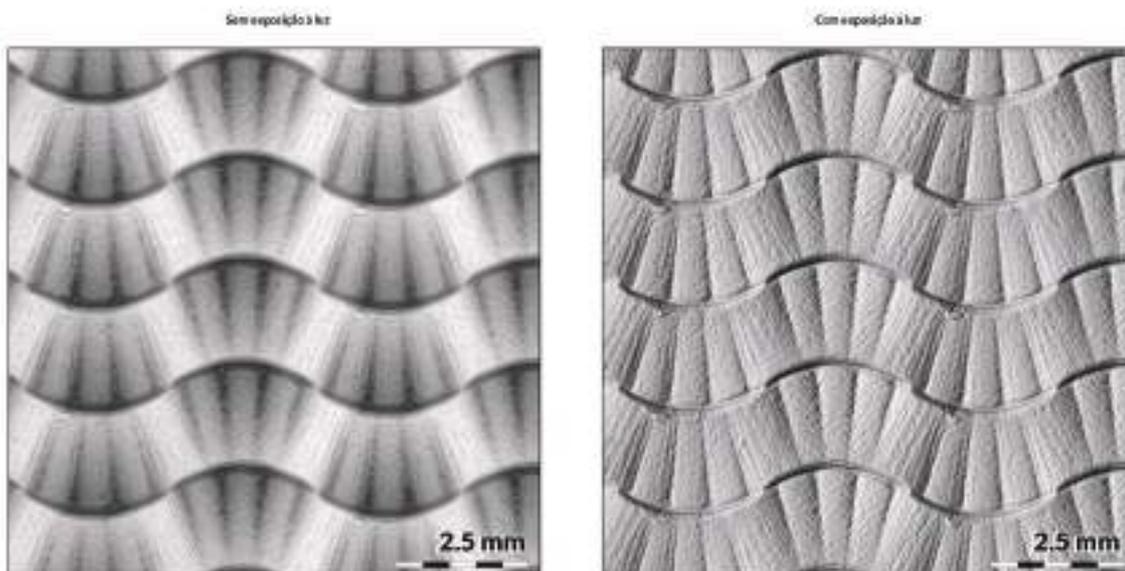
Análise de perfil - 2



6/7

TEXTURA D - LASER

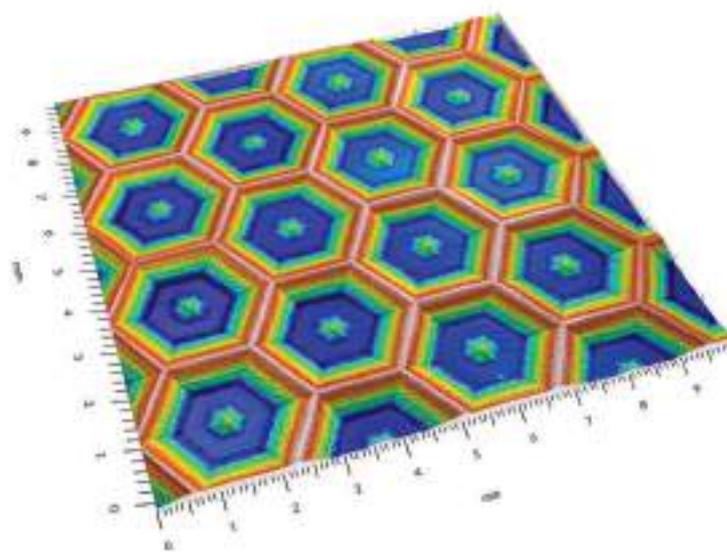
Visualização foto-realista



7/7

TEXTURA E - LASER

Representação tridimensional*



*Dados amplificados centenas de vezes para visualização

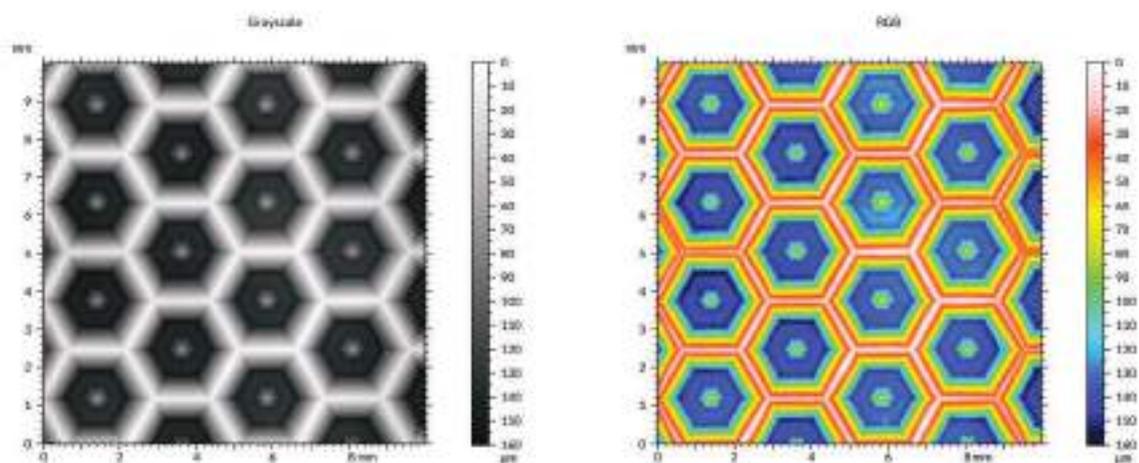
Identificação

Nome:	E.L.
Criado em:	25/07/2020
Equipamento:	ATC 301443
Resolução:	Scanner
Software:	3000a1
Dir:	X
Comprimento:	30,0 mm
Espessura:	0,00041 mm
Dir:	Y
Comprimento:	30,0 mm
Espessura:	0,00041 mm
Observações:	
Tópicos relacionados:	
	• Remoção de forma (pat. de grau 2)
	• Remoção de ruído (analisa 3D)

6/7

TEXTURA E - LASER

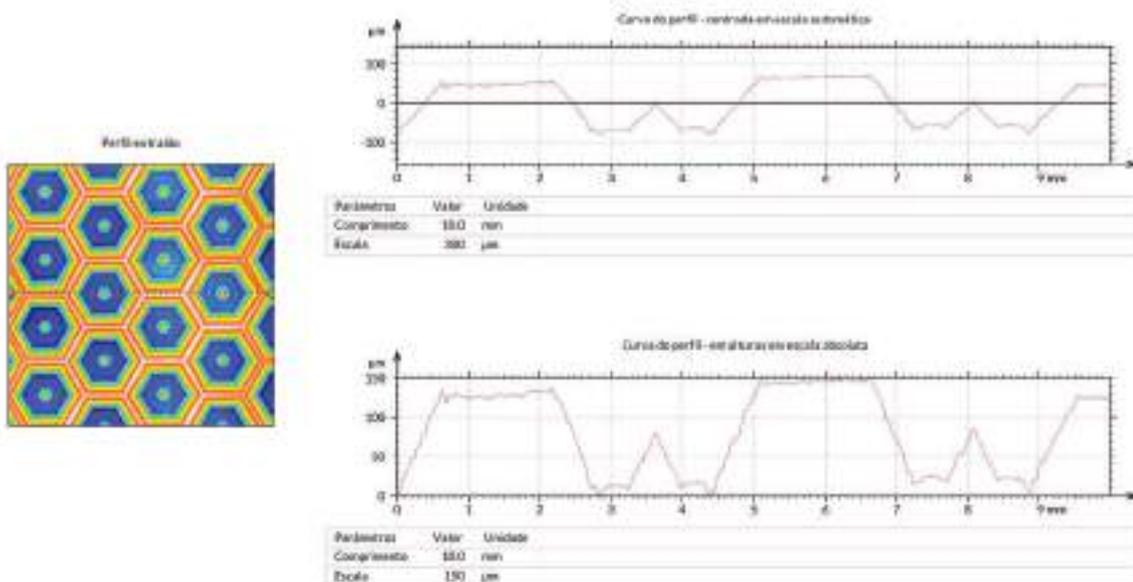
Representação topográfica



2/7

TEXTURA E - LASER

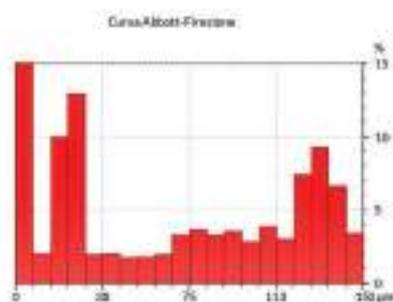
Análise de perfil - 1



3/7

TEXTURA E - LASER

Análise de perfil - 1



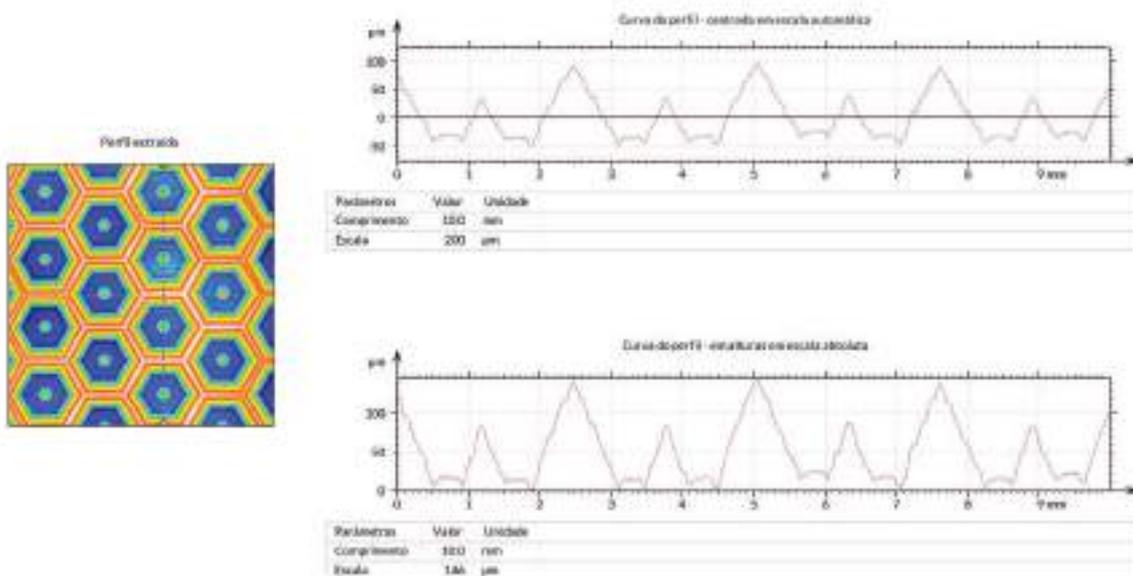
ISO 4287	
Parâmetros de amplitude - Perfil aritmético	
Pa	48,0 μm - Altura máxima de excitação (Rt)
Pv	37,5 μm - Profundidade máxima de excitação (Rt)
Pz	150 μm - Altura máxima de perfil (Rt)
Pt	150 μm - Profundidade máxima de perfil (Rt)
Pq	46,6 μm - Altura máxima de perfil (Rt)
Pq	58,7 μm - Profundidade máxima de perfil (Rt)
Parâmetros de amplitude - Perfil de espessura	
Rp	42,4 μm - Altura máxima de pico de perfil (Rt)
Rv	45,4 μm - Profundidade máxima de vale de perfil (Rt)
Rz	37,5 μm - Altura máxima de perfil (Rt)
Rt	150 μm - Altura total de perfil (Rt)
Ra	18,6 μm - Altura média de perfil (Rt)
Rq	21,9 μm - Altura média de perfil (Rt)

ISO 25178	
Parâmetros de altura	
Sp	37,5 μm - Altura máxima de pico
Sv	72,5 μm - Profundidade máxima de vale
Sc	160 μm - Altura máxima
Sa	400 μm - Profundidade máxima
Sq	43,0 μm - Altura média
Parâmetros de características	
SSt	18,2 μm - Amplitude de pico de perfil
SVt	56,5 μm - Profundidade de vale de perfil
SSt	74,8 μm - Amplitude de perfil

4/7

TEXTURA E - LASER

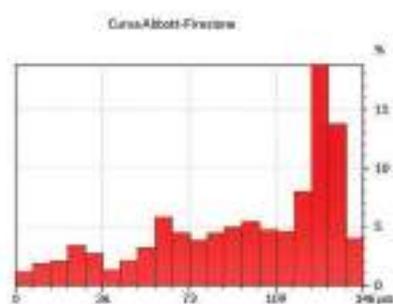
Análise de perfil - 2



5/7

TEXTURA E - LASER

Análise de perfil - 2



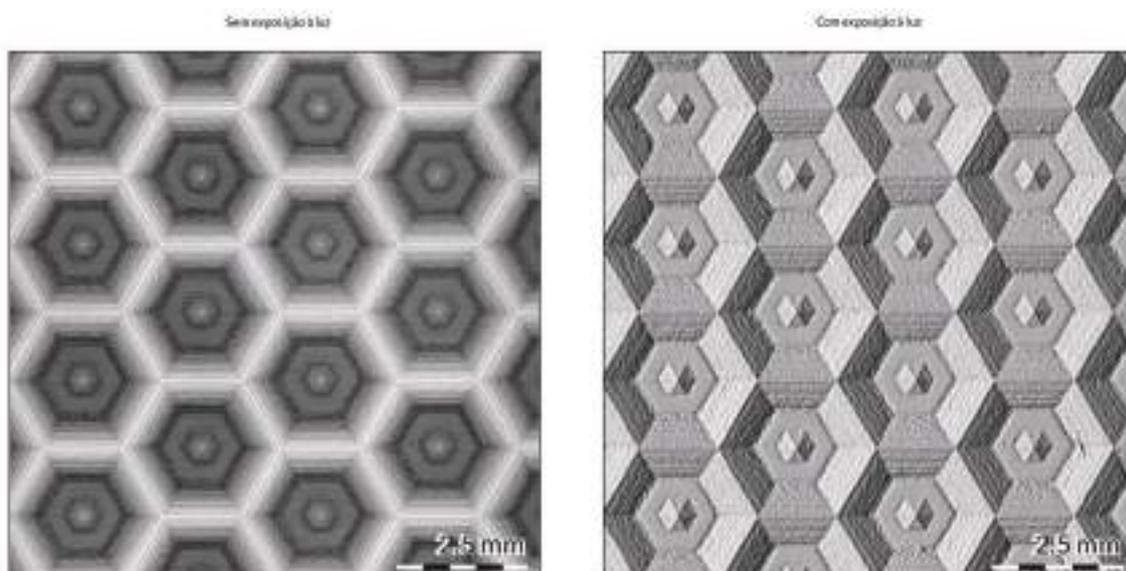
ISO 4287		
Parâmetros de amplitude - Perfil aritmético		
R_a	76,0 μm	Altura média de elevação perfilada
R_v	49,0 μm	Profundidade máxima de vales perfilados
R_z	146 μm	Altura máxima de perfilado
R_t	146 μm	Altura total do perfilado
R_p	32,2 μm	Desvio médio quadrático do perfil aritmético
R_q	37,6 μm	Desvio médio quadrático do perfil aritmético
Parâmetros de amplitude - Perfil de espessura		
R_{p1}	71,5 μm	Altura máxima do primeiro perfil de espessura
R_{p2}	47,6 μm	Profundidade máxima de sulcos do perfil de espessura
R_{t1}	129 μm	Altura máxima do perfil de espessura
R_{t2}	120 μm	Altura total do perfil de espessura
R_{a1}	27,1 μm	Desvio médio quadrático do perfil de espessura
R_{a2}	31,5 μm	Desvio médio quadrático do perfil de espessura

ISO 25178		
Parâmetros de altura		
S_a	97,5 μm	Altura máxima do perfil
S_v	72,5 μm	Profundidade máxima de vales
S_z	160 μm	Altura máxima do perfil
S_t	400 μm	Altura total do perfil
S_p	43,0 μm	Desvio médio quadrático
Parâmetros de características		
S_{Sk}	18,2 μm	Altura máxima do primeiro perfil
S_{Sv}	56,5 μm	Profundidade máxima de sulcos do primeiro perfil
S_{St}	74,8 μm	Altura total do perfil

6/7

TEXTURA E - LASER

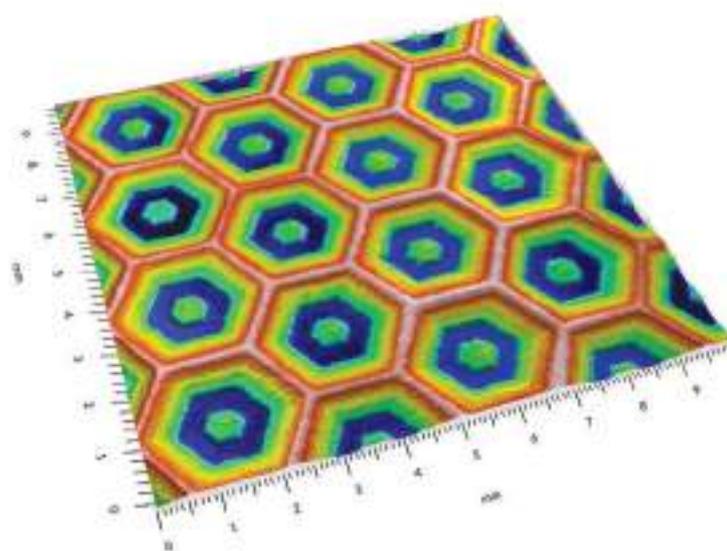
Visualização foto-realista



7/7

TEXTURA E - QUÍMICA

Representação tridimensional*



Identificação

Nome: E30
Criado em: 25/07/2020

Equipamento: AMX 30UM3 scanner
Resolução: 3000dpi
Software: MicroVistaMap®

Eixo: X
Comprimento: 30.0 mm
Espaçamento: 0.00046 mm

Eixo: Y
Comprimento: 30.0 mm
Espaçamento: 0.00046 mm

Observações:

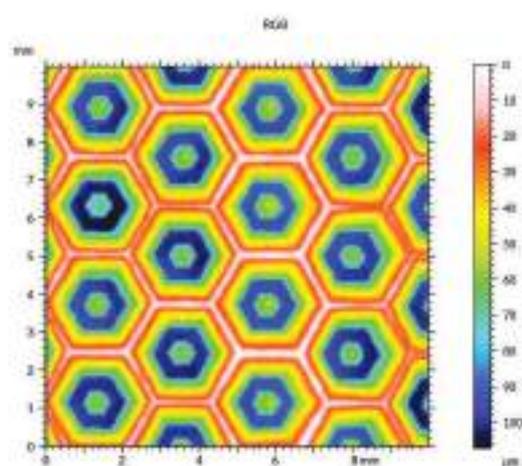
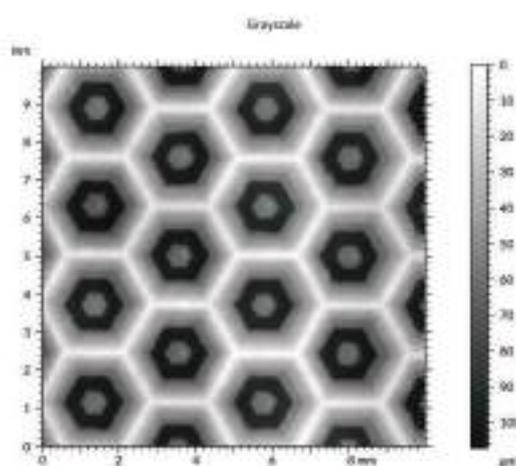
- Filtragem utilizada
- Remoção de forma (pol. de grau 2)
- Remoção de ruído (mediana 3x3)

*Dados em 3D obtidos por meio de avaliação

1/7

TEXTURA E - QUÍMICA

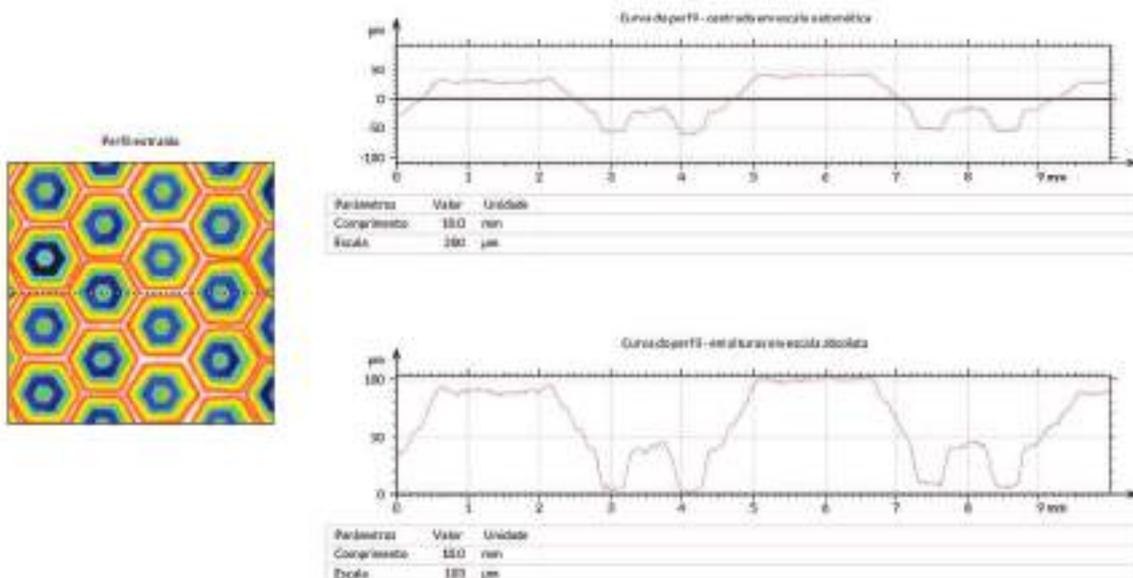
Representação topográfica



2/7

TEXTURA E - QUÍMICA

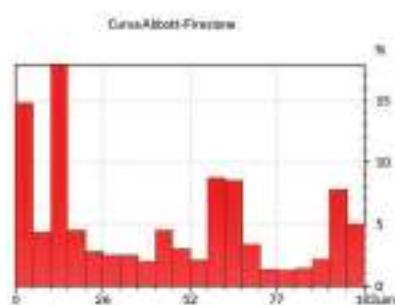
Análise de perfil - 1



3/7

TEXTURA E - QUÍMICA

Análise de perfil - 1



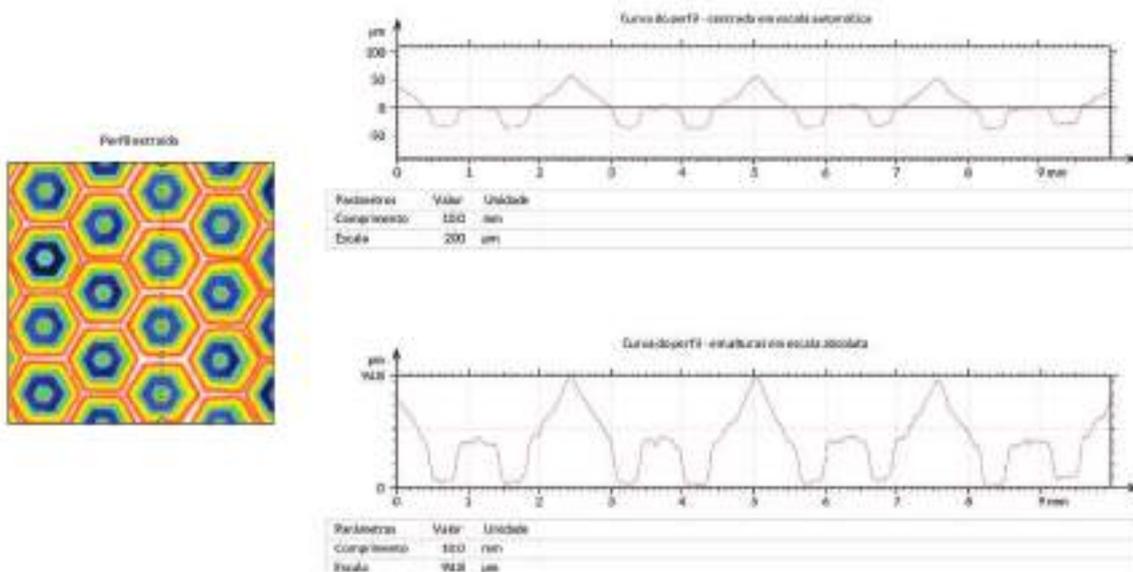
ISO 4287	
Parâmetros de amplitude - Perfil aritmético	
Ra	40,0 µm
Rz	63,8 µm
Rc	100 µm
Rt	100 µm
Rv	19,1 µm
Rq	39,7 µm
Parâmetros de amplitude - Perfil de rugosidade	
Rp	21,6 µm
Rv	31,5 µm
Rc	50,1 µm
Rz	54,9 µm
Ra	12,5 µm
Rq	15,0 µm

ISO 25178	
Parâmetros de altura	
Sa	524 µm
Sz	147 µm
Sc	307 µm
Sa	215 µm
Sq	20,1 µm
Parâmetros de características	
Sp	3,17 µm
Sv	538 µm
S10	508 µm

4/7

TEXTURA E - QUÍMICA

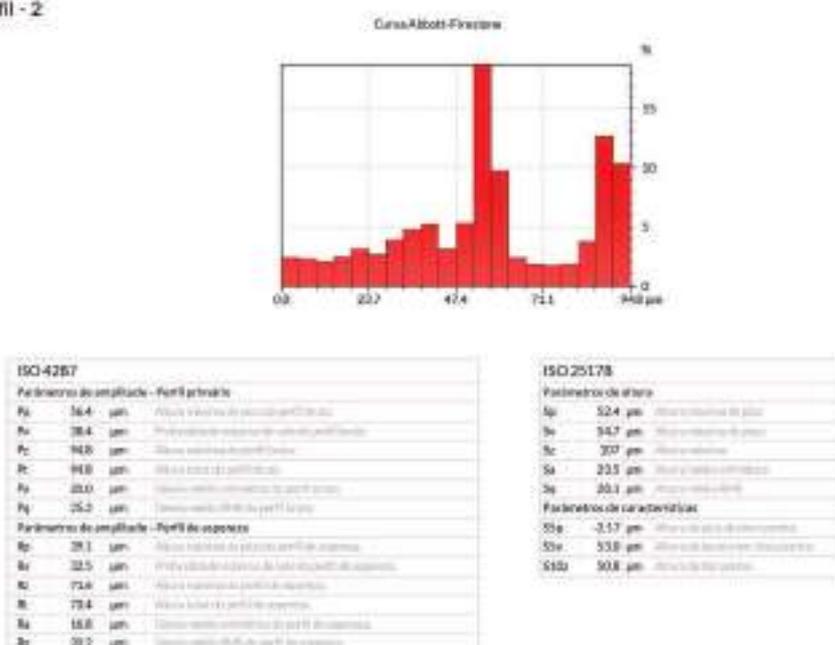
Análise de perfil - 2



5/7

TEXTURA E - QUÍMICA

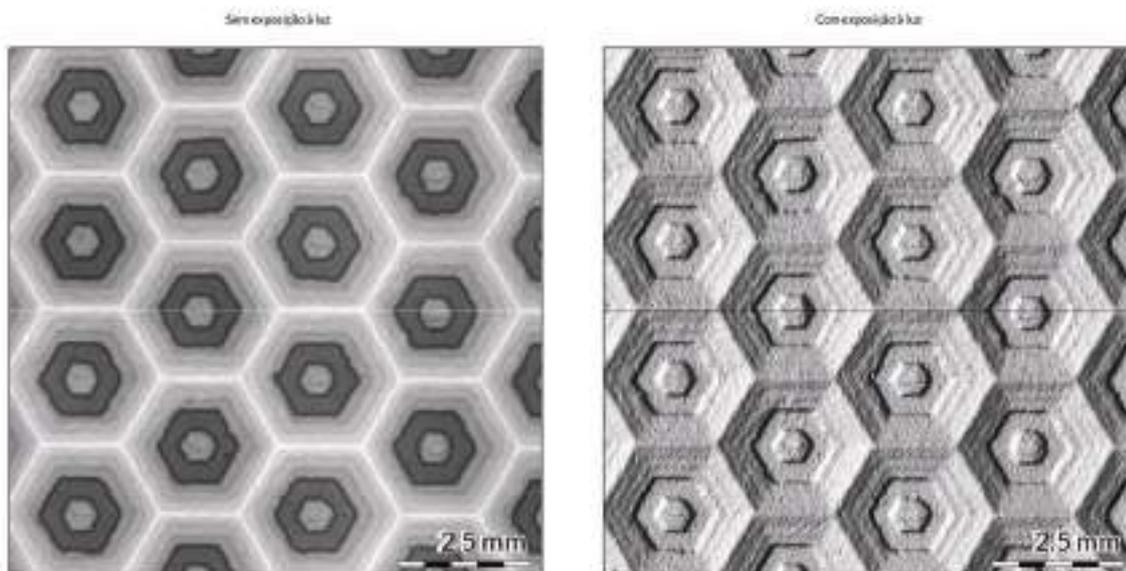
Análise de perfil - 2



6/7

TEXTURA E - QUÍMICA

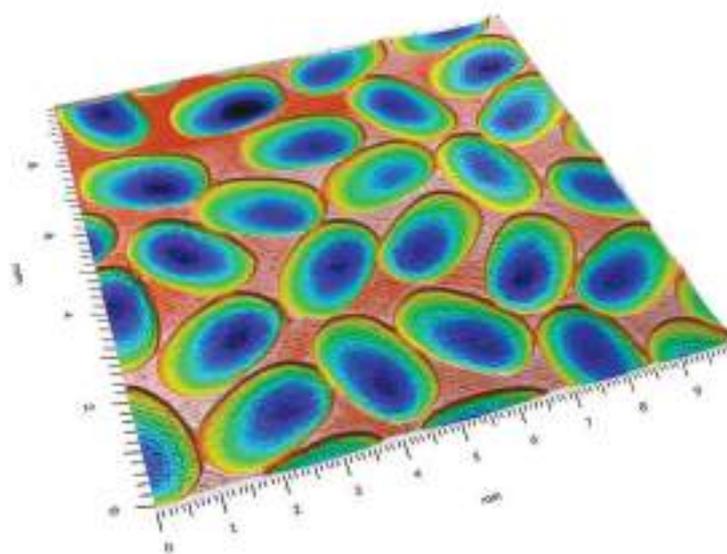
Visualização foto-realista



7/7

TEXTURA F INVERTIDA - LASER

Representação tridimensional*



*Dados amplificados para melhor visualização

Identificação

Nome: Fc. INVERTIDO
Criado em: 20/07/2018

Equipamento: 800 3014 HD Scanner
Resolução: 3000dpi
Software: MicrosoftMag®

Eixo: X
Comprimento: 150 mm
Espessura: 0,0064 mm

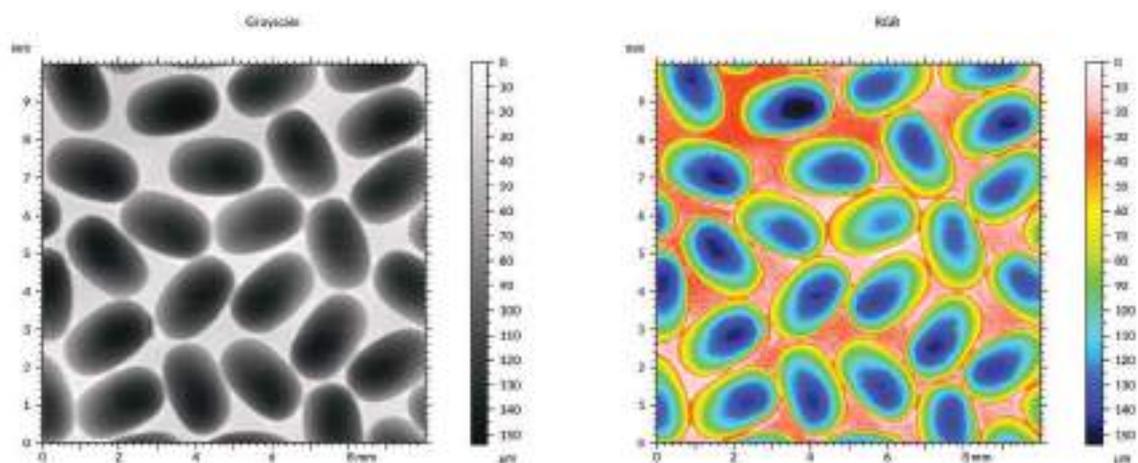
Eixo: Y
Comprimento: 150 mm
Espessura: 0,0064 mm

Observações:
Filtragem utilizada:
• Remoção de ruído (pad. de nível 2)
• Remoção de ruído (mediana 3x3)

1/7

TEXTURA F INVERTIDA - LASER

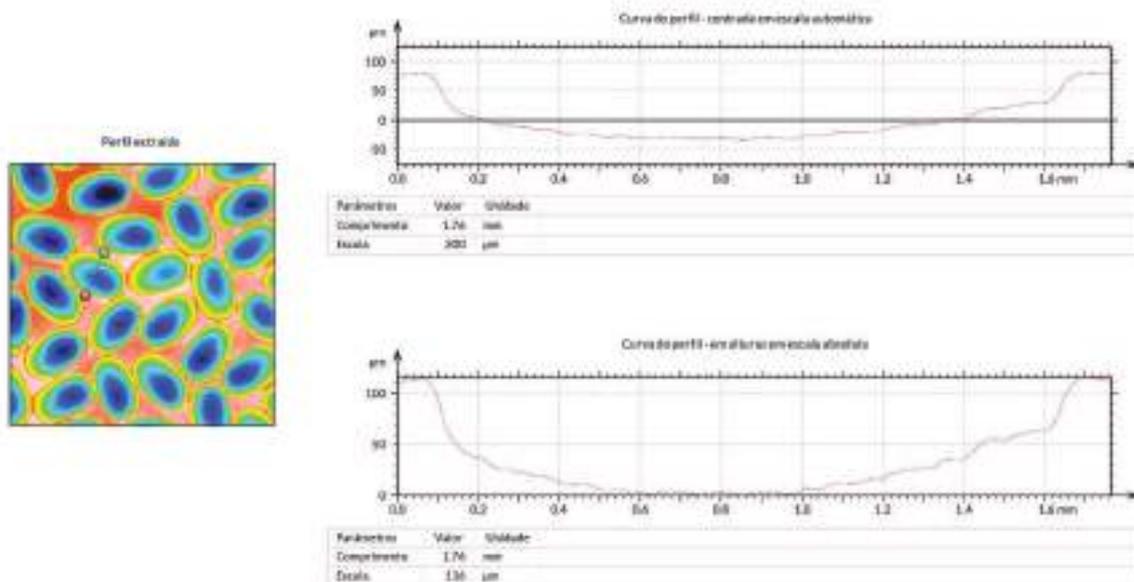
Representação topográfica



3/7

TEXTURA F INVERTIDA - LASER

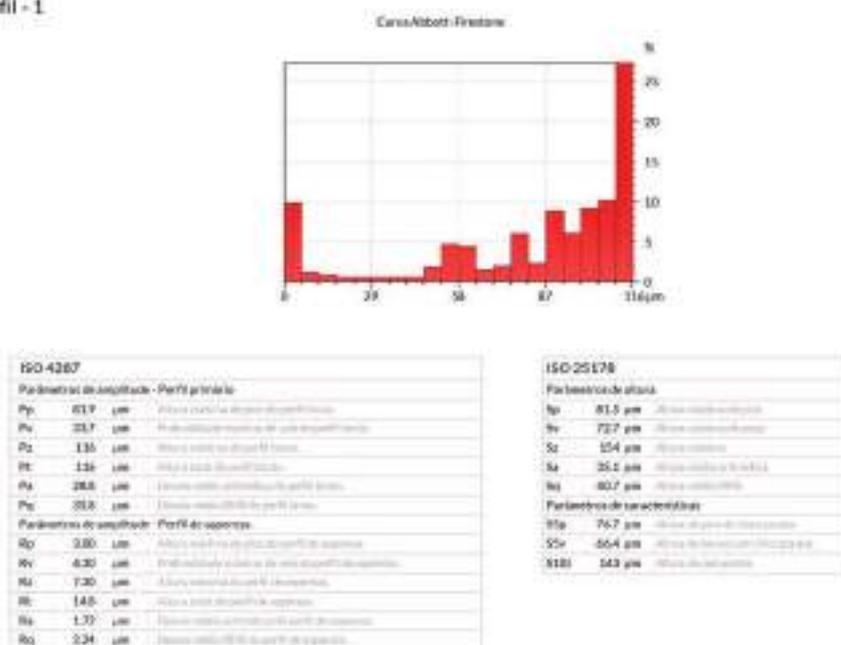
Análise de perfil - 1



3/7

TEXTURA F INVERTIDA - LASER

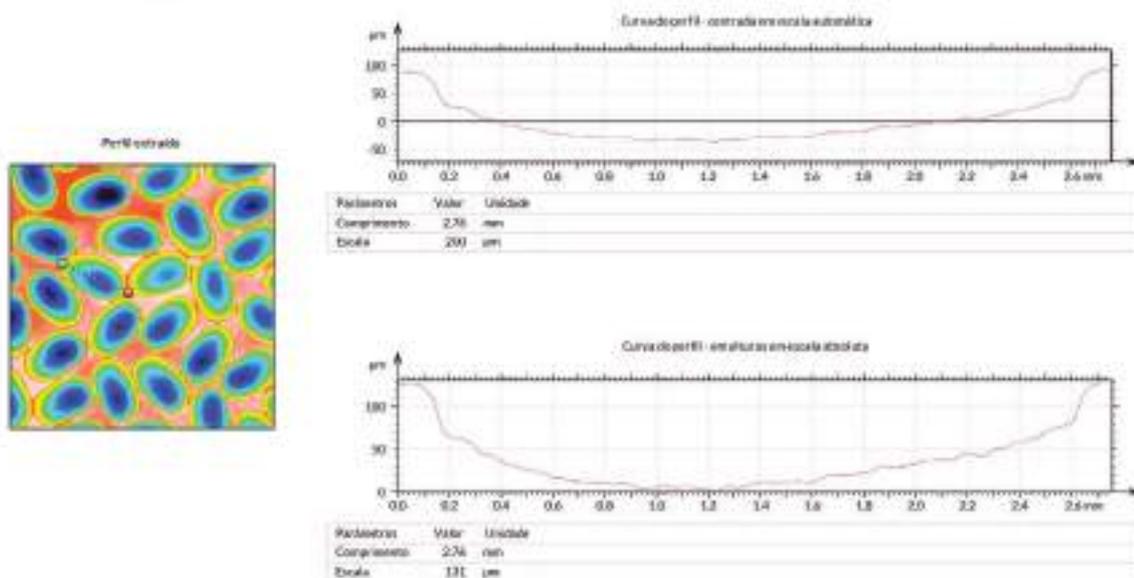
Análise de perfil - 1



4/7

TEXTURA F INVERTIDA - LASER

Análise de perfil - 2

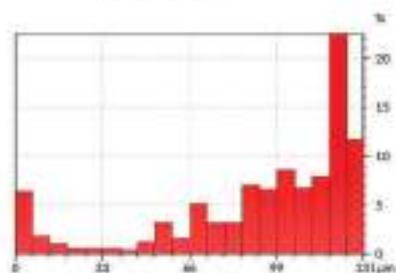


5/7

TEXTURA F INVERTIDA - LASER

Análise de perfil - 2

Caru-Albott-Firestone



ISO 4267		
Parâmetros de amplitude - Perfil primário		
Sp	930 µm	Altura máxima do perfil de amplitude
Pv	384 µm	Profundidade máxima do perfil de amplitude
Pz	131 µm	Altura média do perfil de amplitude
PE	121 µm	Altura média do perfil de amplitude
Pa	219 µm	Distância entre picos do perfil de amplitude
Pc	208 µm	Distância entre vales do perfil de amplitude
Parâmetros de amplitude - Perfil de aparência		
Rz	2,56 µm	Altura máxima do perfil de aparência
Rv	3,26 µm	Profundidade máxima do perfil de aparência
Ra	6,34 µm	Altura média do perfil de aparência
Rf	1,95 µm	Altura média do perfil de aparência
Rb	1,35 µm	Distância entre picos do perfil de aparência
Rq	1,32 µm	Distância entre vales do perfil de aparência

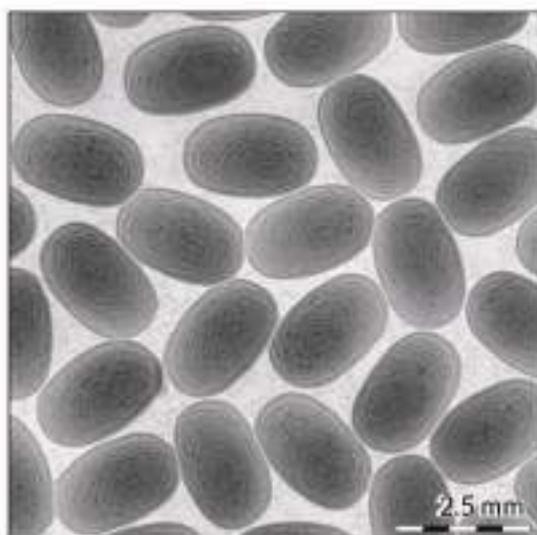
ISO 25178		
Parâmetros de altura		
Sp	81,5 µm	Altura máxima do perfil
Pv	72,7 µm	Profundidade máxima do perfil
Sz	104 µm	Altura média do perfil
Pa	25,2 µm	Distância entre picos do perfil
Pc	80,7 µm	Distância entre vales do perfil
Parâmetros de caracterização		
Rf	76,7 µm	Altura média do perfil de aparência
Sz	50,4 µm	Altura média do perfil de aparência
R10	143 µm	Altura média do perfil

6/7

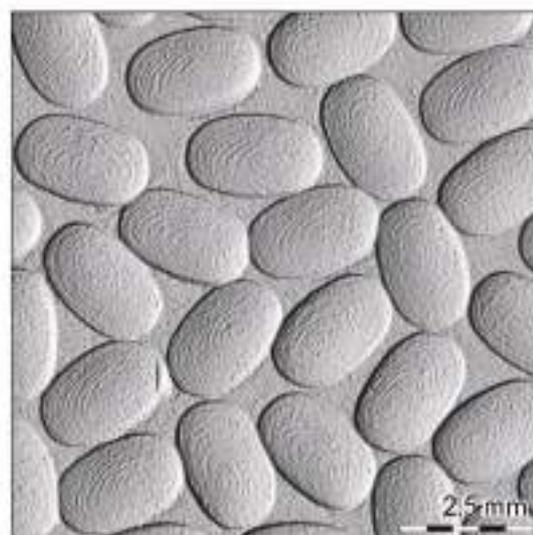
TEXTURA F INVERTIDA - LASER

Visualização foto-realista

Sem exposição à luz



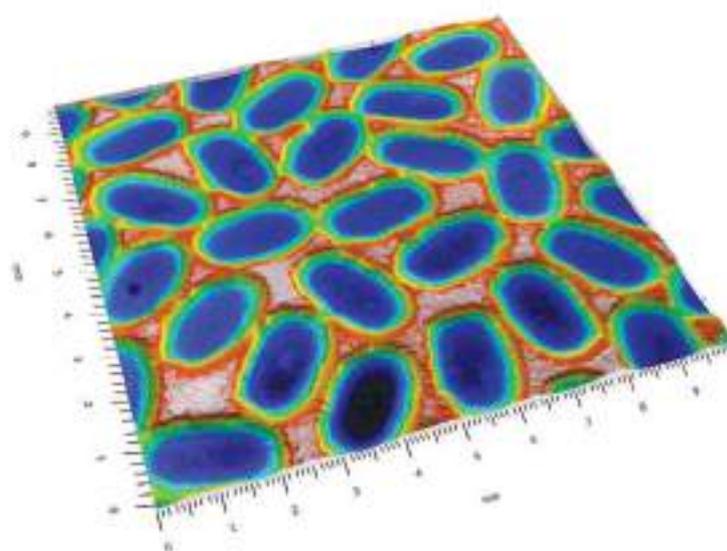
Com exposição à luz



7/7

TEXTURA F INVERTIDA - QUÍMICA

Representação tridimensional*



Identificação

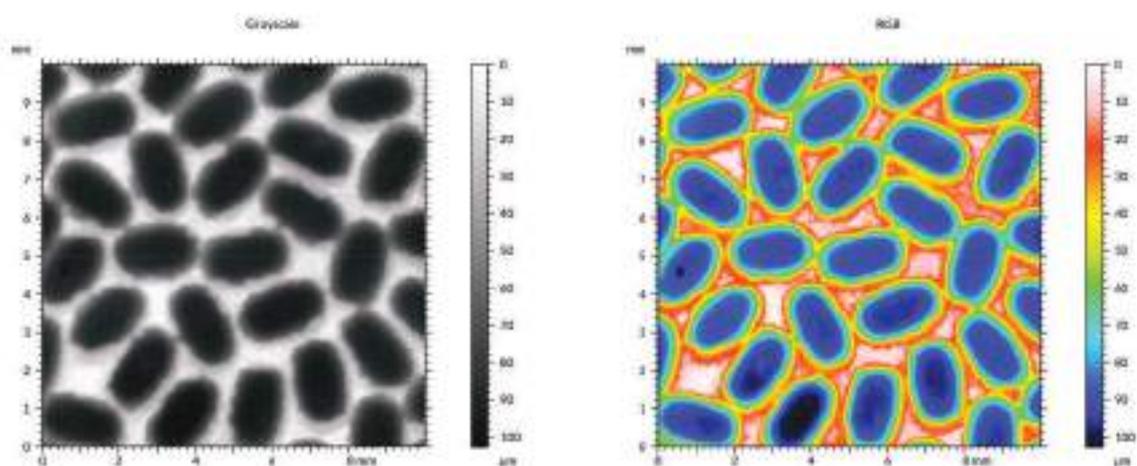
Nome:	FeO (INVERTIDO)
Créditos em:	25/07/2024
Equipamento:	800: 2014 HE Scanner
Resolução:	3000x4
Software:	MicroViewMag®
Esq:	8
Comprimento:	150 mm
Espessura:	0,0064 mm
Dir:	9
Comprimento:	150 mm
Espessura:	0,0064 mm
Observações:	<p>Filtração utilizada:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Filtração de forma (pel. de grau 2) • Filtração de ruído (mediana 20)

*Dados aqui fixados para melhor visualização

1/7

TEXTURA F INVERTIDA - QUÍMICA

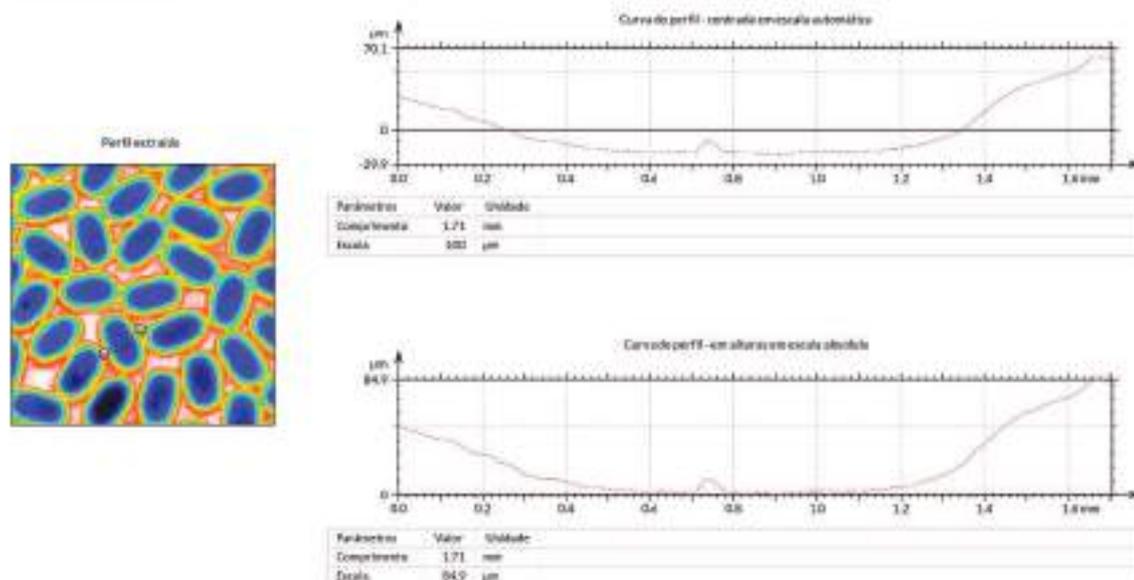
Representação topográfica



2/7

TEXTURA F INVERTIDA - QUÍMICA

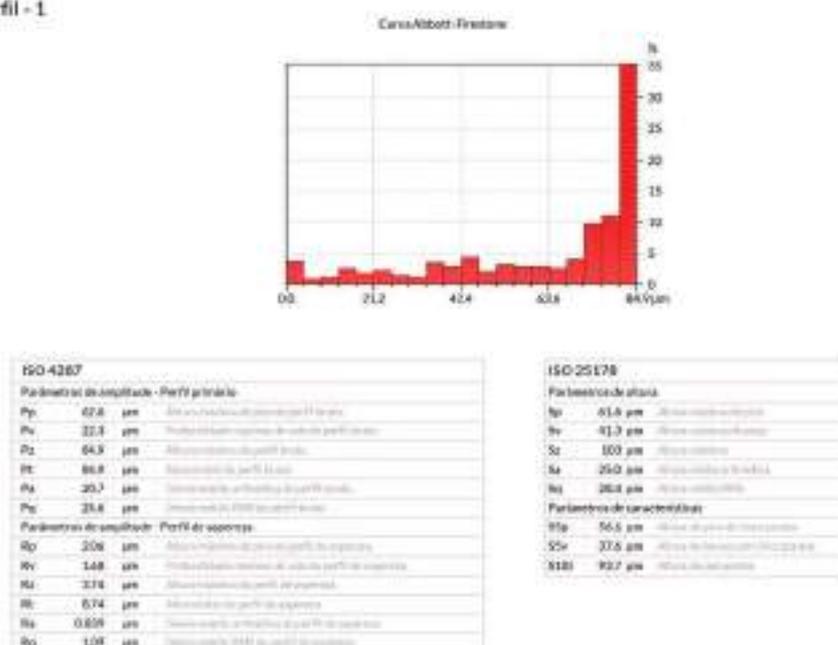
Análise de perfil - 1



3/7

TEXTURA F INVERTIDA - QUÍMICA

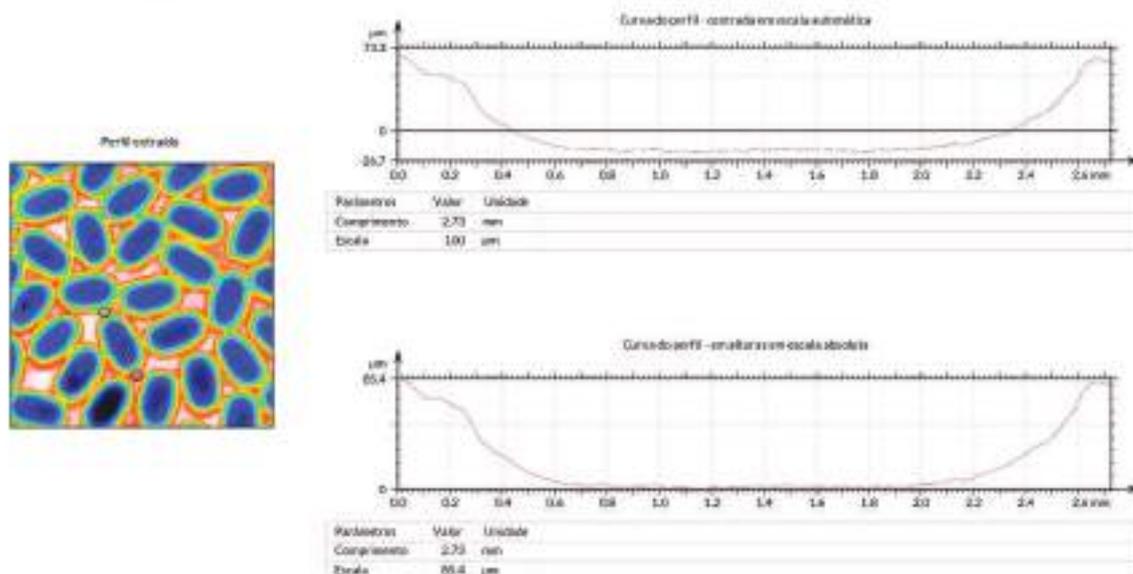
Análise de perfil - 1



4/7

TEXTURA F INVERTIDA - QUÍMICA

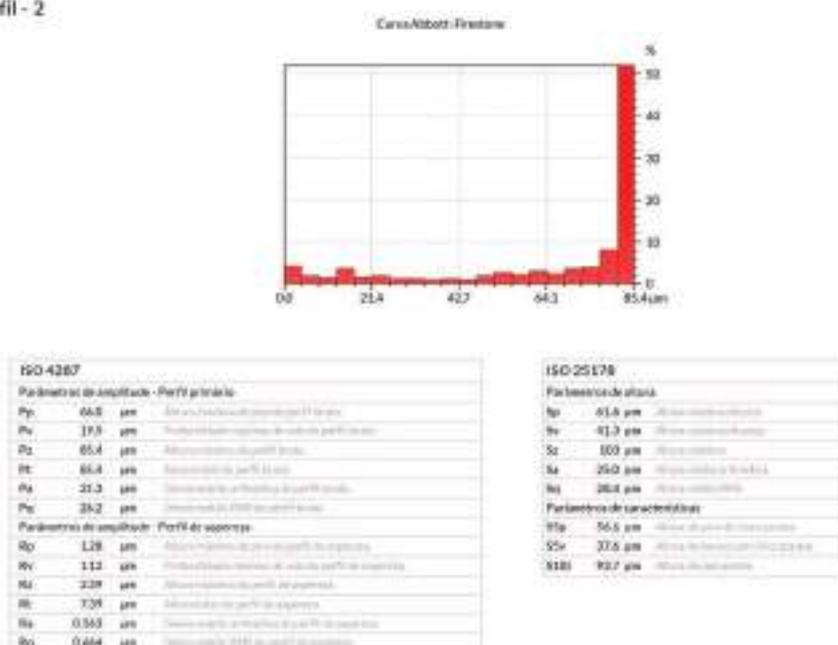
Análise de perfil - 2



5/7

TEXTURA F INVERTIDA - QUÍMICA

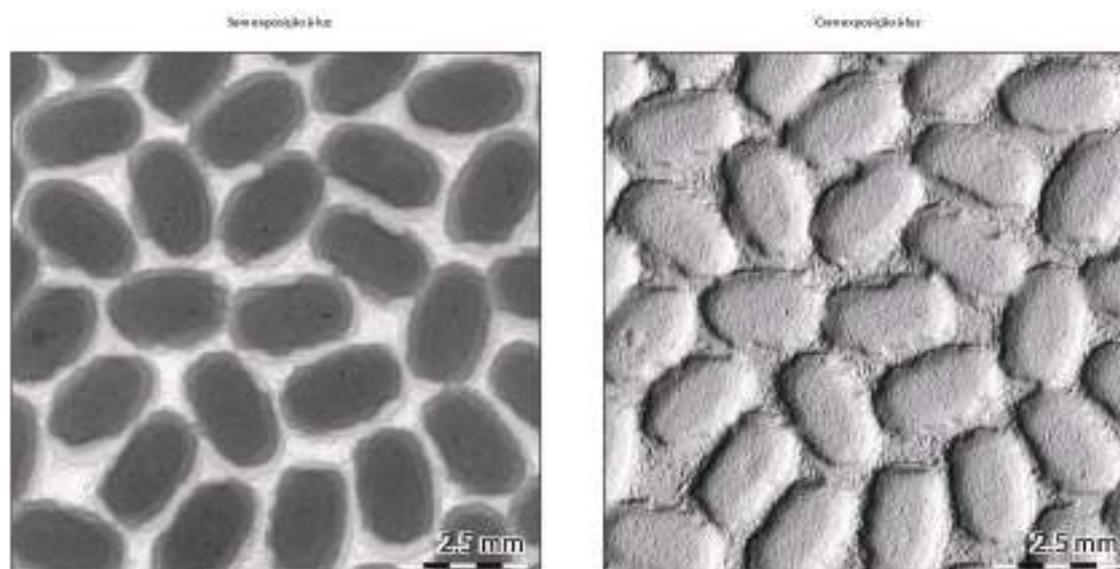
Análise de perfil - 2



6/7

TEXTURA F INVERTIDA - QUÍMICA

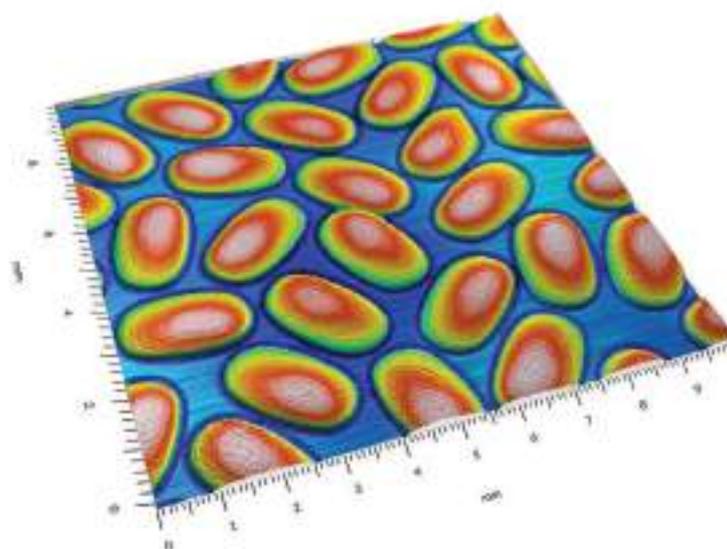
Visualização foto-realista



1/7

TEXTURA F - LASER

Representação tridimensional*



*Dados amplificados para melhor visualização

Identificação

Nome:	Fa.
Criado em:	25/07/2018

Equipamento:	800i 3014 HD Scanner
Resolução:	3000dpi
Software:	MountainMap®

Eixo:	X
Comprimento:	15.0 mm
Espessura:	0.0054 mm

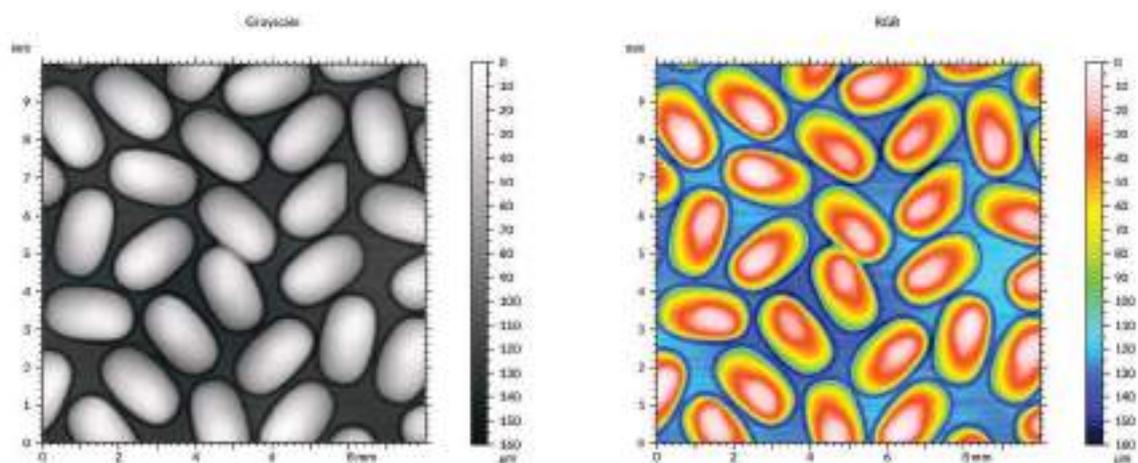
Eixo:	Y
Comprimento:	15.0 mm
Espessura:	0.0054 mm

Observações:
Filtração ultrarrápida
• Formação de tomo (pel. de grau 2)
• Formação de rulos (medida 28,2)

1/7

TEXTURA F - LASER

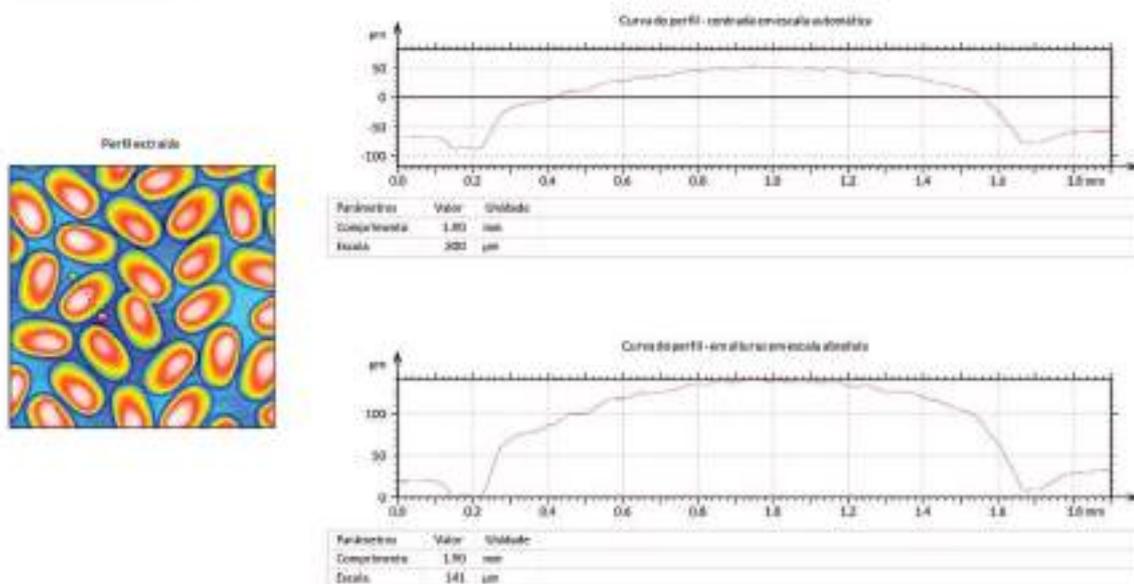
Representação topográfica



3/7

TEXTURA F - LASER

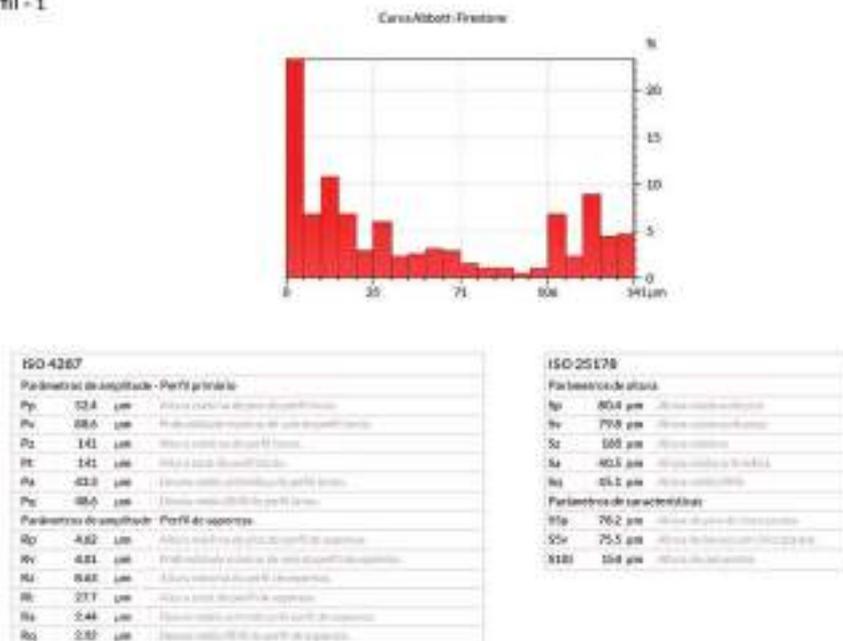
Análise de perfil - 1



3/7

TEXTURA F - LASER

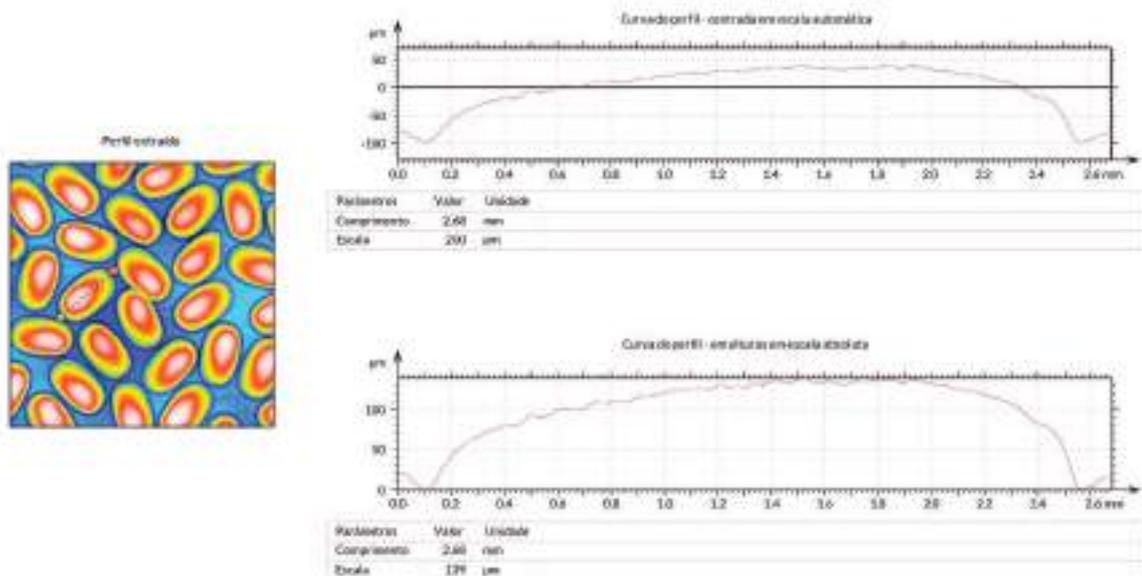
Análise de perfil - 1



4/7

TEXTURA F - LASER

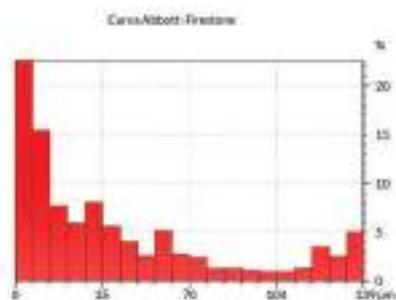
Análise de perfil - 2



5/7

TEXTURA F - LASER

Análise de perfil - 2



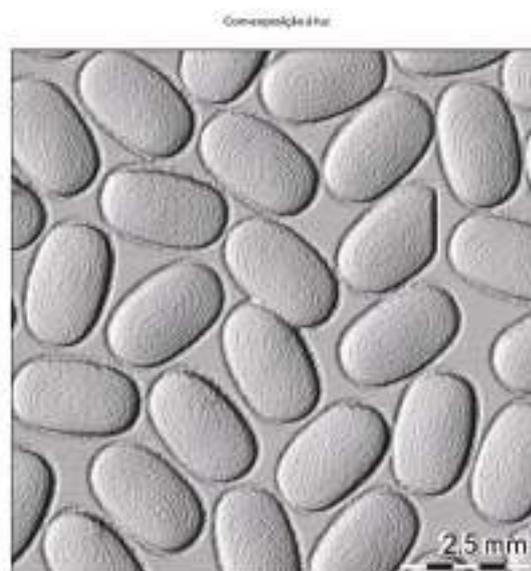
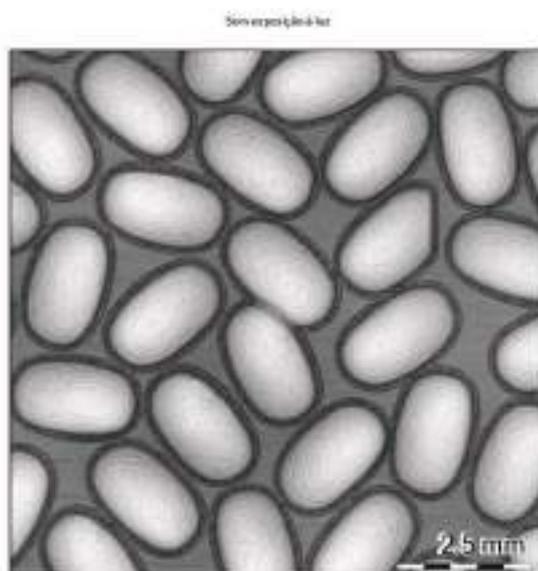
ISO 4267		
Parâmetros de amplitude - Perfil aritmético		
Sp	305,1 µm	Altura máxima do perfil aritmético
Ps	98,7 µm	Profundidade máxima do perfil aritmético
Pz	139 µm	Altura média do perfil aritmético
Pr	129 µm	Profundidade média do perfil aritmético
Pa	33,9 µm	Desvio médio quadrático do perfil aritmético
Pq	41,3 µm	Desvio médio quadrático do perfil aritmético
Parâmetros de amplitude - Perfil de rugosidade		
Rp	2,23 µm	Altura máxima do perfil de rugosidade
Rv	3,44 µm	Profundidade máxima do perfil de rugosidade
Rz	9,87 µm	Altura média do perfil de rugosidade
Rr	29,0 µm	Altura média do perfil de rugosidade
Ra	1,21 µm	Desvio médio quadrático do perfil de rugosidade
Rq	1,52 µm	Desvio médio quadrático do perfil de rugosidade

ISO 25178		
Parâmetros de altura		
Sp	80,4 µm	Altura máxima do perfil
Ps	79,8 µm	Profundidade máxima do perfil
Sz	100 µm	Altura média do perfil
Sa	40,3 µm	Desvio médio quadrático do perfil
Sq	51,2 µm	Desvio médio quadrático do perfil
Parâmetros de caracterização		
Sfe	76,2 µm	Altura média do perfil de rugosidade
Ssr	75,5 µm	Altura média do perfil de rugosidade
S100	104 µm	Altura média do perfil

6/7

TEXTURA F - LASER

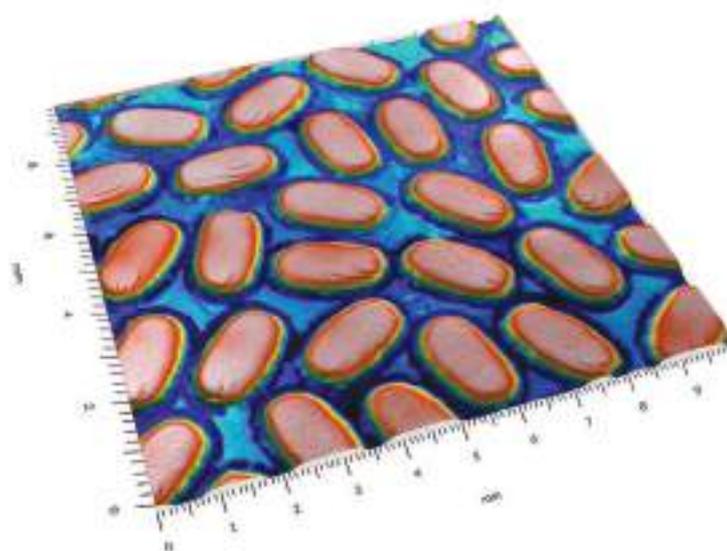
Visualização foto-realista



7/7

TEXTURA F - QUÍMICA

Representação tridimensional*



Identificação

Nome: FeO
Data: em: 20/07/2018

Equipamento: 400: 2011 HE Scanner
Resolução: 3000x3000
Software: MountainsMap®

Eixo: X
Comprimento: 150 μm
Espessura: 0,0064 μm

Eixo: Y
Comprimento: 150 μm
Espessura: 0,0064 μm

Observações:

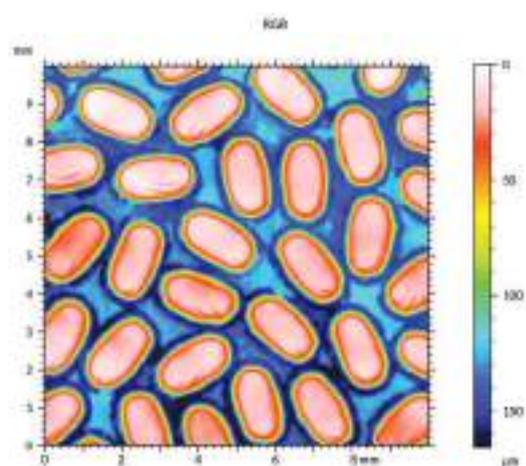
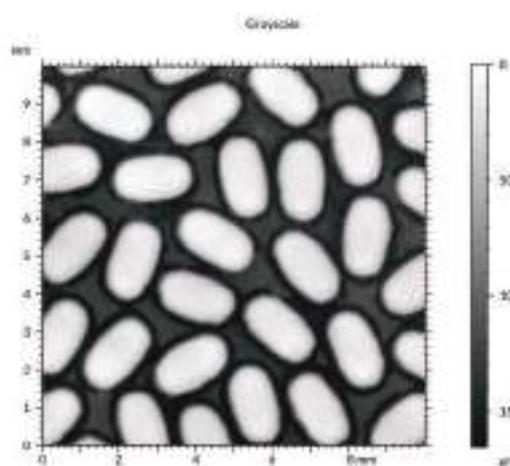
- Filtragem utilizada:
- Remoção de ruído (mediana 2D)
- Remoção de ruído (mediana 3D)

*Dados aqui fixados para melhor visualização

1/7

TEXTURA F - QUÍMICA

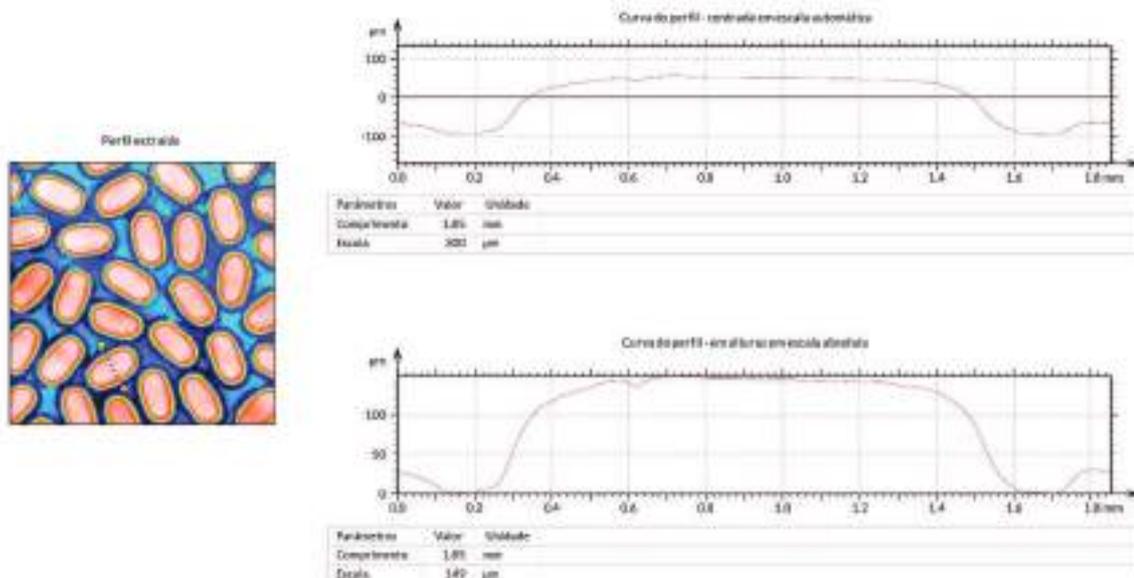
Representação topográfica



2/7

TEXTURA F - QUÍMICA

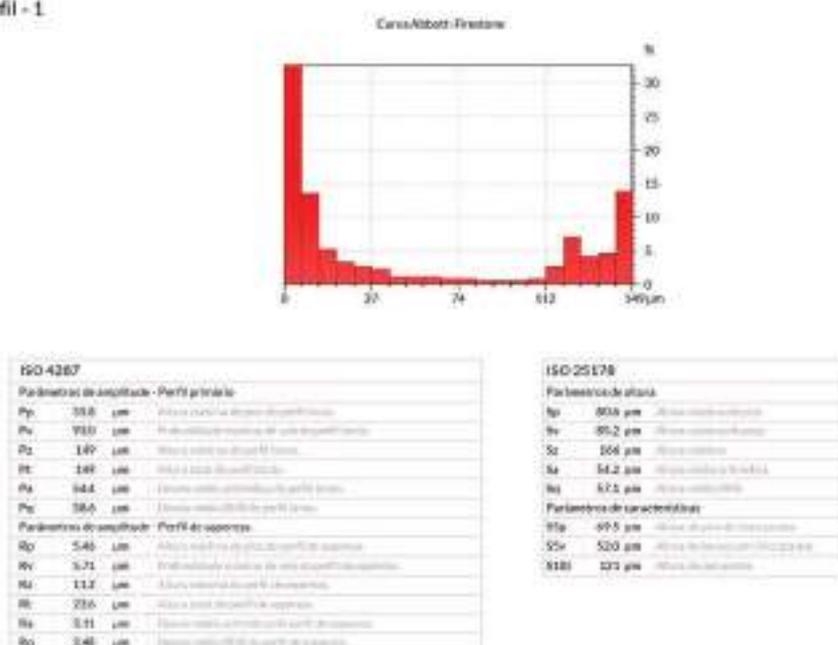
Análise de perfil - 1



3/7

TEXTURA F - QUÍMICA

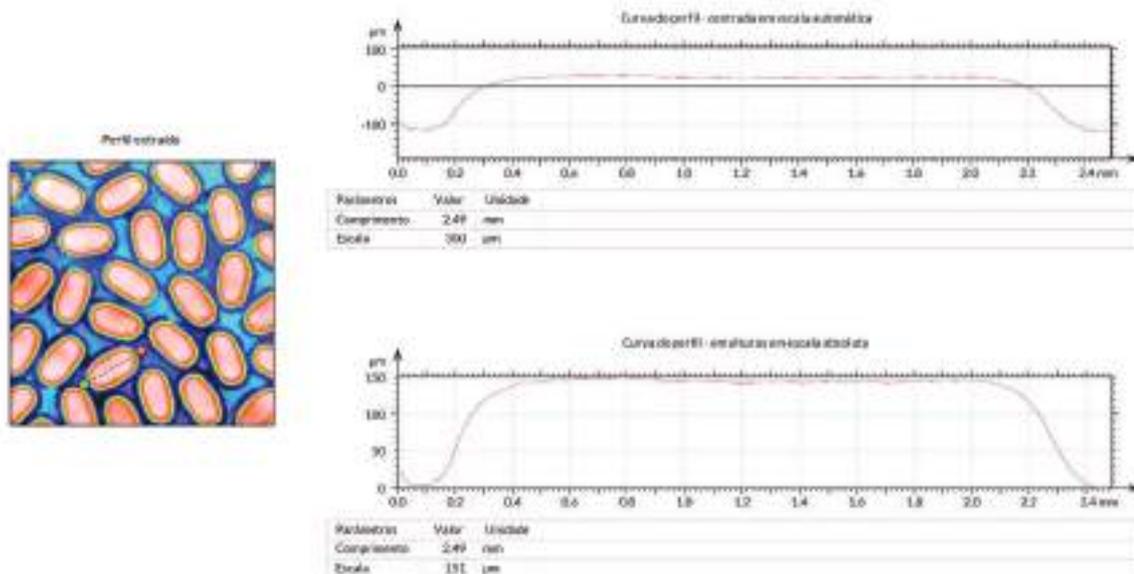
Análise de perfil - 1



4/7

TEXTURA F - QUÍMICA

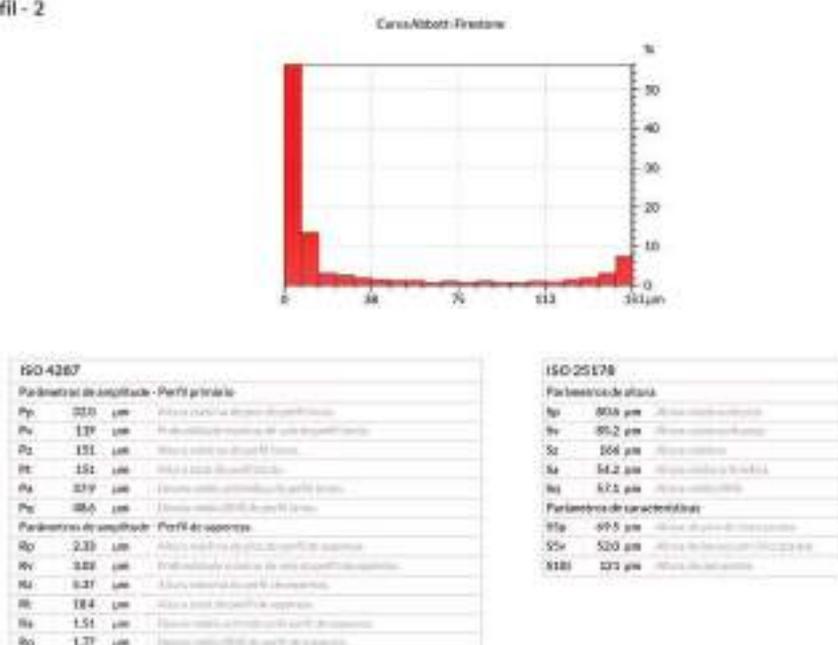
Análise de perfil - 2



5/7

TEXTURA F - QUÍMICA

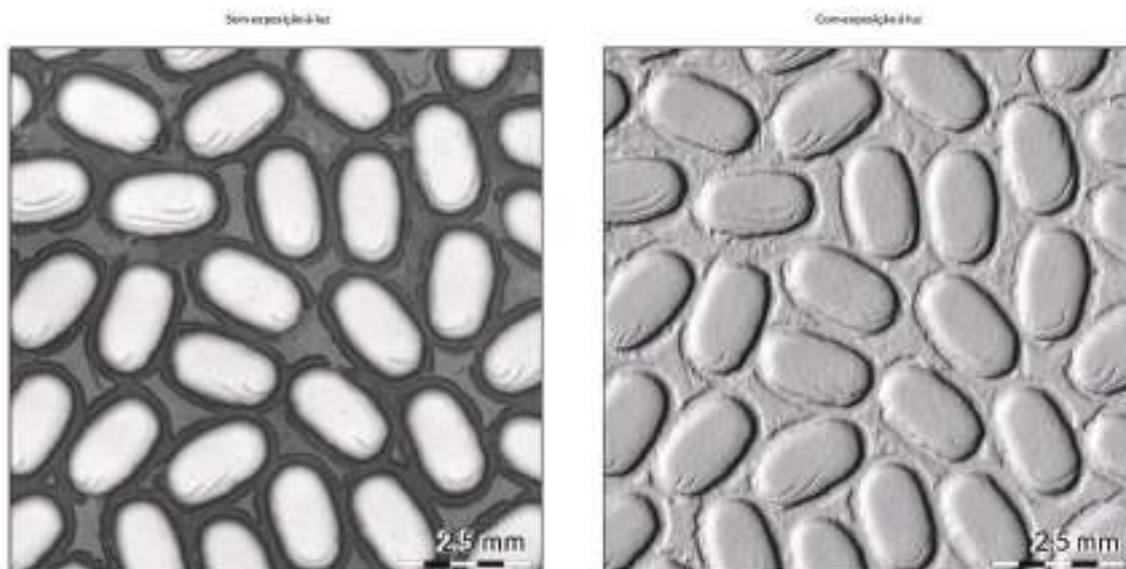
Análise de perfil - 2



6/7

TEXTURA F - QUÍMICA

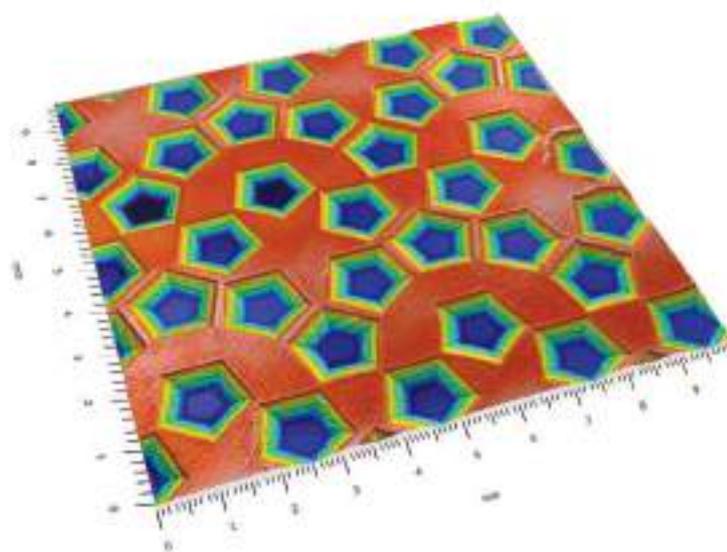
Visualização foto-realista



T/7

TEXTURA G - LASER

Representação tridimensional*



*Dados amplificados para melhor visualização

Identificação

Nome: GIL
Criado em: 26/07/2020

Equipamento: 800 3014 HD Scanner
Resolução: 3000dpi
Software: MicrosoftMag®

Eixo: X
Comprimento: 15.0 mm
Espessura: 0.0064 mm

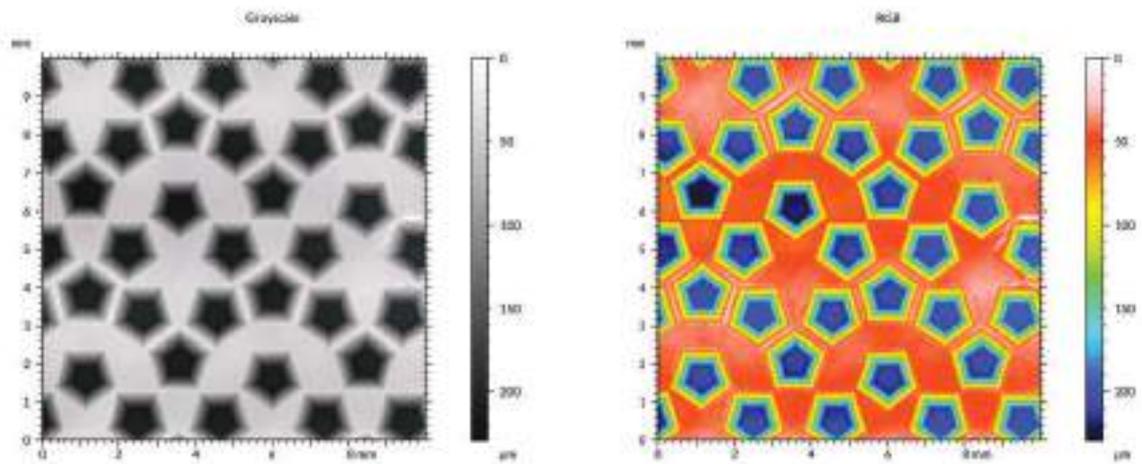
Eixo: Y
Comprimento: 15.0 mm
Espessura: 0.0064 mm

Observações:
Filtragem utilizada:
• Remoção de ruído (pad. de nível 2)
• Remoção de ruído (mediana 3x3)

L/7

TEXTURA G - LASER

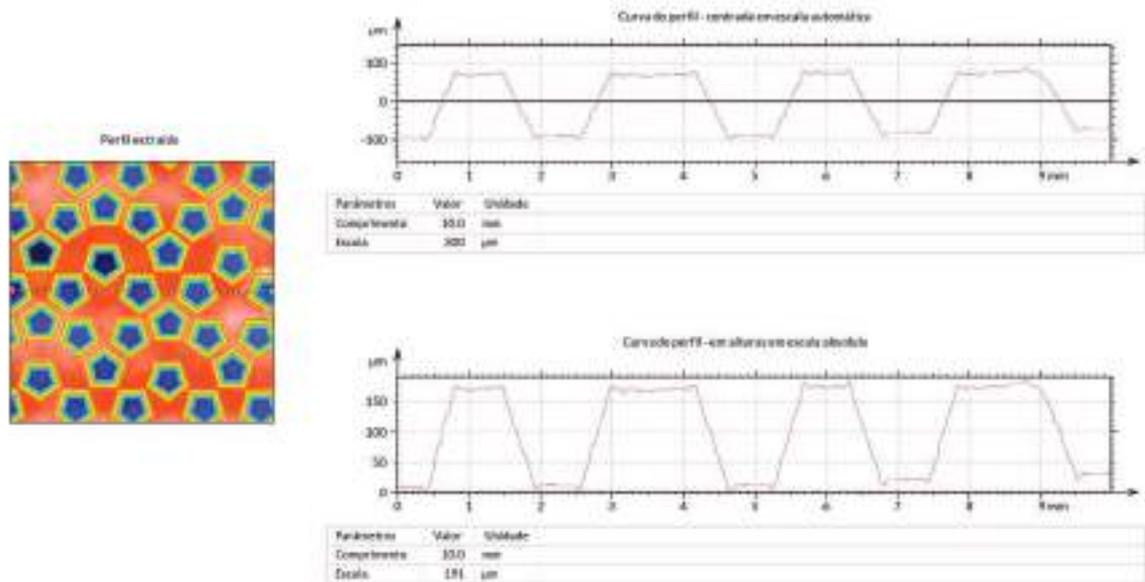
Representação topográfica



3/7

TEXTURA G - LASER

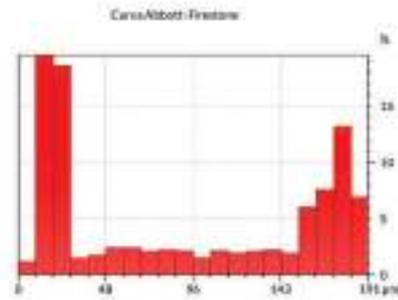
Análise de perfil - 1



3/7

TEXTURA G - LASER

Análise de perfil - 1



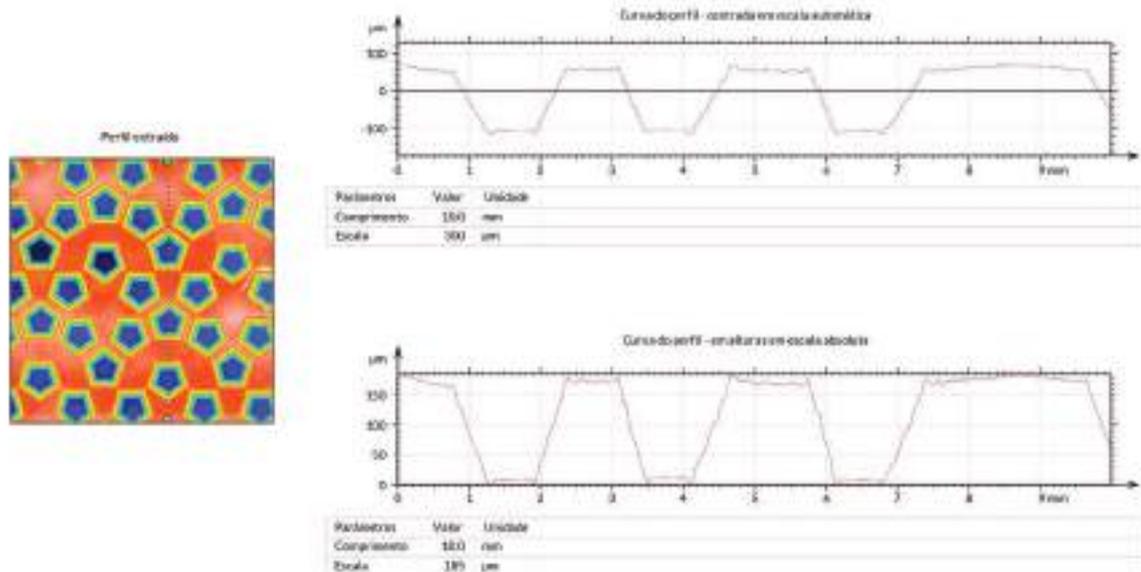
ISO 4287		
Parâmetros de amplitude - Perfil aritmético		
Pp	90,7 μm	Altura máxima do perfil aritmético
Pv	131 μm	Profundidade máxima do perfil aritmético
Pz	131 μm	Altura total do perfil aritmético
PT	141 μm	Altura total do perfil aritmético
Pa	44,9 μm	Altura média aritmética do perfil aritmético
Pq	49,2 μm	Altura média quadrática do perfil aritmético
Parâmetros de amplitude - Perfil de espessura		
Rp	63,6 μm	Altura máxima do perfil de espessura
Rv	63,2 μm	Profundidade máxima do perfil de espessura
Rz	127 μm	Altura total do perfil de espessura
Rt	129 μm	Altura total do perfil de espessura
Ra	20,0 μm	Altura média aritmética do perfil de espessura
Rq	28,3 μm	Altura média quadrática do perfil de espessura

ISO 25178		
Parâmetros de altura		
Sp	100 μm	Altura máxima do perfil
Sv	57,9 μm	Profundidade máxima do perfil
Sz	100 μm	Altura total do perfil
Sa	56,3 μm	Altura média aritmética do perfil
Sq	62,7 μm	Altura média quadrática do perfil
Parâmetros de suavidade		
Stp	60,7 μm	Altura média aritmética do perfil suavizado
Stv	52,4 μm	Profundidade média aritmética do perfil suavizado
Stz	20,7 μm	Altura média quadrática do perfil suavizado

4/7

TEXTURA G - LASER

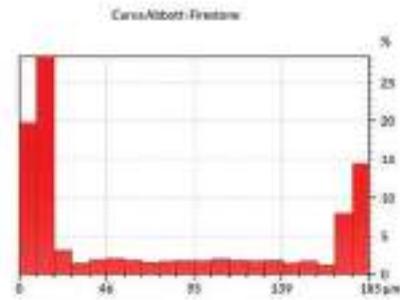
Análise de perfil - 2



5/7

TEXTURA G - LASER

Análise de perfil - 2



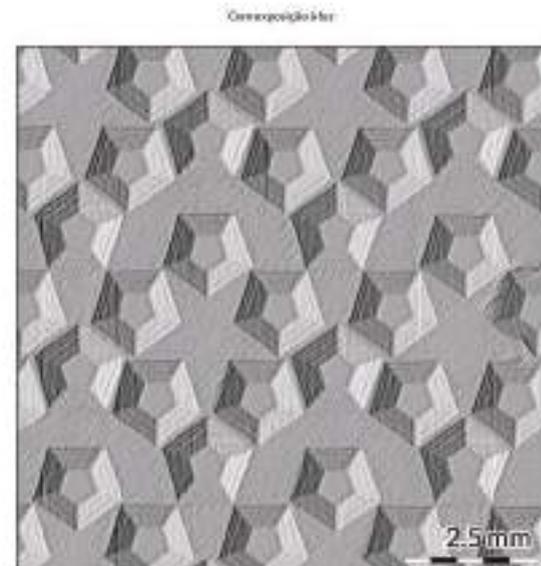
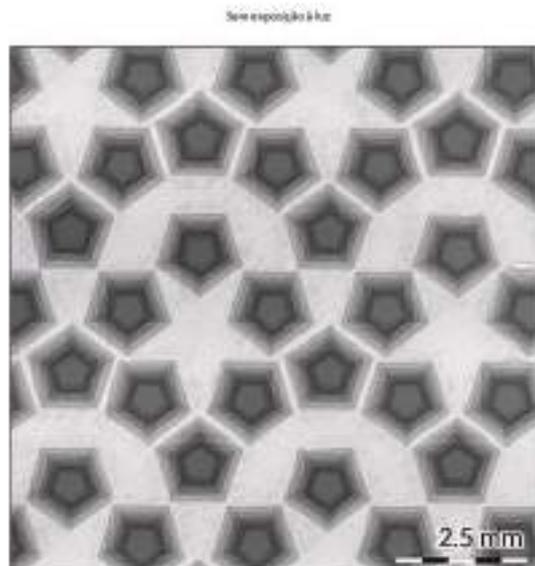
ISO 4267		
Parâmetros de amplitude - Perfil aritmético		
Pa	703 μm	Altura máxima do perfil aritmético
Pv	139 μm	Profundidade máxima do perfil aritmético
Pz	185 μm	Altura total do perfil aritmético
PT	185 μm	Altura total do perfil aritmético
Pa	44,3 μm	Altura média aritmética do perfil aritmético
Pv	70,3 μm	Profundidade média aritmética do perfil aritmético
Parâmetros de amplitude - Perfil de espessura		
Rq	62,1 μm	Altura quadrática média do perfil de espessura
Rv	38,7 μm	Profundidade quadrática média do perfil de espessura
Rz	121 μm	Altura máxima do perfil de espessura
Rt	131 μm	Altura total do perfil de espessura
Ra	22,1 μm	Altura média do perfil de espessura
Rq	28,7 μm	Profundidade média do perfil de espessura

ISO 25178		
Parâmetros de altura		
Sp	100 μm	Altura máxima do perfil
Sv	57 μm	Profundidade máxima do perfil
Sz	100 μm	Altura total do perfil
Sa	56,3 μm	Altura média do perfil
Sv	32,7 μm	Profundidade média do perfil
Parâmetros de caracterização		
Stp	607 μm	Altura do pico do perfil
SStp	124 μm	Altura do pico do perfil
SStp	207 μm	Altura do pico do perfil

6/7

TEXTURA G - LASER

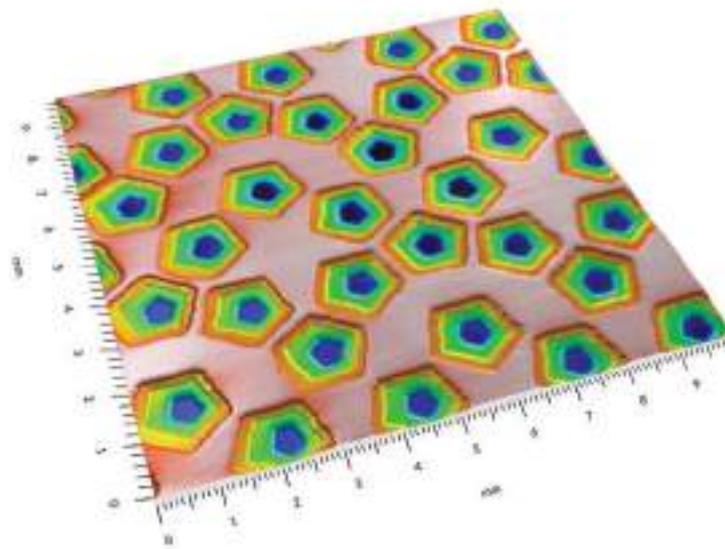
Visualização foto-realista



7/7

TEXTURA G - QUÍMICA

Representação tridimensional*



Identificação

Nome: G8Q
Criado em: 25/07/2025

Equipamento: AMN ZEISS/JEOL
Resolução: 3000px
Software: MountainsMap®

Eixo: X
Comprimento: 33.0 mm
Espaçamento: 0.00341 mm

Eixo: Y
Comprimento: 33.0 mm
Espaçamento: 0.00341 mm

Observações:

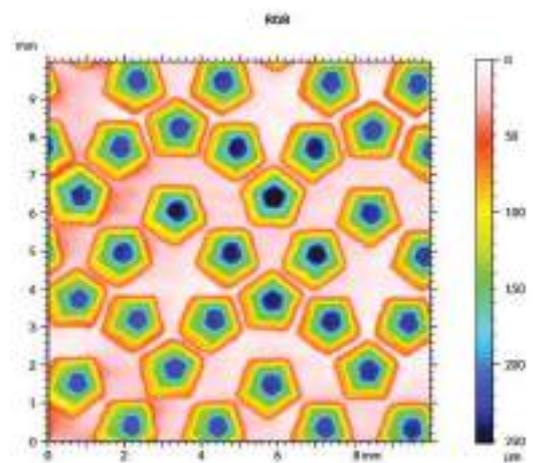
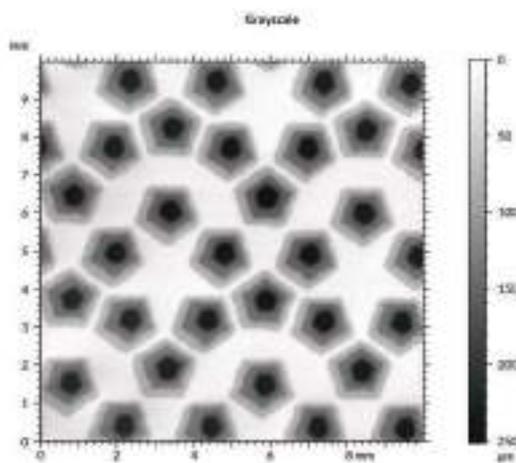
- TI Irregularizada
- Remoção de forma (pol. de grau 2)
- Remoção de ruído (mediana 30x)

*Dados em Micrómetros (µm) por resolução

1/7

TEXTURA G - QUÍMICA

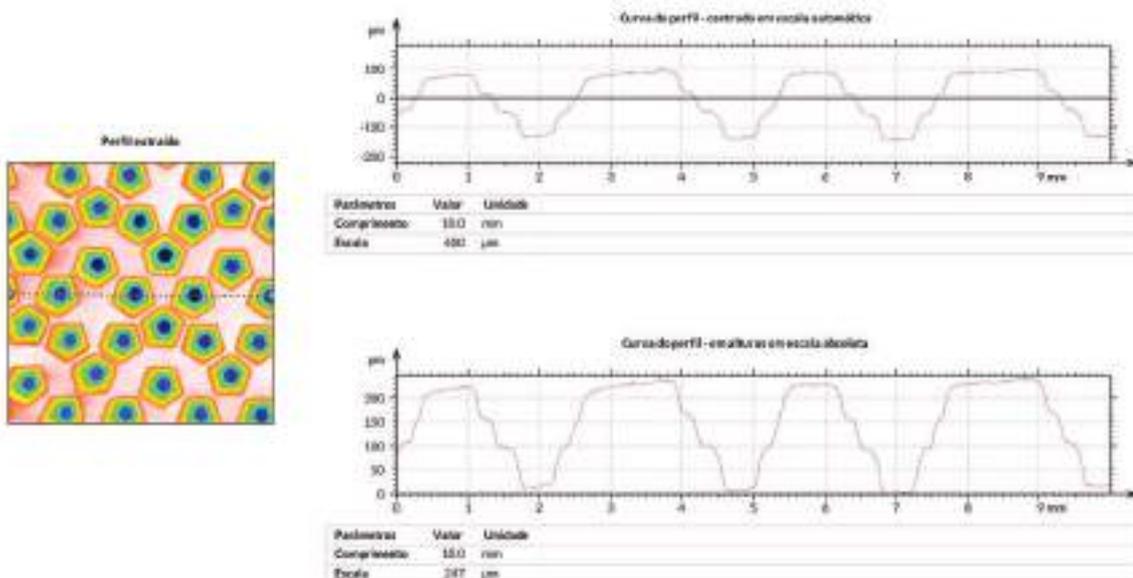
Representação topográfica



2/7

TEXTURA G - QUÍMICA

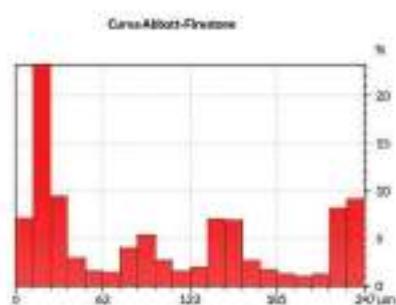
Análise de perfil - 1



3/7

TEXTURA G - QUÍMICA

Análise de perfil - 1



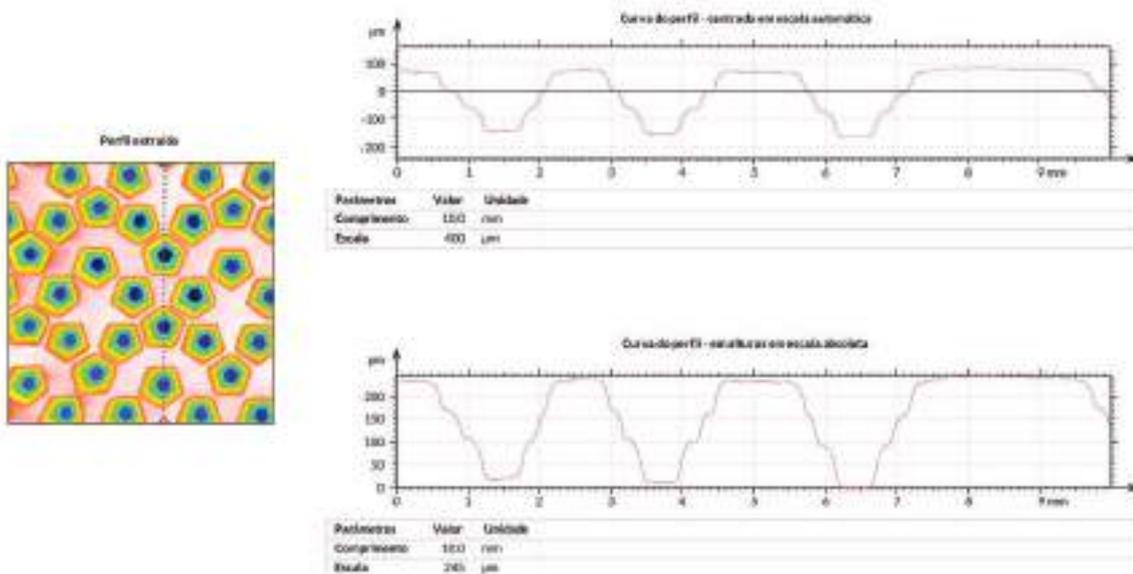
ISO 4287	
Parâmetros de amplitude - Perfil prático	
Pa	332 µm - Altura máxima de pico de perfil prático
Pz	145 µm - Profundidade máxima de vale de perfil prático
Pt	347 µm - Altura máxima de perfil prático
Pc	247 µm - Altura total de perfil prático
Pa	79,0 µm - Altura máxima de pico de perfil prático
Pz	82,1 µm - Profundidade máxima de vale de perfil prático
Parâmetros de amplitude - Perfil de espessura	
Sp	16,7 µm - Altura máxima de pico de perfil de espessura
Sv	78,2 µm - Profundidade máxima de vale de perfil de espessura
Sz	129 µm - Altura máxima de perfil de espessura
Sx	144 µm - Altura total de perfil de espessura
Sa	37,1 µm - Altura máxima de pico de perfil de espessura
Sz	43,5 µm - Profundidade máxima de vale de perfil de espessura

ISO 25178	
Parâmetros de altura	
Sp	82,2 µm - Altura máxima de pico
Sv	168 µm - Profundidade máxima de vale
Sz	252 µm - Altura total
Sa	54,2 µm - Altura máxima de pico
Sz	64,0 µm - Profundidade máxima de vale
Parâmetros de características	
S2p	80,5 µm - Altura de pico de perfil prático
S2v	158 µm - Profundidade de vale de perfil prático
S30	229 µm - Altura de descontinuidade

4/7

TEXTURA G - QUÍMICA

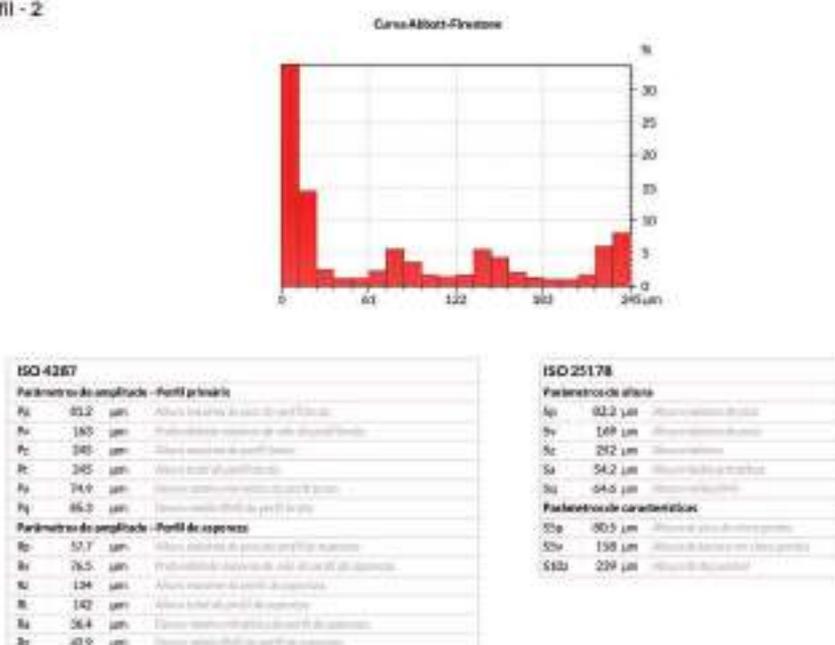
Análise de perfil - 2



5/7

TEXTURA G - QUÍMICA

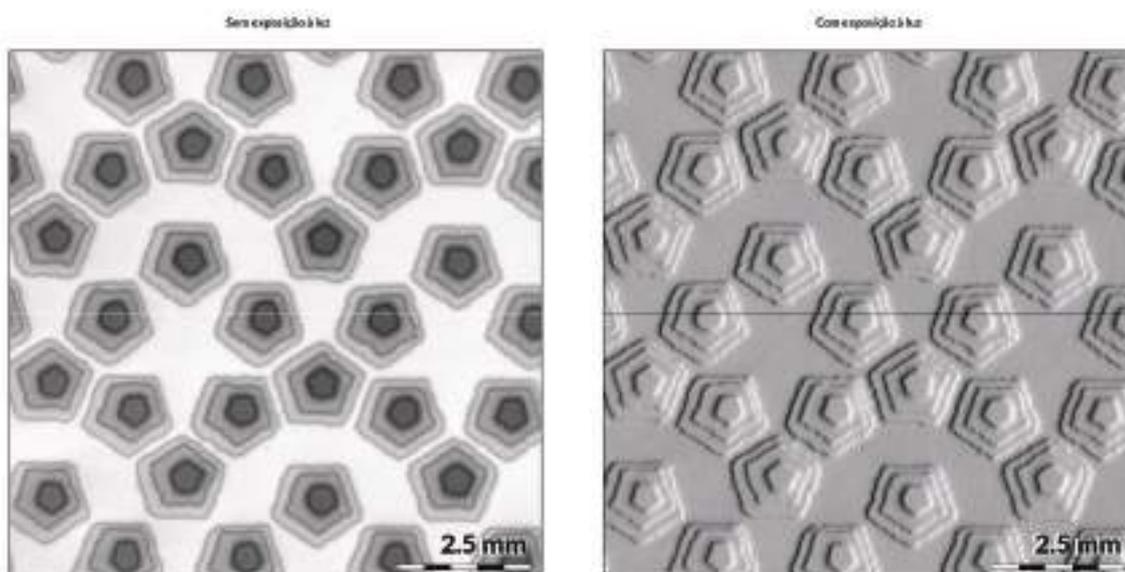
Análise de perfil - 2



6/7

TEXTURA G - QUÍMICA

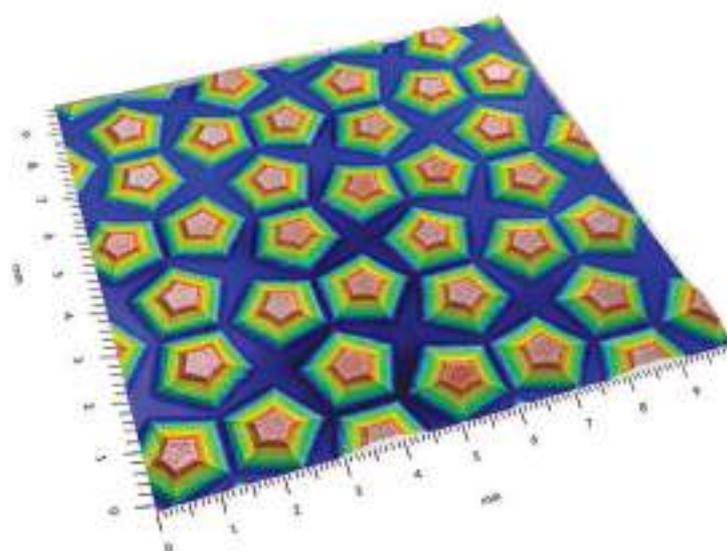
Visualização foto-realista



7/7

TEXTURA H - LASER

Representação tridimensional*



*Dados em 3D e cores em 2D para visualização

Identificação

Nome: H-L
Criado em: 25/07/2008

Equipamento: AMO 300UM-3 Laser
Resolução: 3000dpi
Software: Mastercam8pt6

Eixo: X
Comprimento: 30.0 mm
Espessura: 0.00041 mm

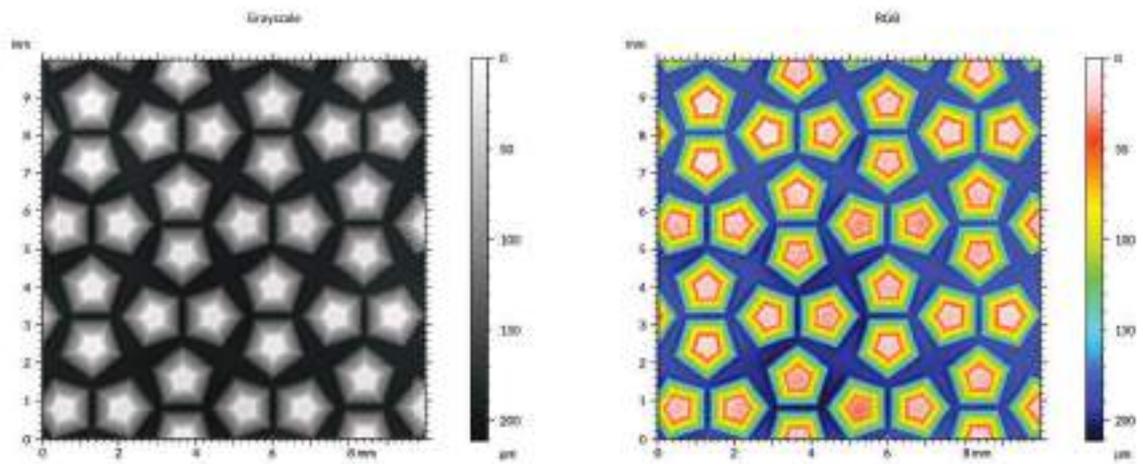
Eixo: Y
Comprimento: 30.0 mm
Espessura: 0.00041 mm

Observações:
TI Fragmentada
• Remoção de forma (pol. de grau 2)
• Remoção de ruído (vetores 30%)

6/7

TEXTURA H - LASER

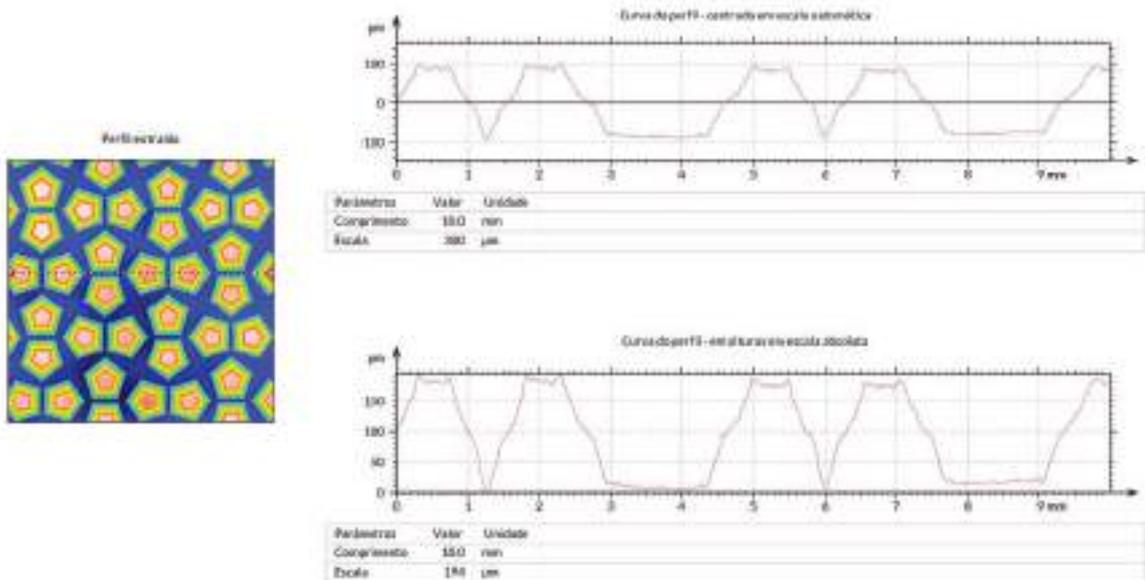
Representação topográfica



2/7

TEXTURA H - LASER

Análise de perfil - 1

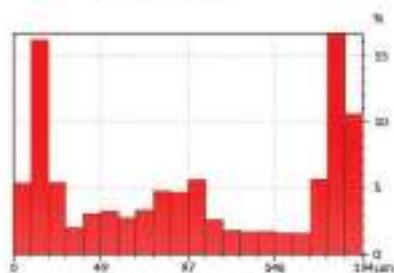


3/7

TEXTURA H - LASER

Análise de perfil - 1

Curva Abbott-Firestone



ISO 4287

Parâmetros de amplitude - Perfil aritmético

Pa	98,7	µm	Altura máxima de excitação (Rt)
Pv	94,6	µm	Profundidade máxima de excitação (Rt)
Pz	194	µm	Altura máxima do perfil (Rt)
Pt	194	µm	Profundidade máxima do perfil (Rt)
Pq	93,9	µm	Altura máxima do perfil (Rt)
Pk	88,0	µm	Profundidade máxima do perfil (Rt)

Parâmetros de amplitude - Perfil de espessura

Rp	59,8	µm	Altura máxima do pico do perfil (Rt)
Rr	83,1	µm	Profundidade máxima do vale do perfil (Rt)
Rz	142	µm	Altura máxima do perfil (Rt)
Rt	170	µm	Altura total do perfil (Rt)
Sa	29,4	µm	Desvio médio quadrático do perfil (Rt)
Sz	25,7	µm	Desvio médio quadrático do perfil (Rt)

ISO 25178

Parâmetros de altura

Sp	134	µm	Altura máxima do pico
Sv	77,4	µm	Profundidade máxima do vale
Sc	211	µm	Altura total
Sa	50,0	µm	Desvio médio quadrático
Sz	57,0	µm	Desvio médio quadrático

Parâmetros de características

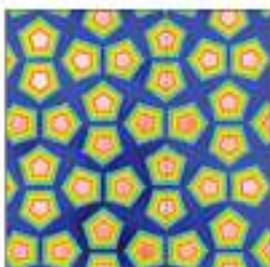
S10	130	µm	Altura máxima do pico
S15	72,3	µm	Profundidade máxima do vale
S10	198	µm	Altura total

4/7

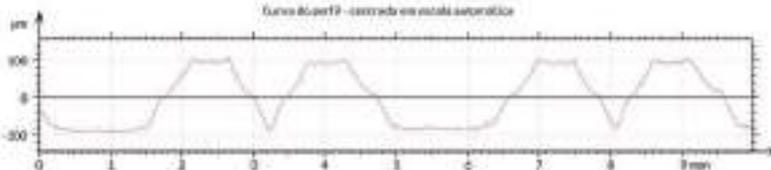
TEXTURA H - LASER

Análise de perfil - 2

Perfil estrado

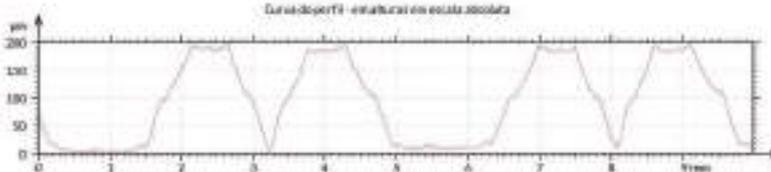


Curva do perfil - estrado em escala automática



Parâmetros	Valor	Unidade
Comprimento	9,98	min
Escala	300	µm

Curva do perfil - estrado em escala absoluta

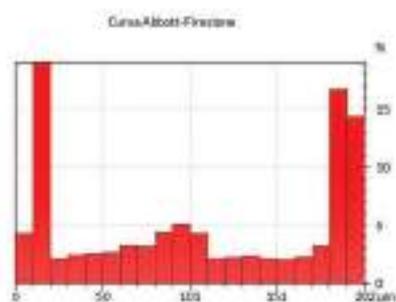


Parâmetros	Valor	Unidade
Comprimento	9,98	min
Escala	202	µm

5/7

TEXTURA H - LASER

Análise de perfil - 2

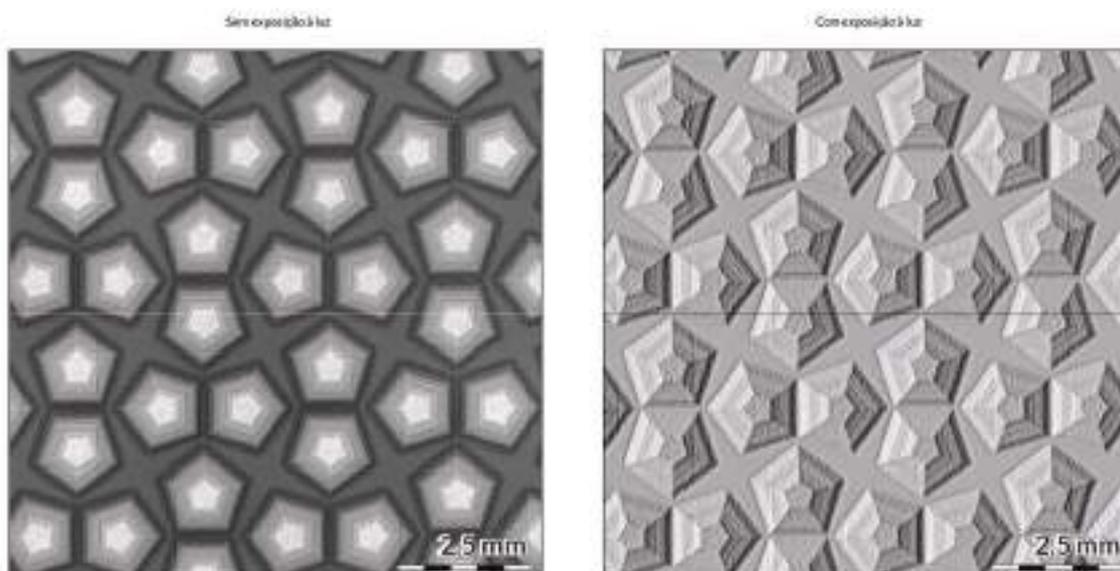


ISO 4287		ISO 25178	
Parâmetros de amplitude - Perfil aritmético		Parâmetros de altura	
Pa	100 µm	Sp	134 µm
Pv	93,6 µm	Sv	77,4 µm
Pz	302 µm	Sc	271 µm
Pt	302 µm	Sa	560 µm
Pq	65,0 µm	Sq	57,6 µm
Pk	71,9 µm	Parâmetros de características	
Parâmetros de amplitude - Perfil de espessura		Sse	130 µm
Sp	62,5 µm	Ssv	72,3 µm
Sv	76,9 µm	Ssc	190 µm
Sz	127 µm		
Sx	189 µm		
Sy	20,9 µm		
Sz	26,4 µm		

6/7

TEXTURA H - LASER

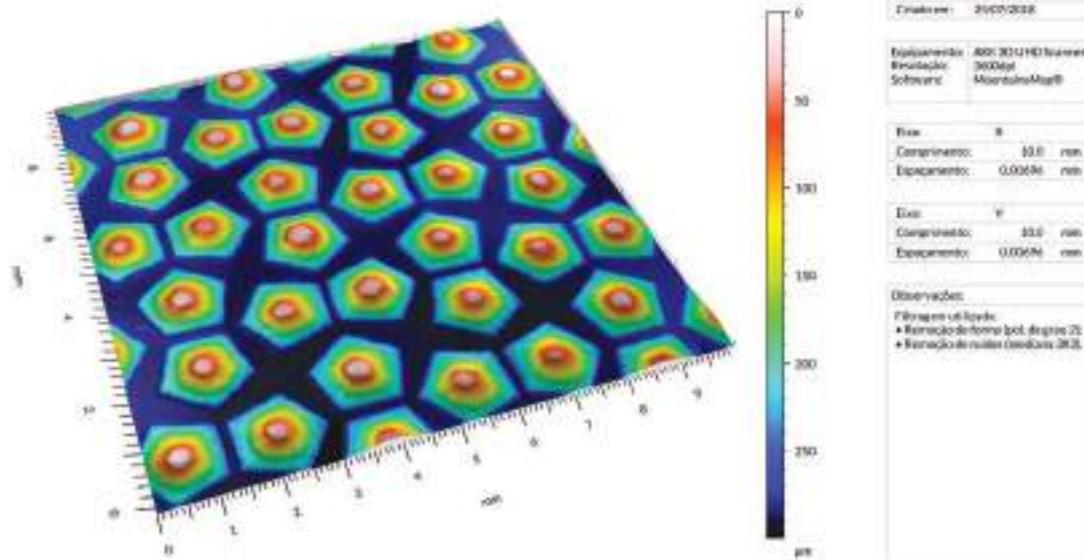
Visualização foto-realista



7/7

TEXTURA H - QUÍMICA

Representação tridimensional*

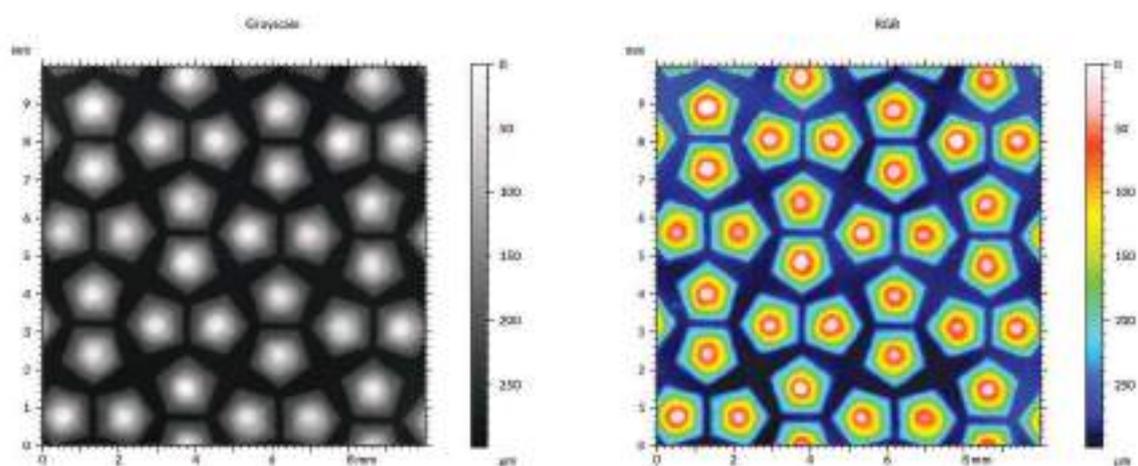


*Dados aqui fixados para melhor visualização

1/7

TEXTURA H - QUÍMICA

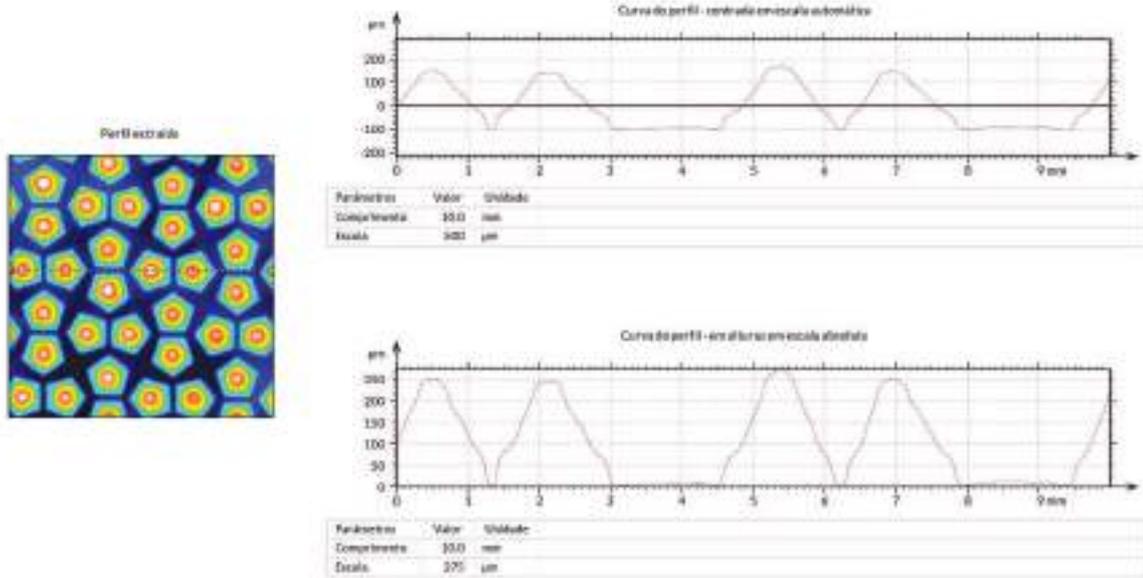
Representação topográfica



2/7

TEXTURA H - QUÍMICA

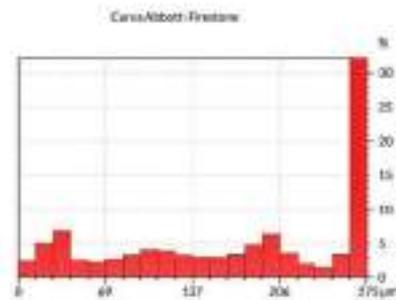
Análise de perfil - 1



3/7

TEXTURA H - QUÍMICA

Análise de perfil - 1



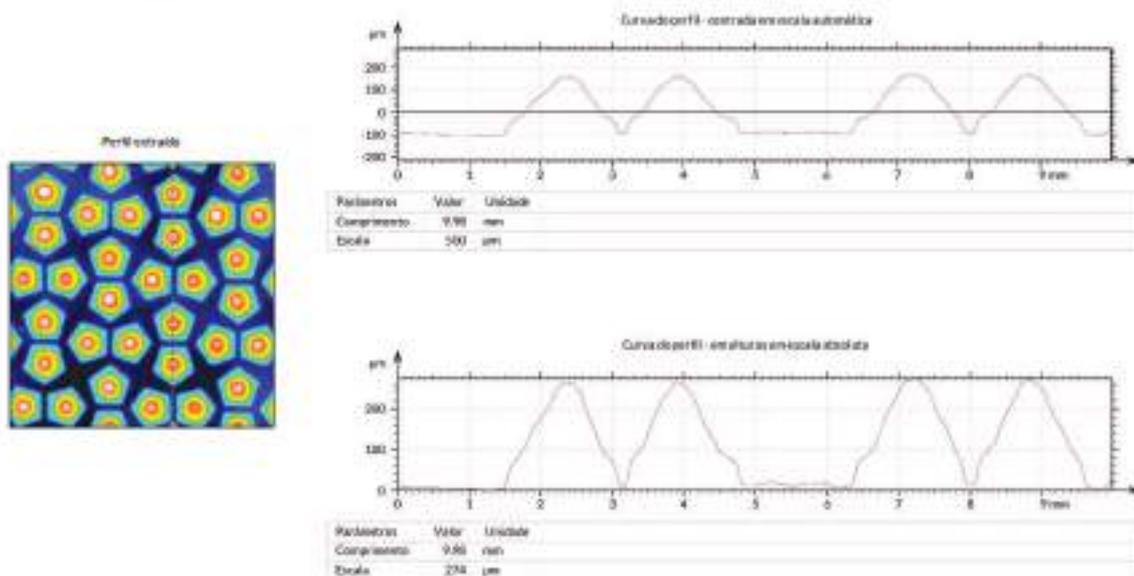
ISO 4287	
Parâmetros de amplitude - Perfil aritmético	
Pa	133 µm
Pv	133 µm
Pz	275 µm
Pr	275 µm
Pa	80.1 µm
Pv	95.0 µm
Parâmetros de amplitude - Perfil de rugosidade	
Rp	93.1 µm
Rv	120 µm
Rz	233 µm
Rt	225 µm
Ra	46.4 µm
Rq	51.6 µm

ISO 25178	
Parâmetros de altura	
Sp	213 µm
Sv	87.9 µm
Sz	308 µm
Sa	81.6 µm
Sq	76.3 µm
Parâmetros de caracterização	
Stp	203 µm
Szv	144.4 µm
Sz10	144.4 µm

4/7

TEXTURA H - QUÍMICA

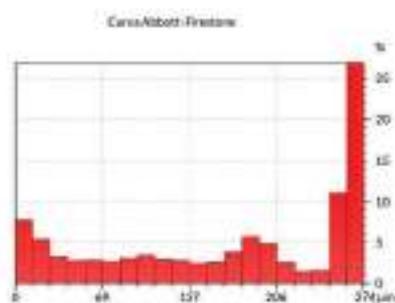
Análise de perfil - 2



5/7

TEXTURA H - QUÍMICA

Análise de perfil - 2



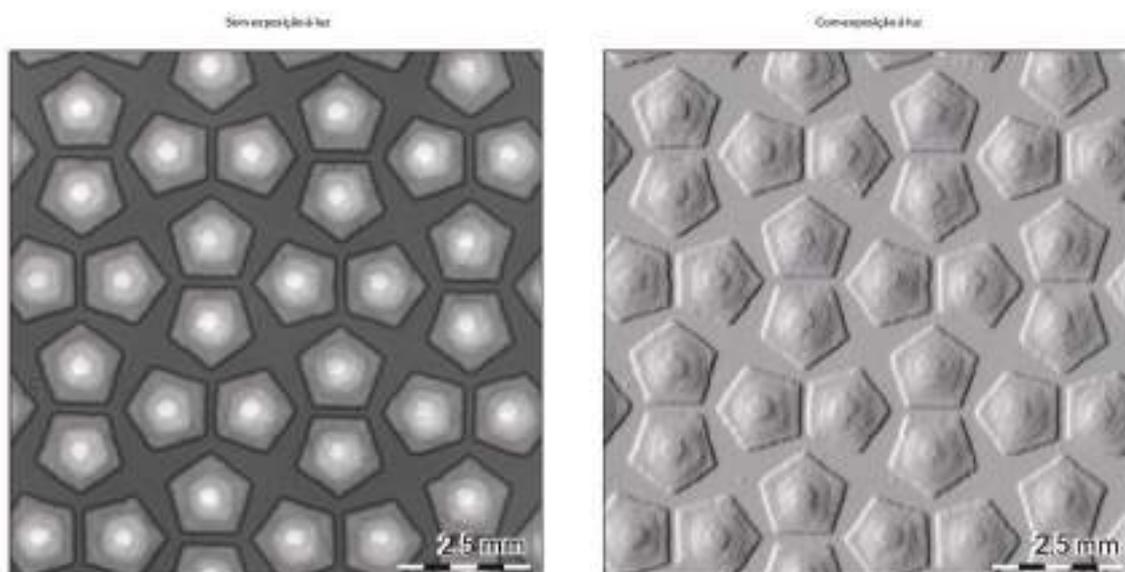
ISO 4267	
Parâmetros de amplitude - Perfil primário	
Pp	140 μm
Pv	100 μm
Pz	274 μm
Pr	274 μm
Pa	84,2 μm
Pq	94,8 μm
Parâmetros de amplitude - Perfil de segunda ordem	
Rp	95,1 μm
Rv	81,7 μm
Rz	183 μm
Rr	221 μm
Ra	40,1 μm
Rq	45,7 μm

ISO 25178	
Parâmetros de altura	
Sp	213 μm
Sv	87,8 μm
Sz	308 μm
Sa	81,8 μm
Sq	76,3 μm
Parâmetros de caracterização	
Stp	203 μm
Szv	84,4 μm
Szq	84,4 μm

6/7

TEXTURA H - QUÍMICA

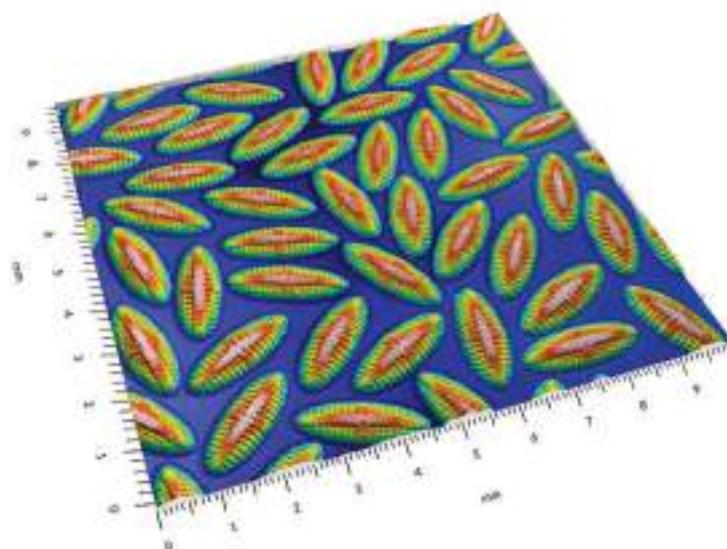
Visualização foto-realista



T/7

TEXTURA I - LASER

Representação tridimensional*



*Dados em 3D sobrepostos na visualização

Identificação

Nome:	100L
Criado em:	25/07/2008
Equipamento:	AMS 300UM3 Laserline
Resolução:	3000dpi
Software:	Montreal-MapIt

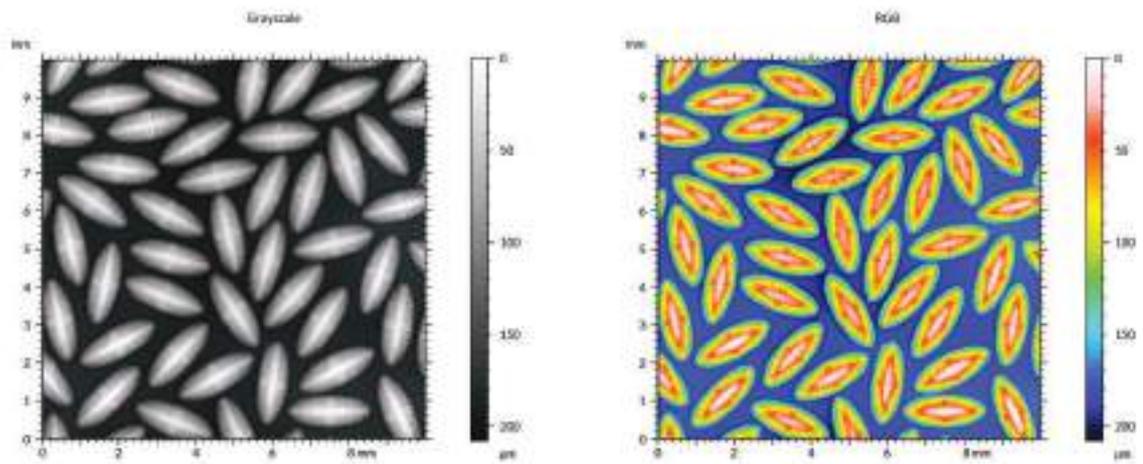
Eixo:	X
Comprimento:	30.0 mm
Espessamento:	0.00046 mm
Eixo:	Y
Comprimento:	30.0 mm
Espessamento:	0.00046 mm

Observações:
<ul style="list-style-type: none"> • Filagem utilizada • Remoção de forma (pol. de grau 2) • Remoção de ruído (filtro de 3x3)

L/7

TEXTURA I - LASER

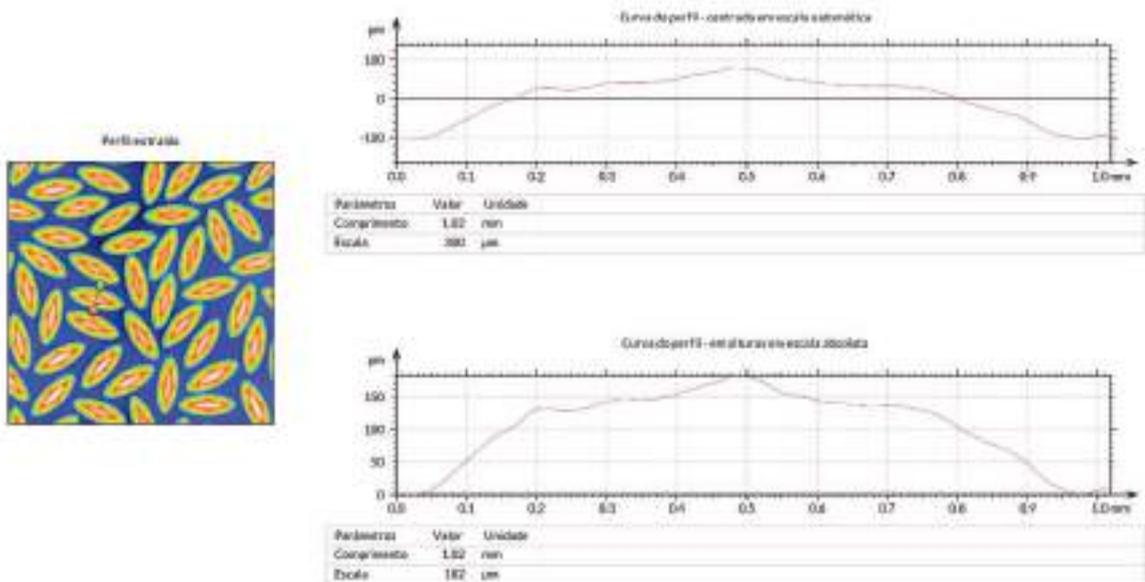
Representação topográfica



2/7

TEXTURA I - LASER

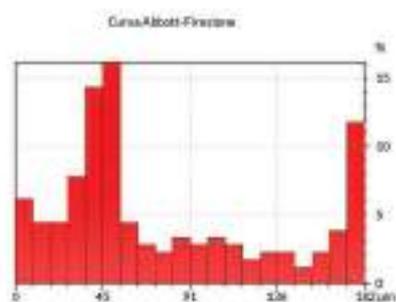
Análise de perfil - 1



3/7

TEXTURA I - LASER

Análise de perfil - 1



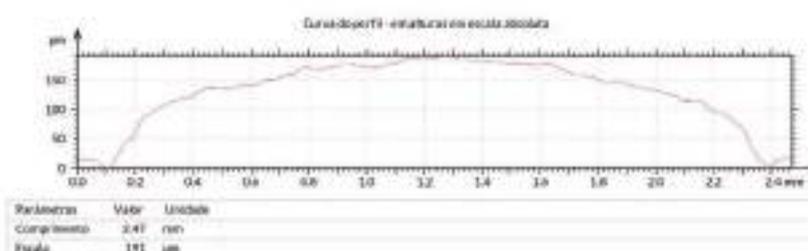
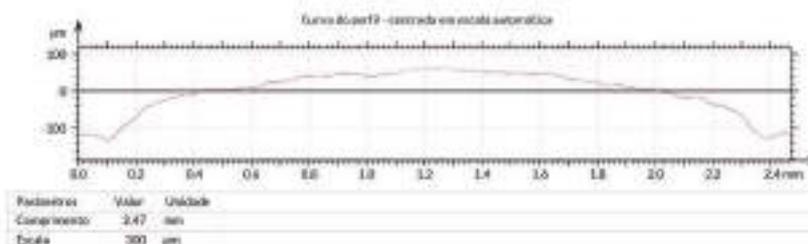
ISO 4287		
Parâmetros de amplitude - Perfil aritmético		
Pa	77,1 µm	Altura vertical de pico ao vale (Zmax)
Pv	379 µm	Profundidade máxima de vale (Zmin)
Pz	182 µm	Alcance vertical do perfil (Z)
Pt	180 µm	Altura total do perfil (Zt)
Pp	48,5 µm	Desvio médio quadrático do perfil (Sq)
Pq	36,2 µm	Desvio médio do perfil (Sa)
Parâmetros de amplitude - Perfil de espessura		
Sp	8,40 µm	Altura máxima de pico ao vale (Zmax)
Sv	5,60 µm	Profundidade máxima de vale (Zmin)
Sz	14,0 µm	Alcance vertical do perfil (Z)
St	17,4 µm	Altura total do perfil (Zt)
Sa	3,70 µm	Desvio médio quadrático do perfil (Sq)
Sq	4,30 µm	Desvio médio do perfil (Sa)

ISO 25178		
Parâmetros de altura		
Sp	127 µm	Altura máxima de pico
Sv	80,7 µm	Profundidade máxima de vale
Sz	208 µm	Alcance vertical
Sa	50,7 µm	Desvio médio quadrático
Sq	56,8 µm	Desvio médio
Parâmetros de características		
S5q	125 µm	Altura máxima de pico
S5v	28,0 µm	Profundidade máxima de vale
S5z	153 µm	Alcance vertical

4/7

TEXTURA I - LASER

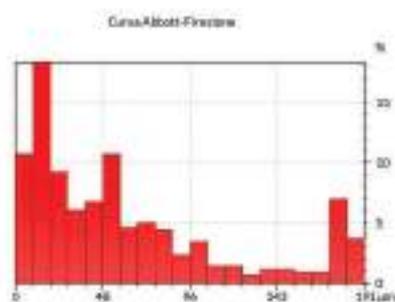
Análise de perfil - 2



5/7

TEXTURA I - LASER

Análise de perfil - 2



ISO 4287	
Parâmetros de amplitude - Perfil aritmético	
R_a	60,0 μm - Altura média de elevação aritmética
R_v	130 μm - Profundidade máxima de sulco aritmética
R_z	181 μm - Altura máxima de perfil aritmético
R_t	191 μm - Altura total de perfil aritmético
R_q	44,1 μm - Desvio médio quadrático do perfil aritmético
R_y	56,0 μm - Desvio médio do perfil aritmético
Parâmetros de amplitude - Perfil de espessura	
R_p	608 μm - Altura máxima de pico do perfil de espessura
R_v	541 μm - Profundidade máxima de sulco do perfil de espessura
R_t	1051 μm - Altura máxima de perfil de espessura
R_z	292 μm - Altura total do perfil de espessura
R_a	202 μm - Desvio médio quadrático do perfil de espessura
R_y	250 μm - Desvio médio do perfil de espessura

ISO 25178	
Parâmetros de altura	
S_p	127 μm - Altura máxima de pico
S_v	807 μm - Profundidade máxima de sulco
S_z	208 μm - Altura máxima
S_a	507 μm - Altura máxima de pico
S_q	56,0 μm - Desvio médio quadrático
Parâmetros de características	
S_{Sk}	125 μm - Altura máxima de pico
S_{Sv}	28,0 μm - Profundidade máxima de sulco
S_{St}	153 μm - Altura máxima de pico

6/7

TEXTURA I - LASER

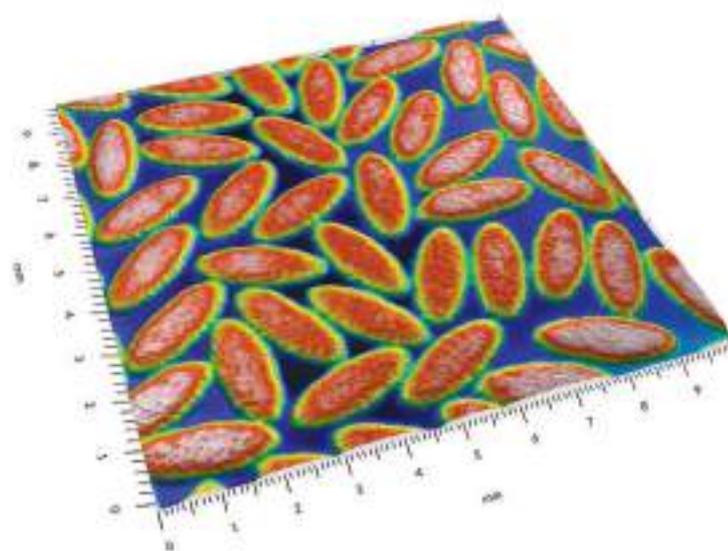
Visualização foto-realista



7/7

TEXTURA I - QUÍMICA

Representação tridimensional*



Identificação

Nome: 100
Criado em: 25/07/2008

Equipamento: AMN ZEISS Ikon
Resolução: 300dpi
Software: ImageAnalyst

Eixo: X
Comprimento: 30.0 mm
Espaçamento: 0.00041 mm

Eixo: Y
Comprimento: 30.0 mm
Espaçamento: 0.00041 mm

Observações:

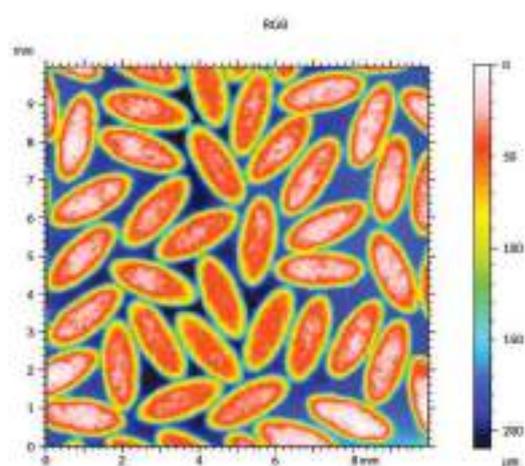
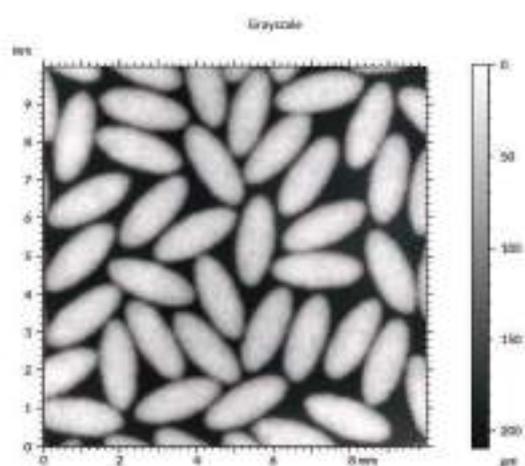
- Filtragem utilizada
- Remoção de ruído (pul. de grão)
- Remoção de ruído (mediana 3x3)

*Dados em 3D obtidos por meio de avaliação

1/7

TEXTURA I - QUÍMICA

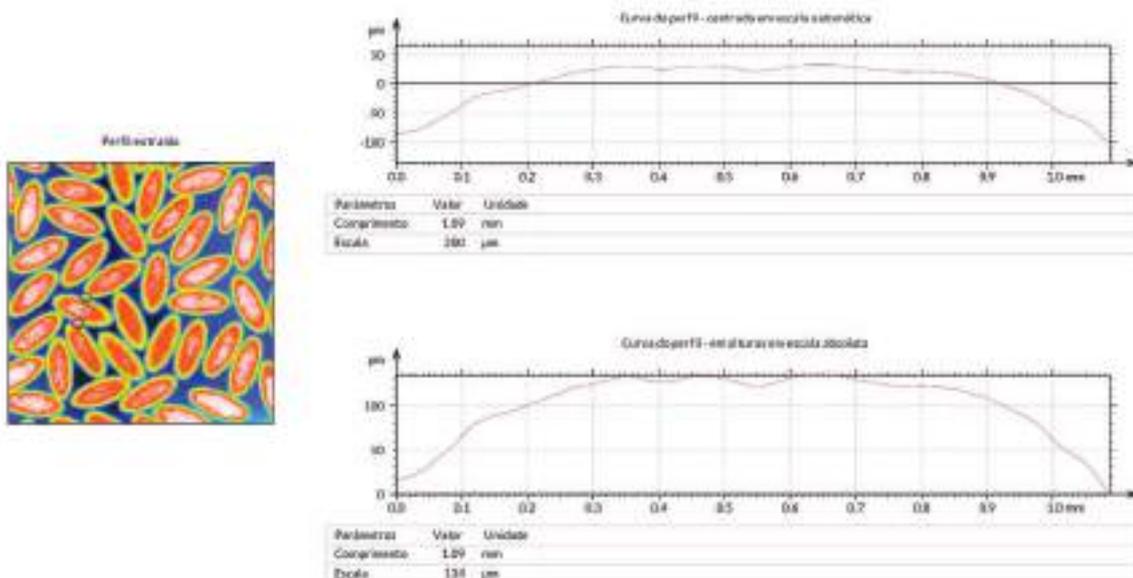
Representação topográfica



2/7

TEXTURA I - QUÍMICA

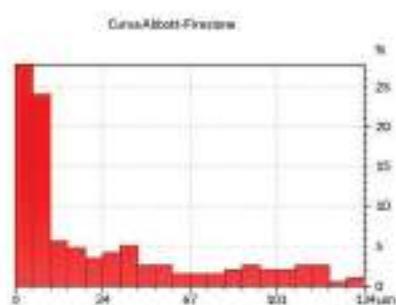
Análise de perfil - 1



3/7

TEXTURA I - QUÍMICA

Análise de perfil - 1



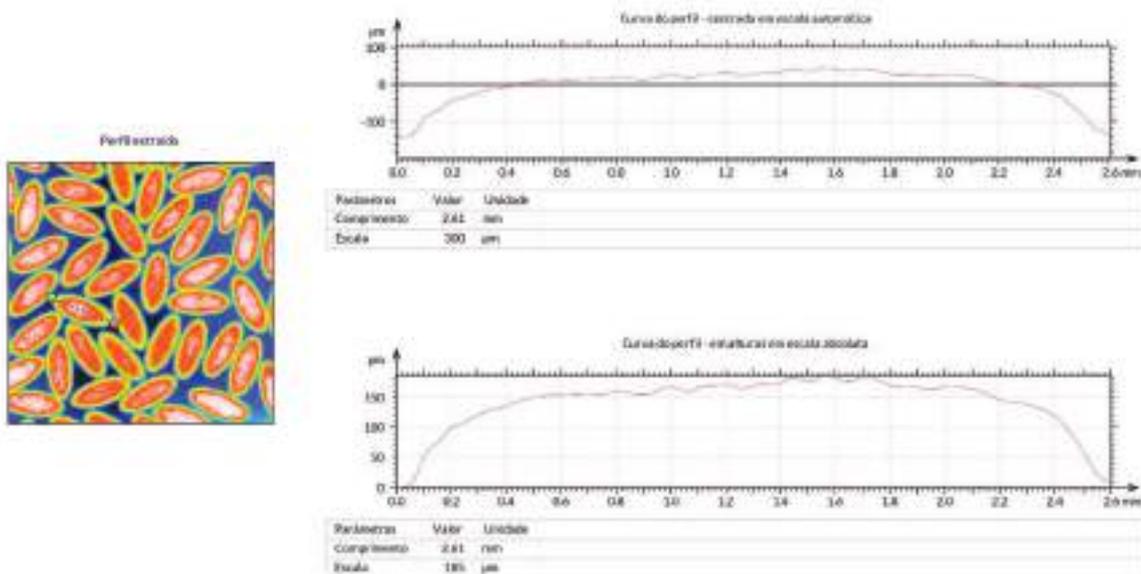
ISO 4287	
Parâmetros de amplitude - Perfil aritmético	
Pa	20,0 µm
Pz	102 µm
Pc	124 µm
Pt	134 µm
Pv	19,0 µm
Pq	38,1 µm
Parâmetros de amplitude - Perfil de rugosidade	
Rp	3,30 µm
Rz	34,0 µm
Rq	6,75 µm
Rt	13,7 µm
Ra	1,30 µm
Rv	3,30 µm

ISO 25178	
Parâmetros de altura	
Sp	93,0 µm
Sz	117 µm
Sc	209 µm
Sa	52,0 µm
Sq	59,0 µm
Parâmetros de caraterísticas	
SSt	79,5 µm
SSv	108 µm
SSD	187 µm

4/7

TEXTURA I - QUÍMICA

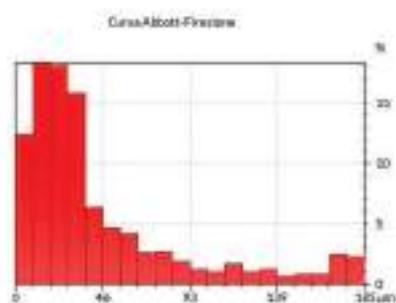
Análise de perfil - 2



5/7

TEXTURA I - QUÍMICA

Análise de perfil - 2



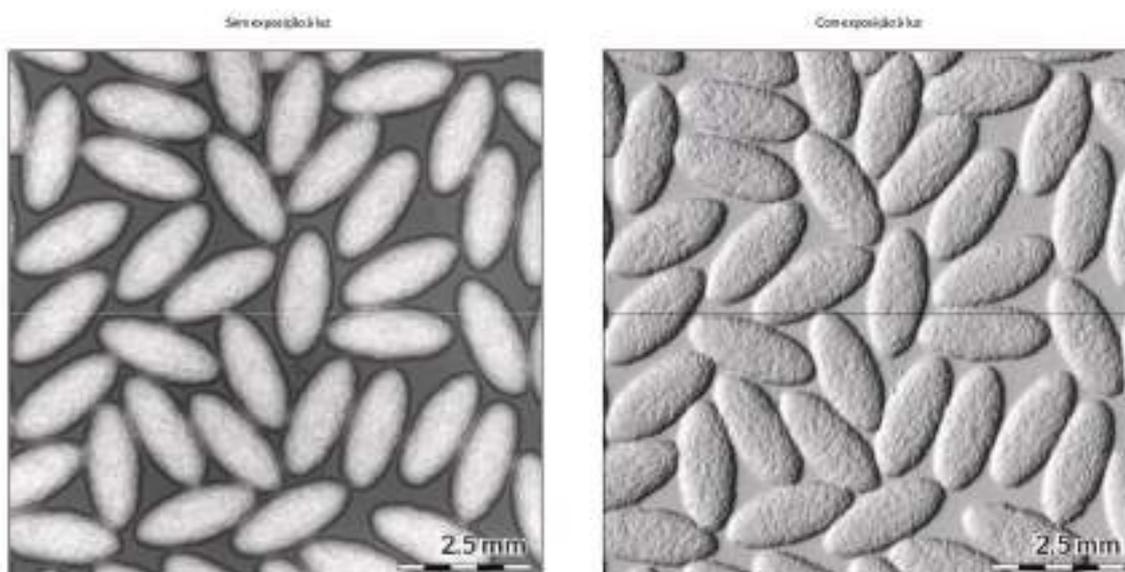
ISO 4287	
Parâmetros de amplitude - Perfil aritmético	
Ra	40,4 µm
Rz	141 µm
Rc	180 µm
Rt	185 µm
Pa	32,7 µm
Pq	66,6 µm
Parâmetros de amplitude - Perfil de espaçamento	
Rp	2,66 µm
Rv	3,56 µm
Rk	3,86 µm
Rl	10,3 µm
Ra	1,56 µm
Rq	1,85 µm

ISO 25178	
Parâmetros de altura	
Sp	93,0 µm
Sz	117 µm
Sc	209 µm
Sa	52,3 µm
Sq	59,6 µm
Parâmetros de largura	
Slp	79,5 µm
Slz	108 µm
Slc	187 µm

6/7

TEXTURA I - QUÍMICA

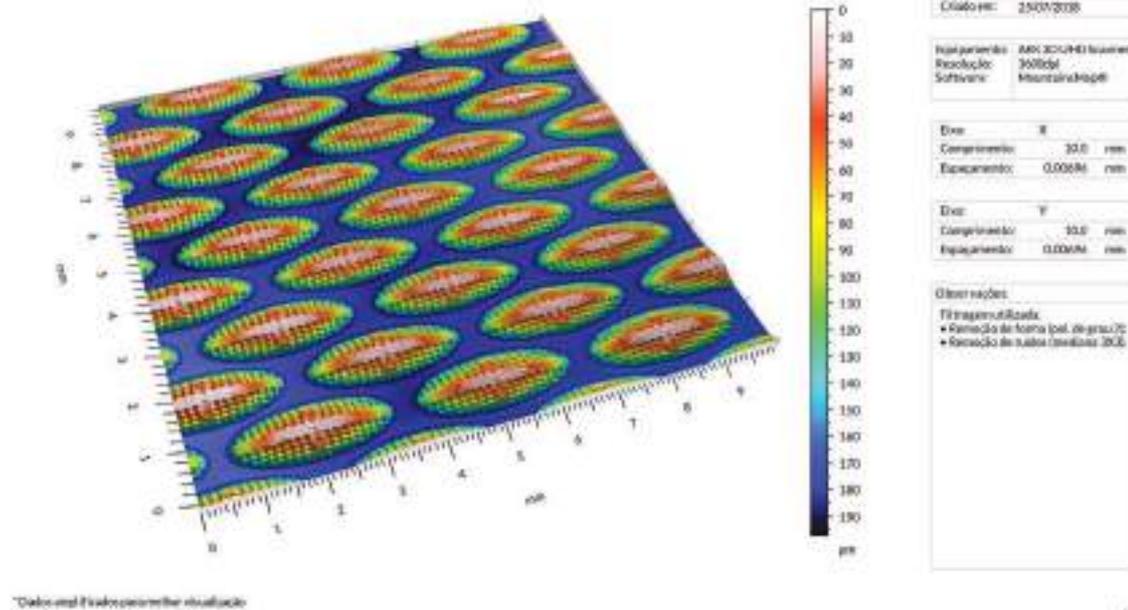
Visualização foto-realista



7/7

TEXTURA J - LASER

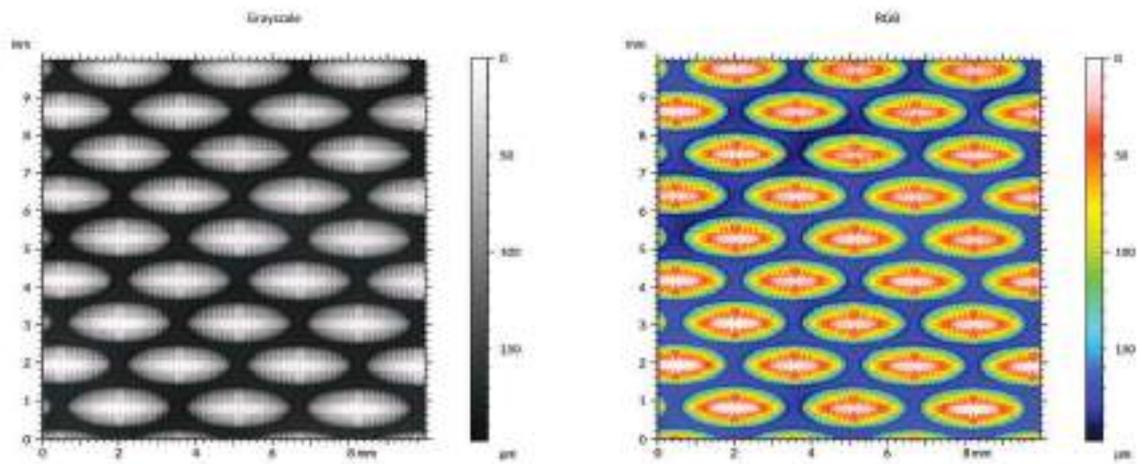
Representação tridimensional*



6/7

TEXTURA J - LASER

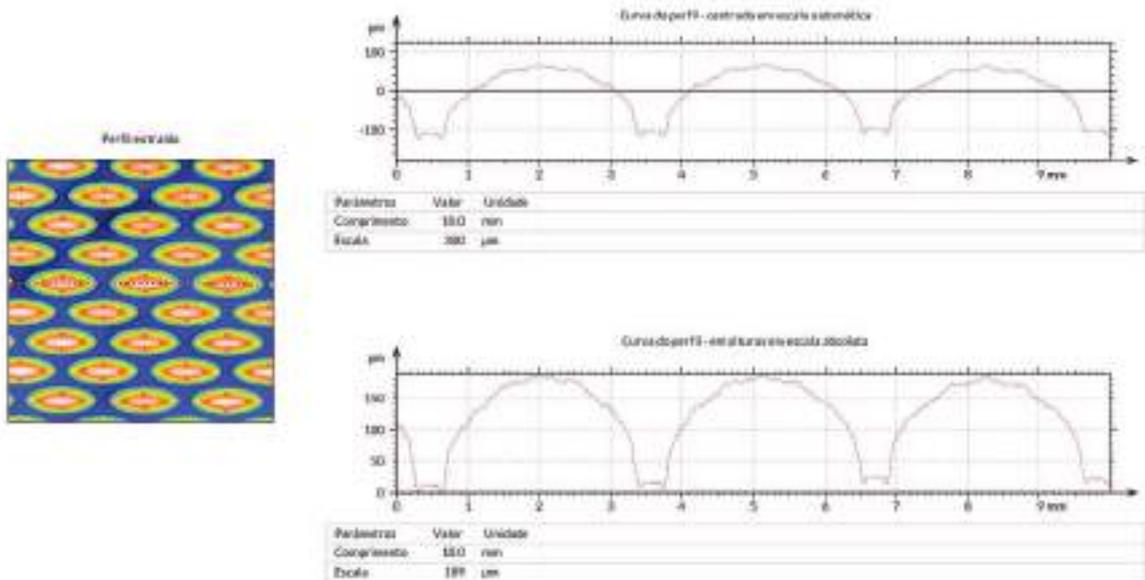
Representação topográfica



2/7

TEXTURA J - LASER

Análise de perfil - 1

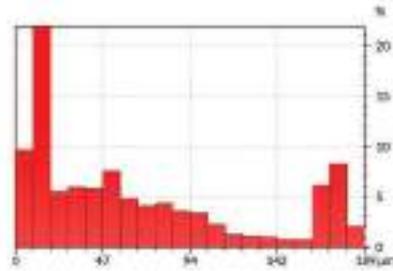


3/7

TEXTURA J - LASER

Análise de perfil - 1

Curva Abbott-Firestone



ISO 4287	
Parâmetros de amplitude - Perfil aritmético	
Ra	46,4 µm
Rz	120 µm
Rc	189 µm
Rt	189 µm
Pa	48,9 µm
Pq	58,2 µm
Parâmetros de amplitude - Perfil de espessura	
Rp	18,0 µm
Rv	75,6 µm
Rz	94,4 µm
Rt	97,6 µm
Ra	17,6 µm
Rq	24,8 µm

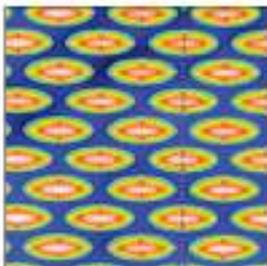
ISO 25178	
Parâmetros de altura	
Sp	118 µm
Sv	292 µm
Sc	292 µm
Sa	50,9 µm
Sq	55,8 µm
Parâmetros de características	
Stp	119 µm
Stv	35,6 µm
SSt	86,7 µm

4/7

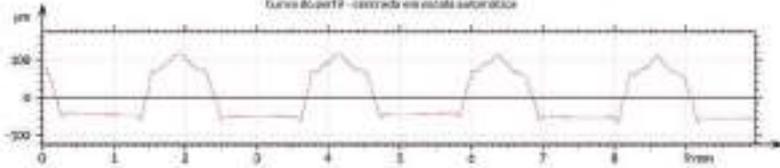
TEXTURA J - LASER

Análise de perfil - 2

Perfil escaneado

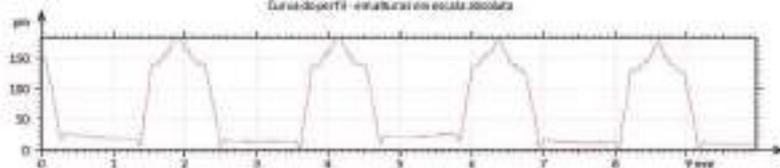


Curva do perfil - centrado em escala automática



Parâmetros	Valor	Unidade
Comprimento	9,97	mm
Escala	300	µm

Curva do perfil - em altura em escala absoluta

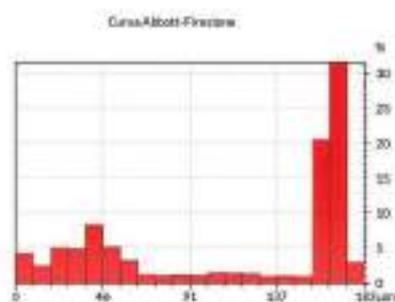


Parâmetros	Valor	Unidade
Comprimento	9,97	mm
Escala	180	µm

5/7

TEXTURA J - LASER

Análise de perfil - 2

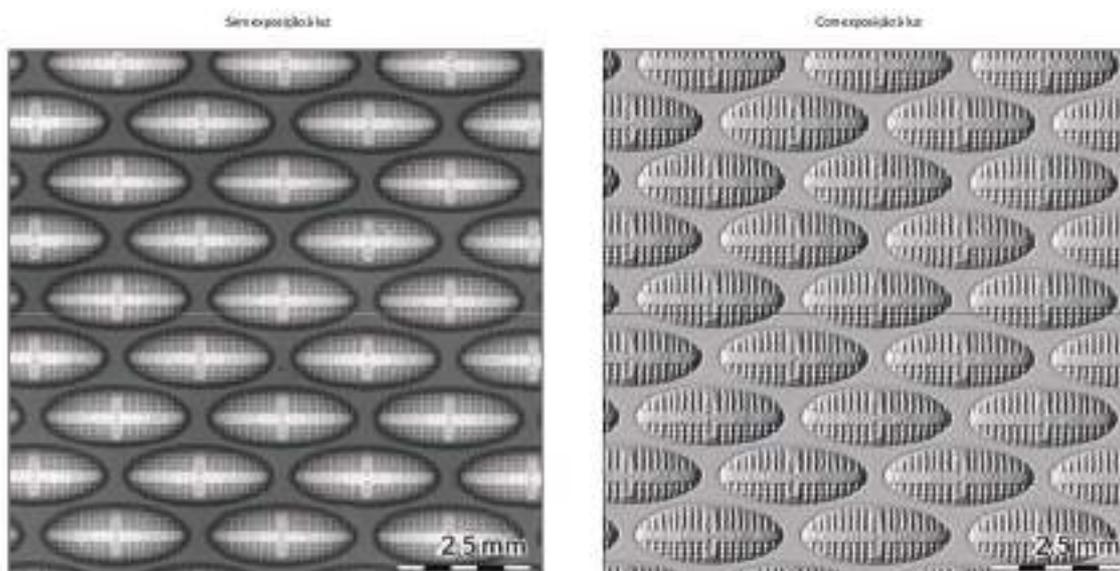


ISO 4287		ISO 25178	
Parâmetros de amplitude - Perfil aritmético		Parâmetros de altura	
Pa	130 µm	Sp	318 µm
Pv	69,9 µm	Sv	79,3 µm
Pz	185 µm	Sz	297 µm
Pt	183 µm	Sa	50,9 µm
Pq	58,0 µm	Sq	55,8 µm
Pq	42,2 µm	Parâmetros de características	
Parâmetros de amplitude - Perfil de espessura		Sse	319 µm
Sp	71,5 µm	Ssv	35,6 µm
Sv	47,0 µm	SSt	86,7 µm
Sz	139 µm		
Sa	140 µm		
Sq	38,7 µm		
Sq	42,4 µm		

6/7

TEXTURA J - LASER

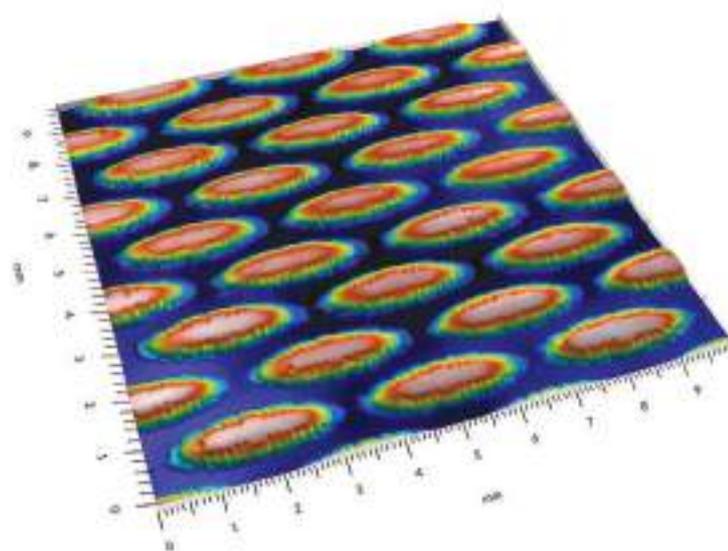
Visualização foto-realista



7/7

TEXTURA J - QUÍMICA

Representação tridimensional*



Identificação

Nome: 1130
Criado em: 25/07/2020

Equipamento: AMX 30UM3 Scanner
Resolução: 3000dpi
Software: MountainsMap®

Eixo: X
Comprimento: 30.0 mm
Espaçamento: 0.00046 mm

Eixo: Y
Comprimento: 30.0 mm
Espaçamento: 0.00046 mm

Observações:

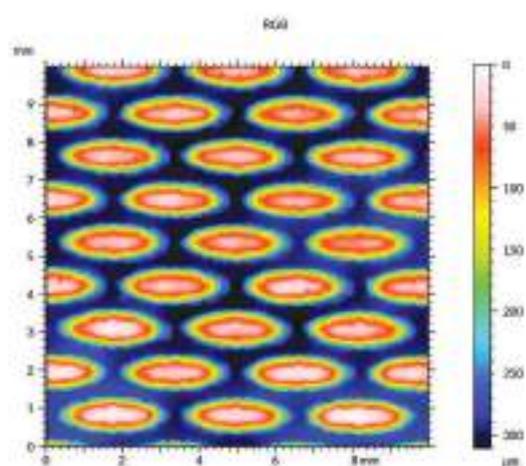
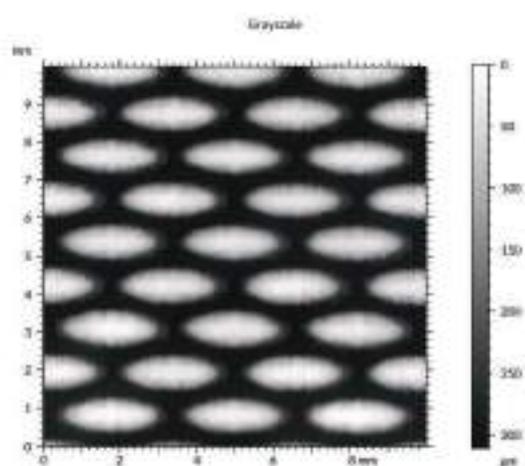
- Filtragem utilizada
- Remoção de forma (pol. de grau 2)
- Remoção de ruído (mediana 30x)

*Dados em 3D obtidos por este equipamento

1/7

TEXTURA J - QUÍMICA

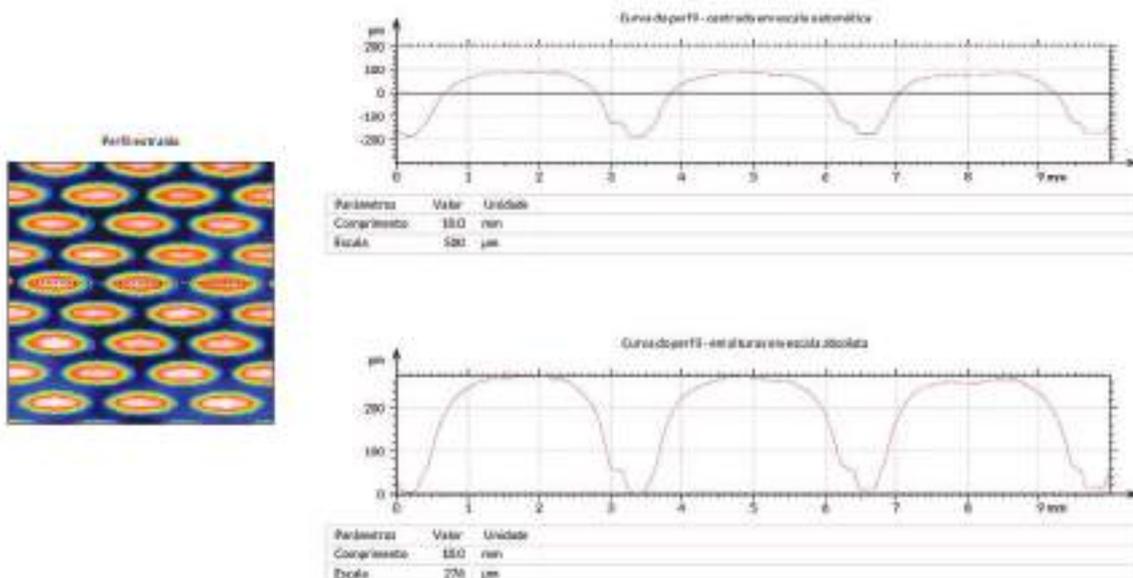
Representação topográfica



2/7

TEXTURA J - QUÍMICA

Análise de perfil - 1

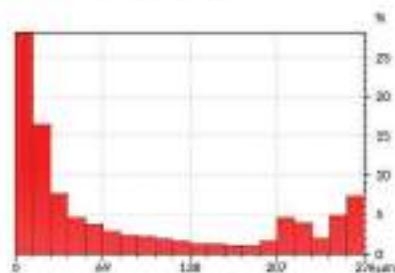


3/7

TEXTURA J - QUÍMICA

Análise de perfil - 1

Curva Abbott-Firestone



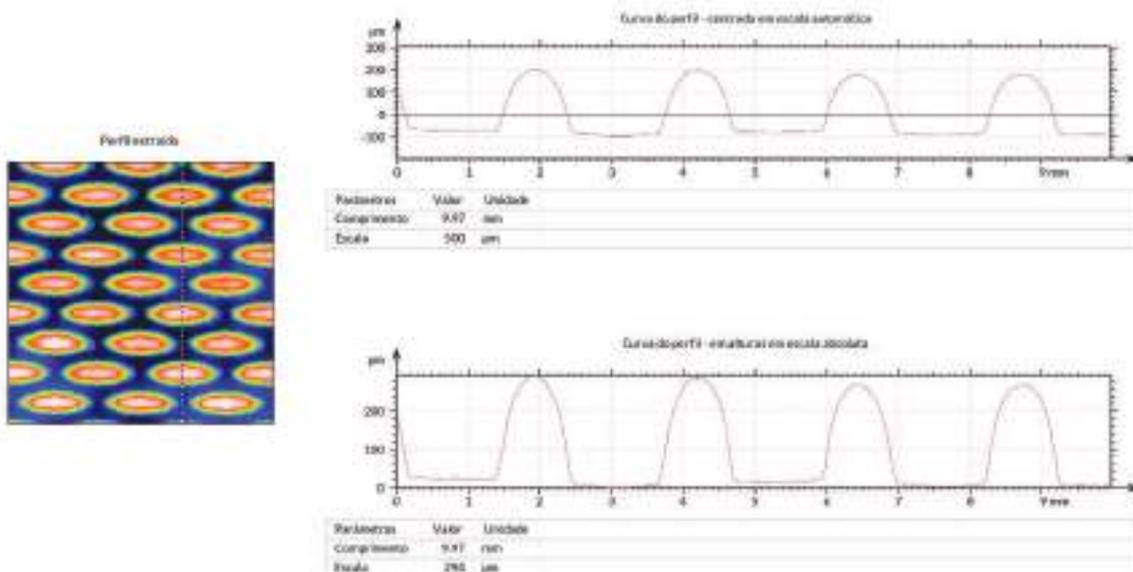
ISO 4287	
Parâmetros de amplitude - Perfil aritmético	
Ra	38,4 µm
Rz	187 µm
Rc	176 µm
Rt	376 µm
Rq	94,5 µm
Ry	96,2 µm
Parâmetros de amplitude - Perfil de espaçamento	
Rp	41,4 µm
Rv	92,2 µm
Rl	129 µm
Rh	171 µm
Rk	22,5 µm
Rn	42,8 µm

ISO 25178	
Parâmetros de altura	
Sp	297 µm
Sv	313 µm
Sc	313 µm
Sa	91,3 µm
Sq	99,8 µm
Parâmetros de características	
Ssk	303 µm
Sskv	**** µm
Sskd	**** µm

4/7

TEXTURA J - QUÍMICA

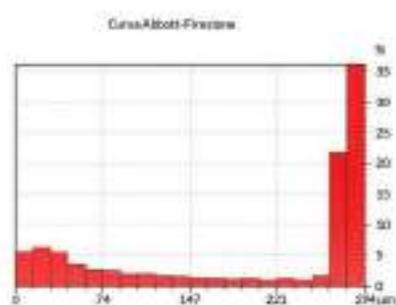
Análise de perfil - 2



5/7

TEXTURA J - QUÍMICA

Análise de perfil - 2



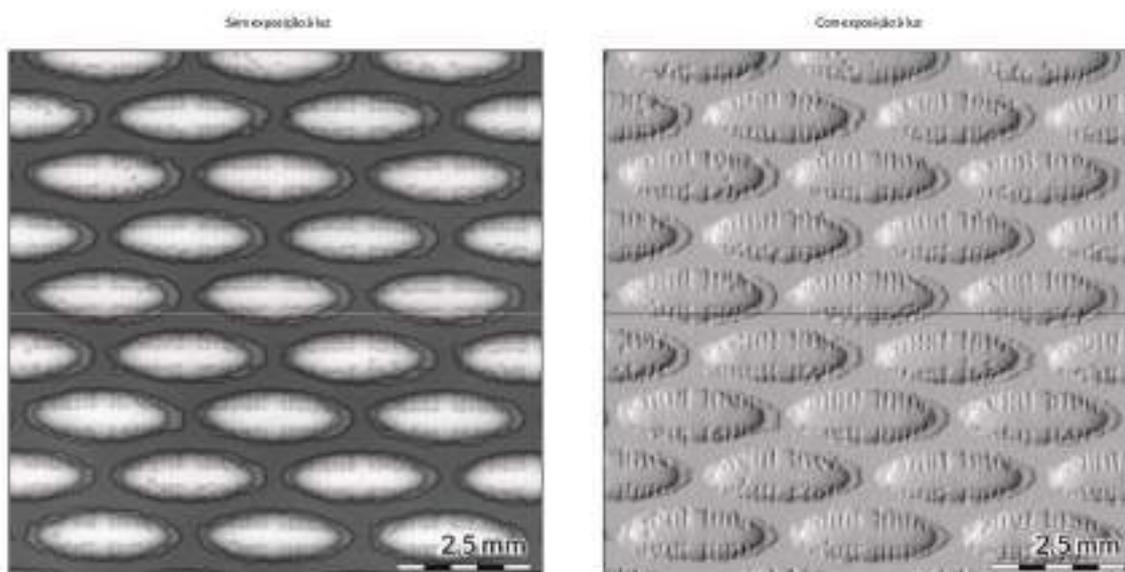
ISO 4287	
Parâmetros de amplitude - Perfil aritmético	
Ra	201 µm
Rz	93,6 µm
Rc	394 µm
Rt	394 µm
Rv	18,6 µm
Rq	108 µm
Parâmetros de amplitude - Perfil de rugosidade	
Rp	121 µm
Rv	93,7 µm
Rz	233 µm
Rt	237 µm
Rq	67,7 µm
Rq	73,9 µm

ISO 25178	
Parâmetros de altura	
Sp	297 µm
Sv	213 µm
Sc	313 µm
Sa	91,3 µm
Sq	99,8 µm
Parâmetros de características	
SSt	303 µm
SStv	**** µm
SSto	**** µm

6/7

TEXTURA J - QUÍMICA

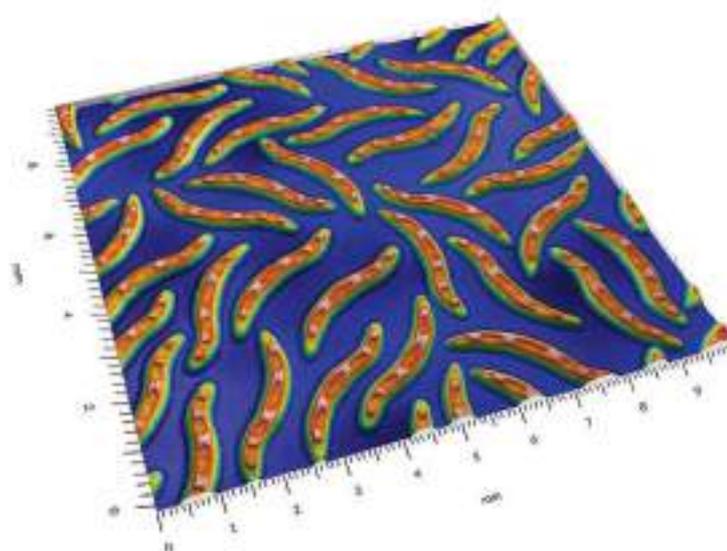
Visualização foto-realista



7/7

TEXTURA K - LASER

Representação tridimensional*



*Dados amplificados para melhor visualização

Identificação

Nome: K13
Criação em: 25/07/2018

Equipamento: 800i 3014 HD Scanner
Resolução: 3000dpi
Software: MountainsMap®

Eixo: X
Comprimento: 15.0 mm
Espessura: 0.0064 mm

Eixo: Y
Comprimento: 15.0 mm
Espessura: 0.0064 mm

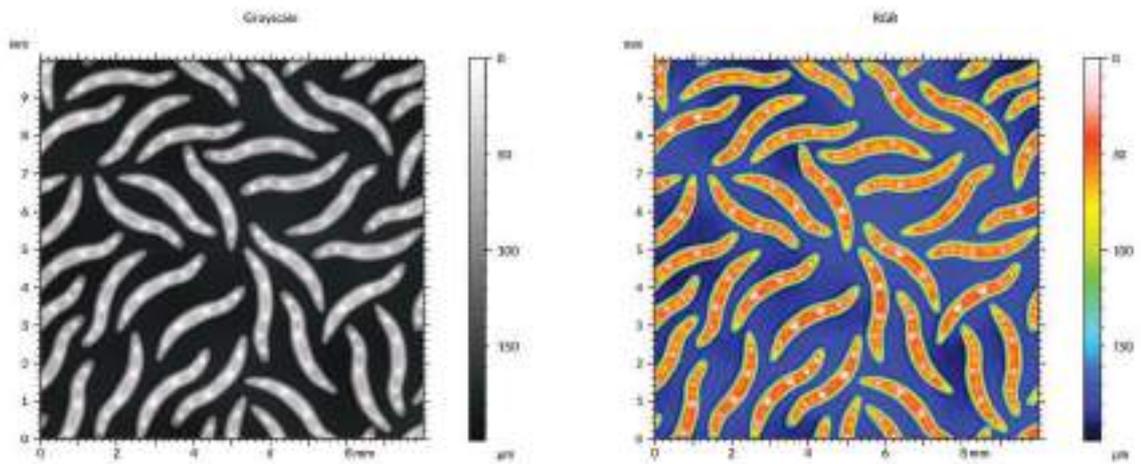
Observações:

- Filtragem utilizada:
- Remoção de ruído (pad. de nível 2)
- Remoção de ruído (mediana 3x3)

1/7

TEXTURA K - LASER

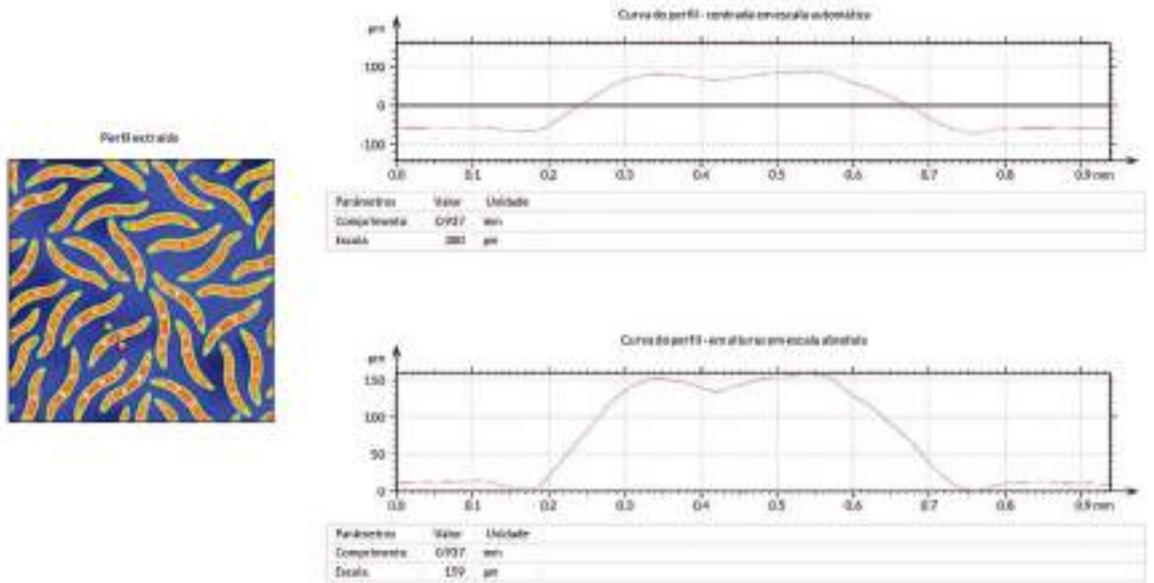
Representação topográfica



3/7

TEXTURA K - LASER

Análise de perfil - 1

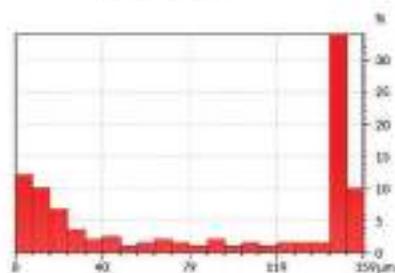


3/7

TEXTURA K - LASER

Análise de perfil - 1

Curva Abbott-Firestone



ISO 4267

Parâmetros de amplitude - Perfil primário

Pa	86,3	µm	Alça máxima de onda do perfil primário
Pv	70,0	µm	Profundidade máxima de vale do perfil primário
Pz	1,59	µm	Alça média do perfil primário
Pt	1,99	µm	Profundidade média do perfil primário
Pa	18,1	µm	Alça média do perfil primário
Pv	4,14	µm	Profundidade média do perfil primário

Parâmetros de amplitude - Perfil de espessura

Rq	14,3	µm	Alça média do perfil de espessura
Rv	14,9	µm	Profundidade média do perfil de espessura
Rz	29,2	µm	Alça máxima do perfil de espessura
Rt	30,9	µm	Profundidade máxima do perfil de espessura
Ra	0,11	µm	Alça média do perfil de espessura
Rv	0,25	µm	Profundidade média do perfil de espessura

ISO 25178

Parâmetros de altura

Sp	130	µm	Alça máxima de perfil
Sv	62,4	µm	Profundidade máxima de perfil
Sa	229	µm	Alça máxima
Sa	52,4	µm	Profundidade máxima
Sm	17,4	µm	Alça média

Parâmetros de caracterização

Stp	114	µm	Alça média de caracterização
Szv	62,5	µm	Profundidade média de caracterização
Stm	14,9	µm	Alça média

4/7

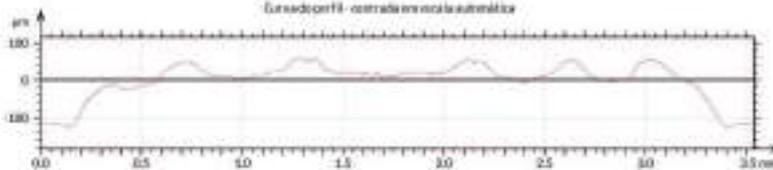
TEXTURA K - LASER

Análise de perfil - 2

Perfil extraído

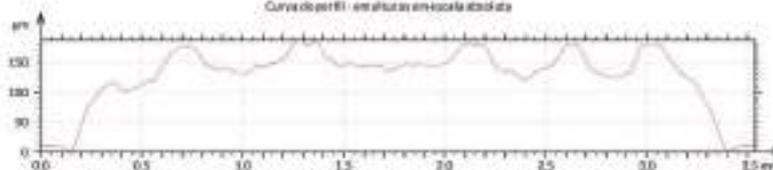


Curva de perfil - central em escala automática



Parâmetros	Valor	Unidade
Comprimento	3,54	mm
Escala	300	µm

Curva de perfil - em altura em escala absoluta

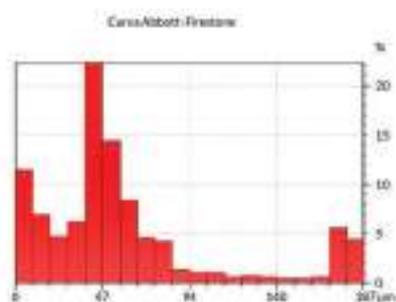


Parâmetros	Valor	Unidade
Comprimento	3,54	mm
Escala	187	µm

5/7

TEXTURA K - LASER

Análise de perfil - 2



ISO 4267		
Parâmetros de amplitude - Perfil prático		
Pp	59,1 µm	Altura máxima do perfil de amplitude
Pv	129 µm	Profundidade máxima do perfil de amplitude
Pz	157 µm	Altura total do perfil prático
PT	187 µm	Altura total do perfil teórico
Pa	35,9 µm	Desvio médio quadrático do perfil de amplitude
Pz	88,7 µm	Desvio médio quadrático do perfil prático
Parâmetros de amplitude - Perfil de aparência		
Rz	7,36 µm	Altura média do perfil de aparência
Rv	4,99 µm	Profundidade média do perfil de aparência
Ra	14,6 µm	Altura média do perfil de aparência
Rt	29,6 µm	Altura total do perfil de aparência
Ra	4,65 µm	Desvio médio quadrático do perfil de aparência
Rq	4,47 µm	Desvio médio quadrático do perfil de aparência

ISO 25178		
Parâmetros de altura		
Sp	130 µm	Altura máxima do perfil
Sv	62,9 µm	Profundidade máxima do perfil
Sz	209 µm	Altura total do perfil
Sa	52,4 µm	Desvio médio quadrático do perfil
Sq	57,6 µm	Desvio médio quadrático do perfil
Parâmetros de caracterização		
Stp	119 µm	Altura do pico do perfil
SStp	63,5 µm	Profundidade do vale do perfil
SStp	54,9 µm	Altura do vale do perfil

6/7

TEXTURA K - LASER

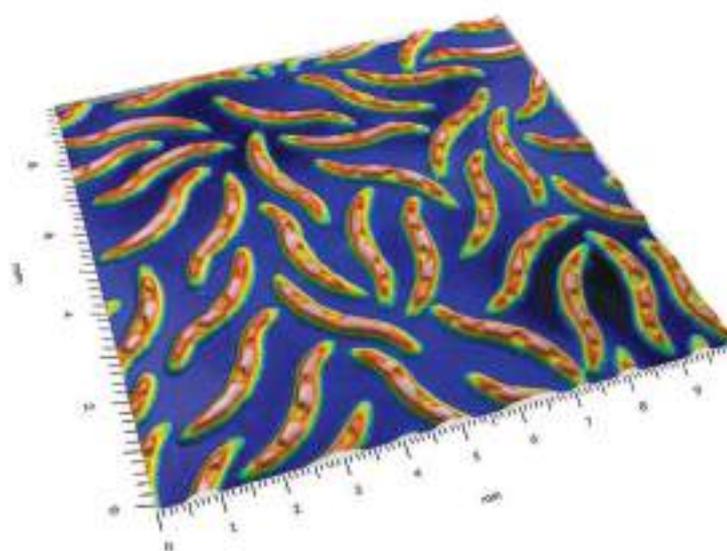
Visualização foto-realista



7/7

TEXTURA K - QUÍMICA

Representação tridimensional*



Identificação

Nome: K130
Criado em: 25/07/2022

Equipamento: 800: 2014 HE Scanner
Resolução: 3000x3000
Software: MountainsMap®

Eixo: X
Comprimento: 10.0 mm
Espessura: 0.0064 mm

Eixo: Y
Comprimento: 10.0 mm
Espessura: 0.0064 mm

Observações:

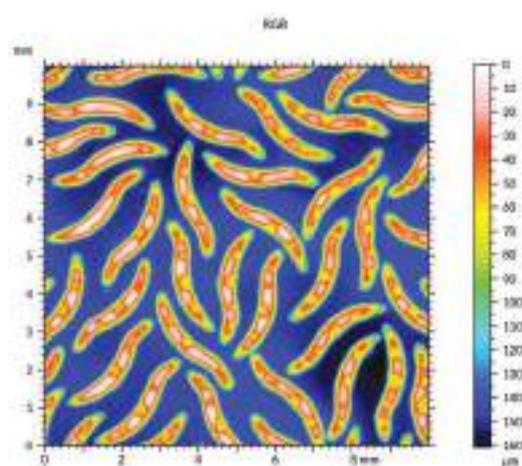
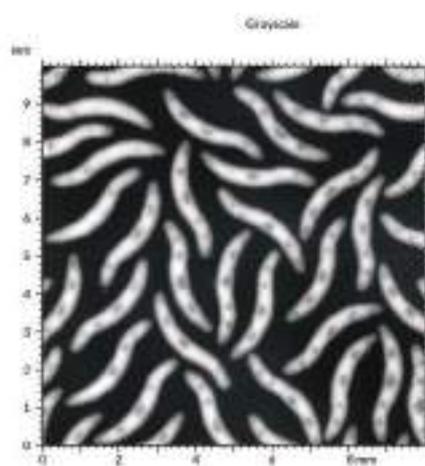
- Filtragem utilizada:
- Remoção de fundo (ped. de grau 2)
- Remoção de ruído (mediana 3x3)

*Dados aqui fixados para melhor visualização

1/7

TEXTURA K - QUÍMICA

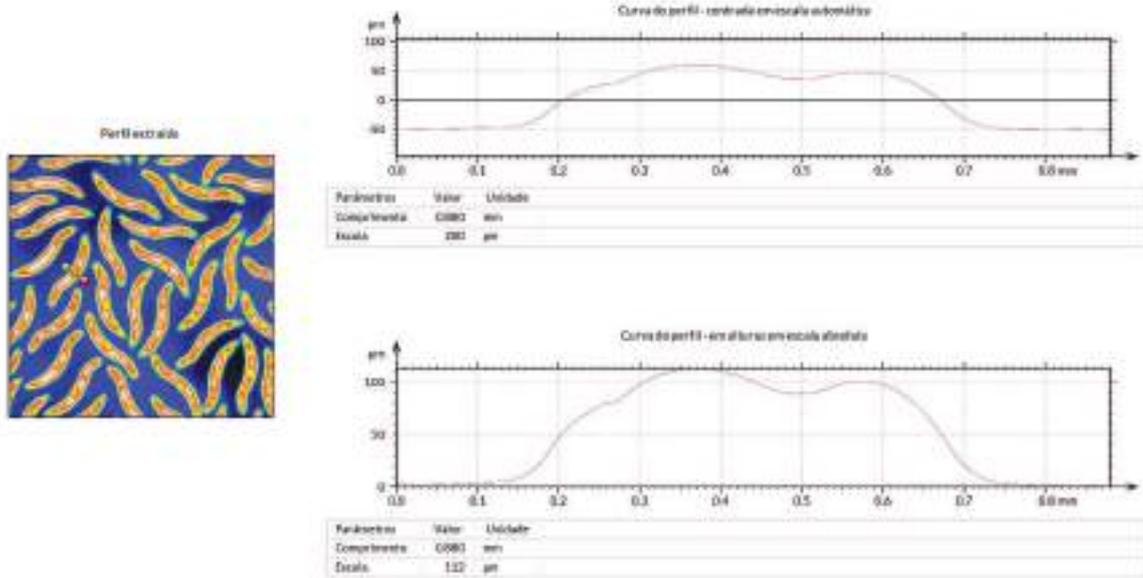
Representação topográfica



2/7

TEXTURA K - QUÍMICA

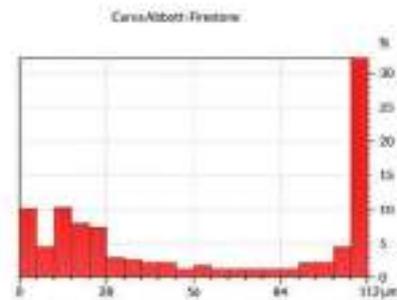
Análise de perfil - 1



3/7

TEXTURA K - QUÍMICA

Análise de perfil - 1



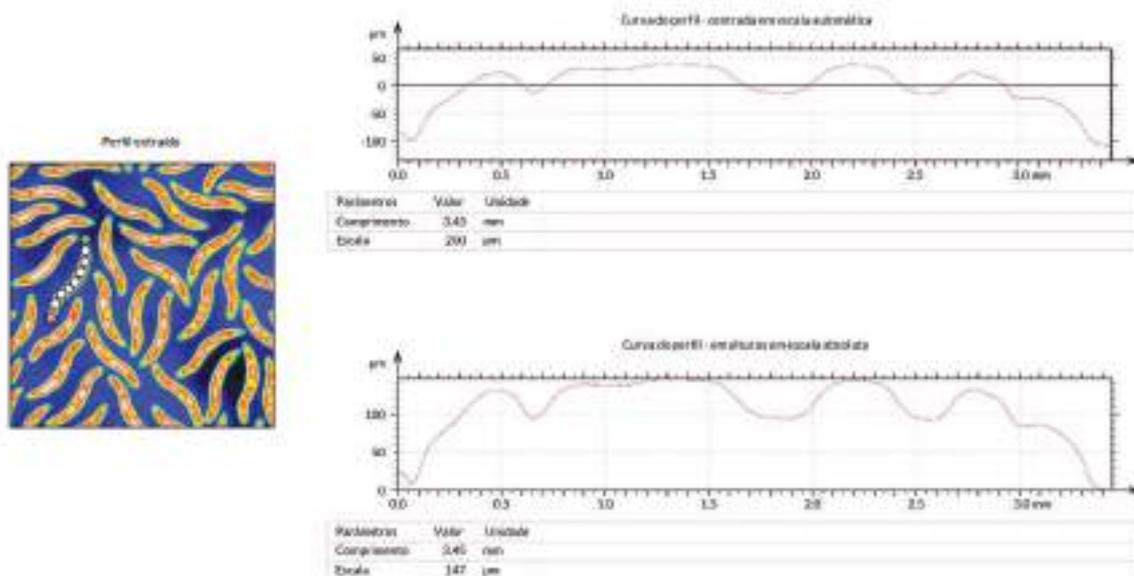
ISO 4287	
Parâmetros de amplitude - Perfil aritmético	
Rp	59,6 µm
Rq	52,7 µm
Rz	132 µm
RT	132 µm
Ra	41,7 µm
Rc	96,0 µm
Parâmetros de amplitude - Perfil de rugosidade	
Rp	65,1 µm
Rq	57,2 µm
Rz	132 µm
Rt	132 µm
Ra	53,4 µm
Rc	5,99 µm

ISO 25178	
Parâmetros de altura	
Sp	208 µm
Sq	54,8 µm
Sz	163 µm
Sa	40,7 µm
Sv	603 µm
Parâmetros de suavidade	
Stp	97,5 µm
Stq	38 µm
Stz	59,5 µm

4/7

TEXTURA K - QUÍMICA

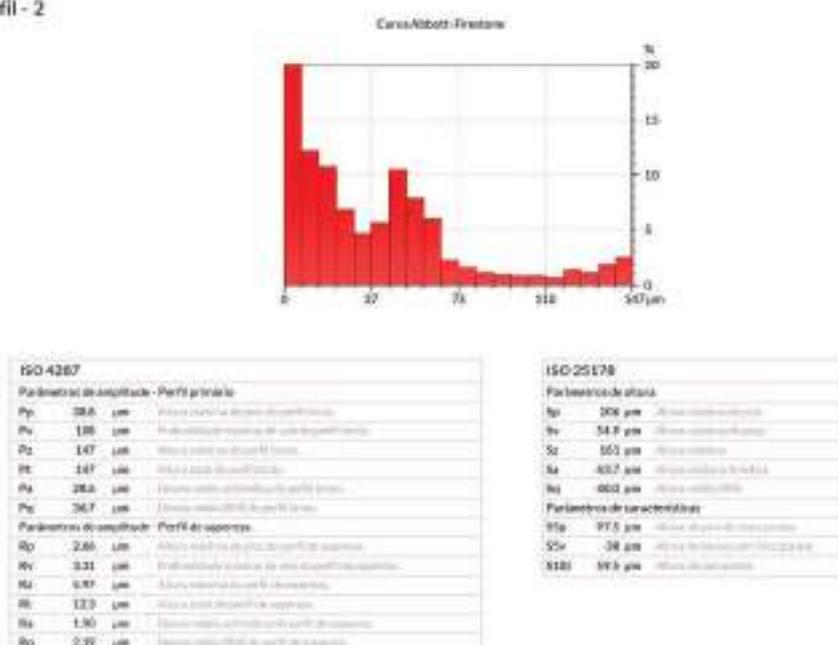
Análise de perfil - 2



6/7

TEXTURA K - QUÍMICA

Análise de perfil - 2



6/7

TEXTURA K - QUÍMICA

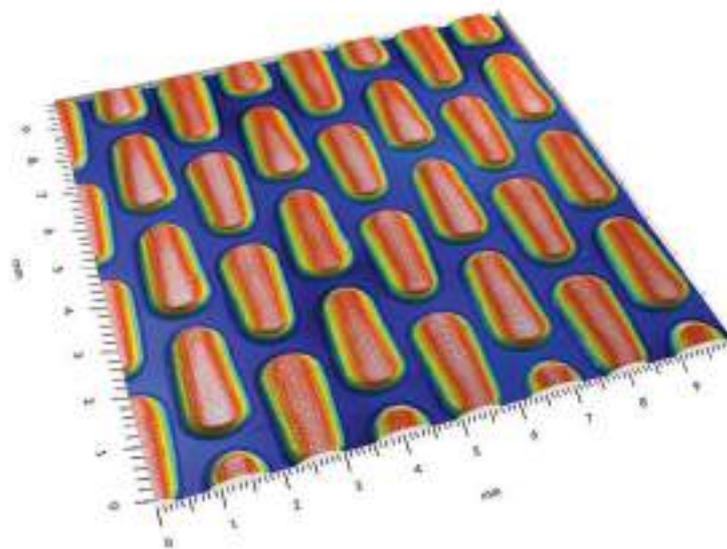
Visualização foto-realista



T/7

TEXTURA L - LASER

Representação tridimensional*



Identificação

Nome:	L13L
Criado em:	25/07/2008
Equipamento:	AMC 300UM3 Scanner
Resolução:	3000dpi
Software:	MountainMap®

Eixo:	X
Comprimento:	30.0 mm
Espessura:	0.00046 mm
Eixo:	Y
Comprimento:	30.0 mm
Espessura:	0.00046 mm

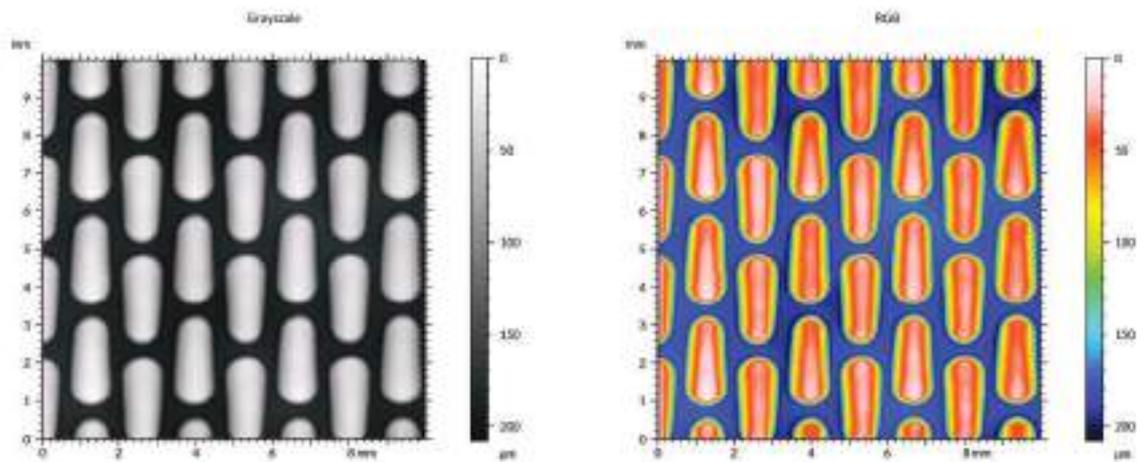
Observações:
T1 Fragmentação:
• Remoção de forma (pal. de grau) 20
• Remoção de ruído (avaliação) 30%

*Dados em 3D representados em 2D

L/7

TEXTURAL - LASER

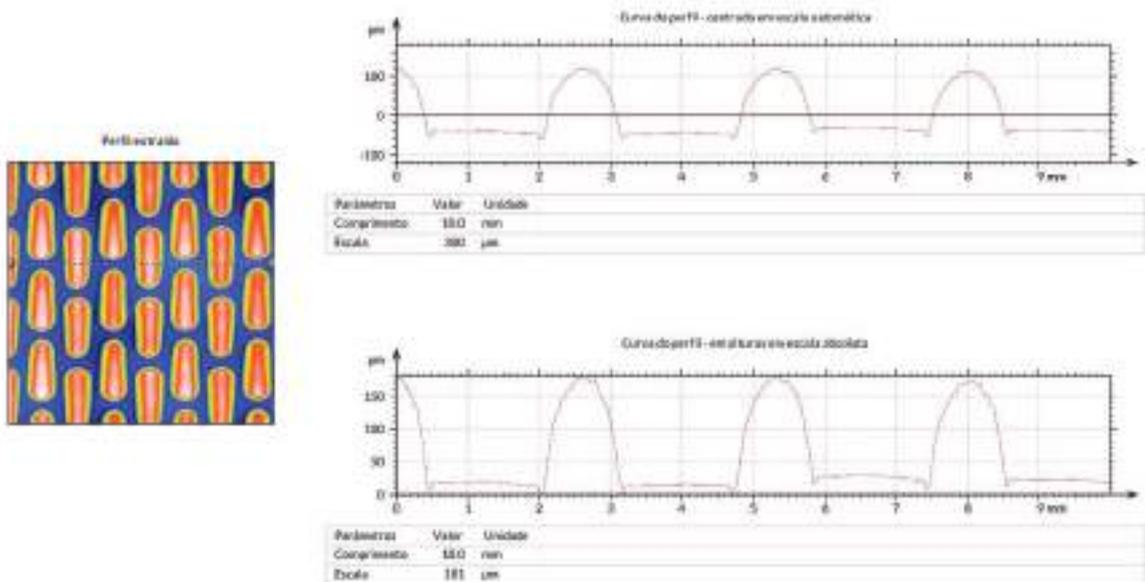
Representação topográfica



2/7

TEXTURAL - LASER

Análise de perfil - 1

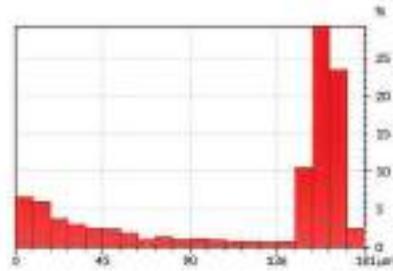


3/7

TEXTURAL - LASER

Análise de perfil - 1

Curva Abbott-Firestone



ISO 4287

Parâmetros de amplitude - Perfil aritmético

Pa	120 µm	Altura máxima de excitação (Rt)
Pv	60,5 µm	Profundidade máxima de excitação (Rt)
Pc	181 µm	Altura máxima do perfil (Rt)
Pt	181 µm	Altura total do perfil (Rt)
Pz	24,4 µm	Desvio médio quadrático do perfil (Rt)
Pq	41,1 µm	Desvio médio do perfil (Rt)

Parâmetros de amplitude - Perfil de espessura

Rp	58,7 µm	Altura máxima do pico do perfil (Rt)
Rr	66,1 µm	Profundidade máxima do vale do perfil (Rt)
Rz	124 µm	Altura máxima do perfil (Rt)
Rt	180 µm	Altura total do perfil (Rt)
Sa	24,4 µm	Desvio médio quadrático do perfil (Rt)
Sq	40,0 µm	Desvio médio do perfil (Rt)

ISO 25178

Parâmetros de altura

Sp	112 µm	Altura máxima do pico
Sr	76,2 µm	Profundidade máxima do vale
Sc	208 µm	Altura total
Sa	51,5 µm	Desvio médio quadrático
Sq	86,0 µm	Desvio médio

Parâmetros de características

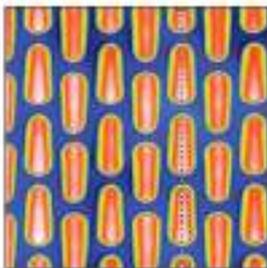
S3z	107 µm	Altura máxima do pico
S3v	74,1 µm	Profundidade máxima do vale
S3t	208 µm	Altura total

4/7

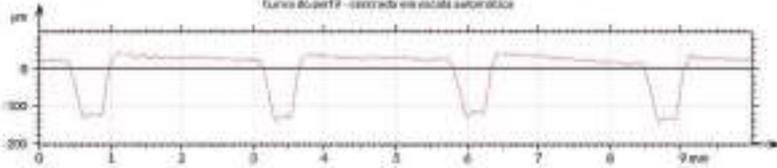
TEXTURAL - LASER

Análise de perfil - 2

Perfil escaneado

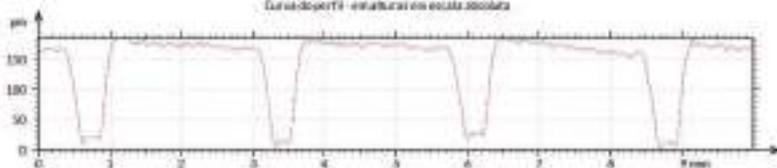


Curva do perfil - corrigido em escala automática



Parâmetros	Valor	Unidade
Comprimento	150	mm
Escala	300	µm

Curva do perfil - estrutural em escala absoluta

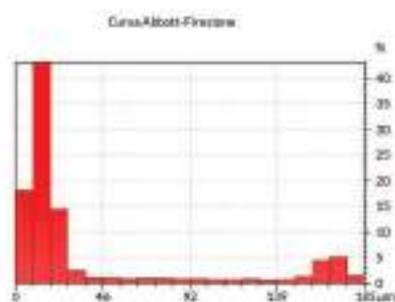


Parâmetros	Valor	Unidade
Comprimento	150	mm
Escala	185	µm

5/7

TEXTURAL - LASER

Análise de perfil - 2



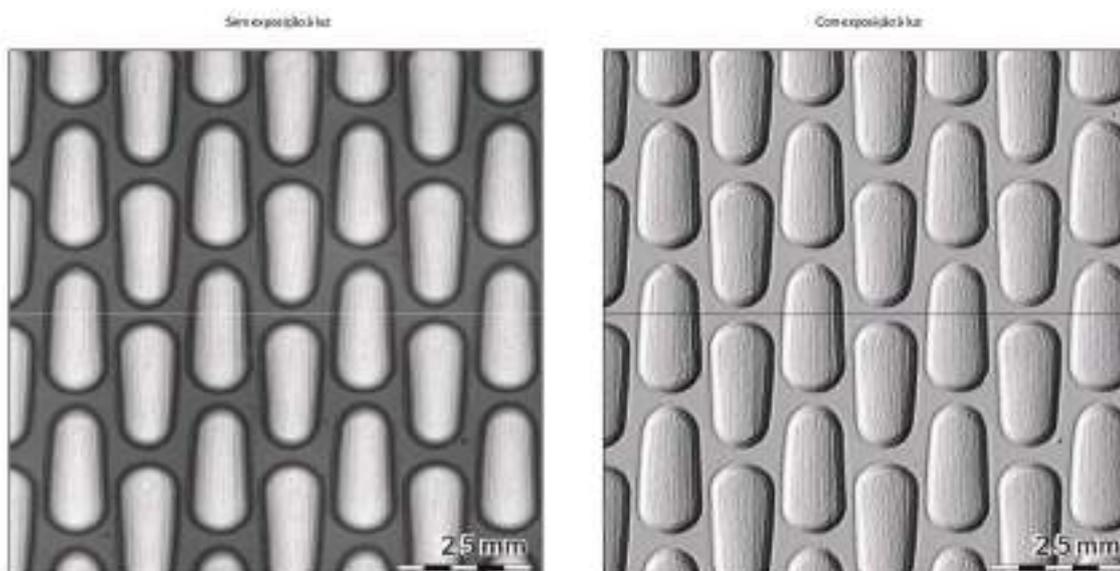
ISO 4287		
Parâmetros de amplitude - Perfil aritmético		
Pa	39,6 µm	Altura máxima de elevação aritmética
Pv	145 µm	Profundidade máxima de sulco aritmética
Pz	180 µm	Altura máxima de perfil Z
Pt	185 µm	Altura total do perfil Z
Pq	49,2 µm	Desvio médio quadrático do perfil Z
Pq	53,7 µm	Desvio médio quadrático do perfil Z
Parâmetros de amplitude - Perfil de espessura		
Rp	48,1 µm	Altura máxima do pico do perfil de espessura
Rv	131 µm	Profundidade máxima de sulco do perfil de espessura
Rz	136 µm	Altura máxima do perfil de espessura
Rt	140 µm	Altura total do perfil de espessura
Rq	24,4 µm	Desvio médio quadrático do perfil de espessura
Rq	27,7 µm	Desvio médio quadrático do perfil de espessura

ISO 25178		
Parâmetros de altura		
Sp	112 µm	Altura máxima do pico
Sv	96,2 µm	Profundidade máxima de sulco
Sc	208 µm	Altura máxima
Sa	51,5 µm	Altura média do pico
Sq	56,0 µm	Desvio médio quadrático
Parâmetros de características		
Ssk	107 µm	Assimetria do perfil de altura
Ssk	94,1 µm	Assimetria do perfil de altura
Ssk	208 µm	Assimetria do perfil de altura

6/7

TEXTURAL - LASER

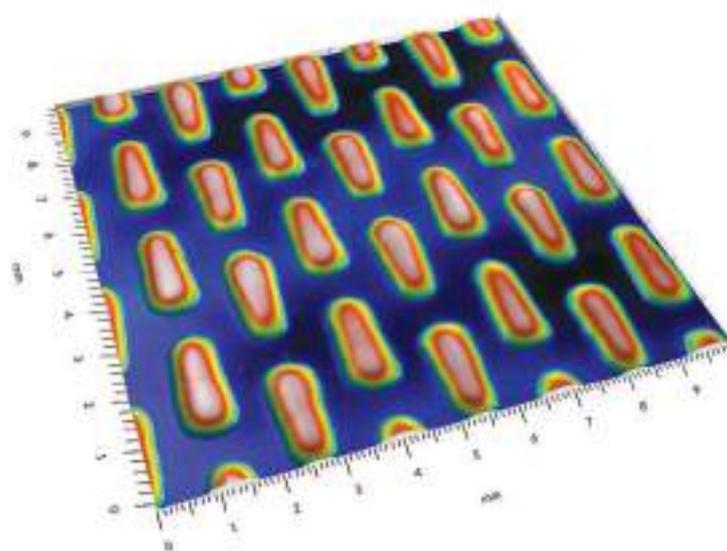
Visualização foto-realista



7/7

TEXTURAL - QUÍMICA

Representação tridimensional*



Identificação

Nome: L131
Criado em: 25/07/2020

Equipamento: AMR ZEISSI Image
Resolução: 3000px
Software: MountainsMap

Eixo: X
Comprimento: 30.0 mm
Espacamento: 0.00061 mm

Eixo: Y
Comprimento: 30.0 mm
Espacamento: 0.00061 mm

Observações:

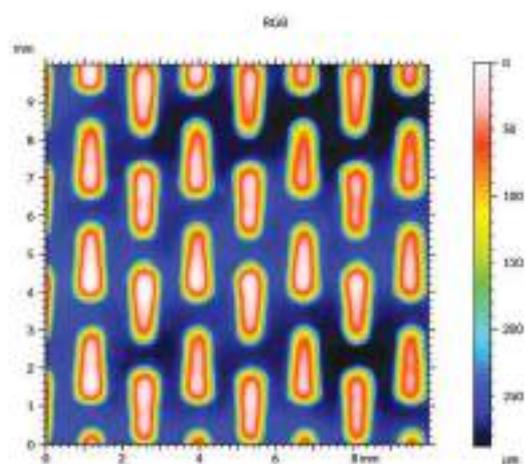
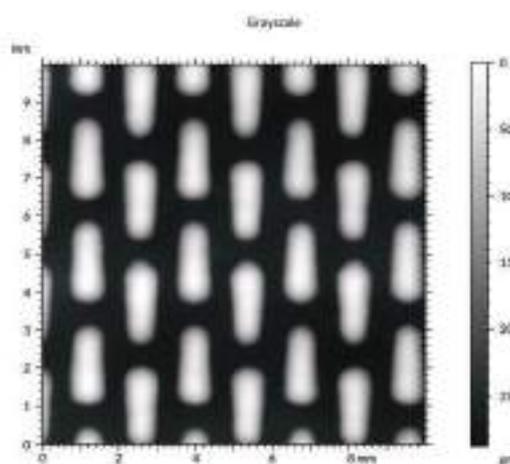
- Filtragem utilizada
- Remoção de ruído (pul. de grão)
- Remoção de ruído (mediana 30x)

*Dados em 3D obtidos por este método

L17

TEXTURAL - QUÍMICA

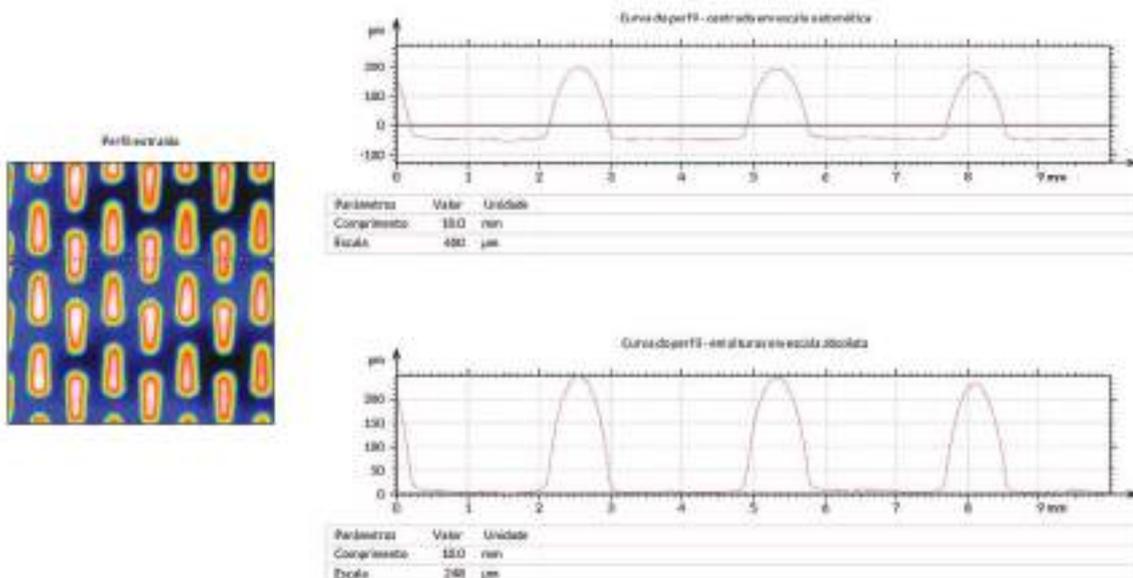
Representação topográfica



L17

TEXTURAL - QUÍMICA

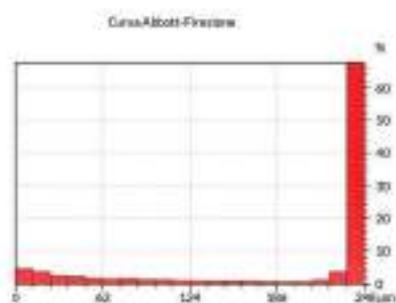
Análise de perfil - 1



3/7

TEXTURAL - QUÍMICA

Análise de perfil - 1



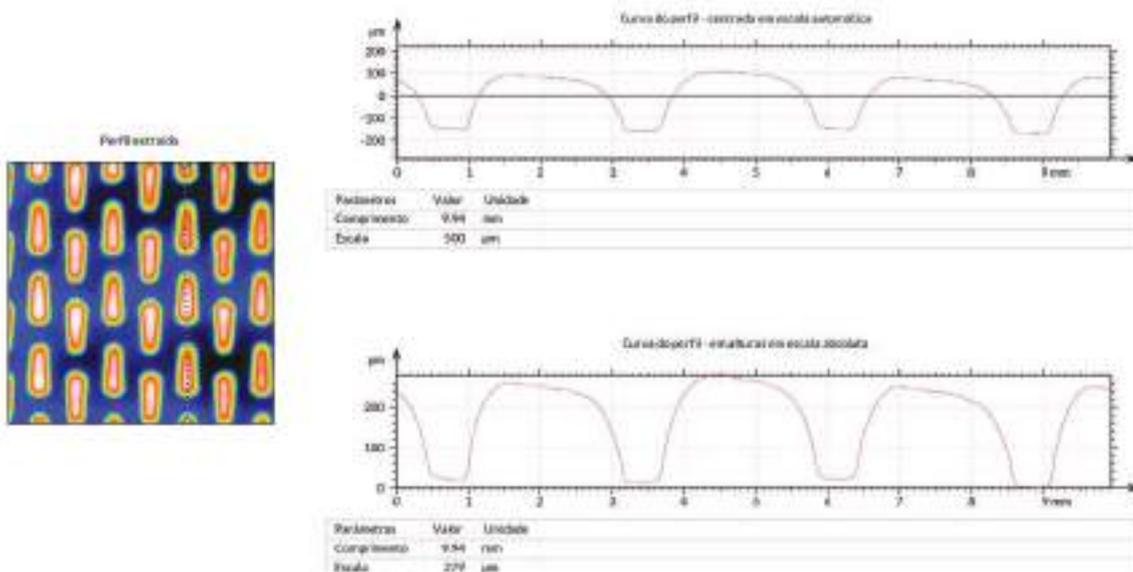
ISO 4287	
Parâmetros de amplitude - Perfil aritmético	
Ra	125 µm
Rz	53,3 µm
Rc	240 µm
Rq	68,4 µm
Ry	30,5 µm
Parâmetros de amplitude - Perfil de espaçamento	
Rp	137 µm
Rv	72,2 µm
Rt	189 µm
Rz	190 µm
Ra	48,6 µm
Rq	35,1 µm

ISO 25178	
Parâmetros de altura	
Sp	202 µm
Sv	85,4 µm
Sc	208 µm
Sa	92,3 µm
Sq	60,8 µm
Parâmetros de curvaturas	
S3e	362 µm
S3v	140,8 µm
S3D	140,8 µm

4/7

TEXTURAL - QUÍMICA

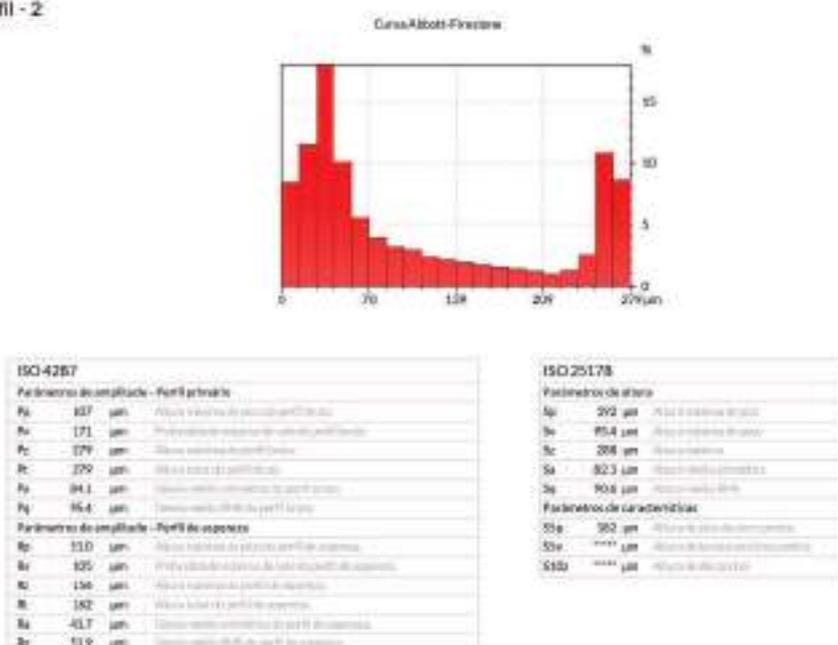
Análise de perfil - 2



5/7

TEXTURAL - QUÍMICA

Análise de perfil - 2

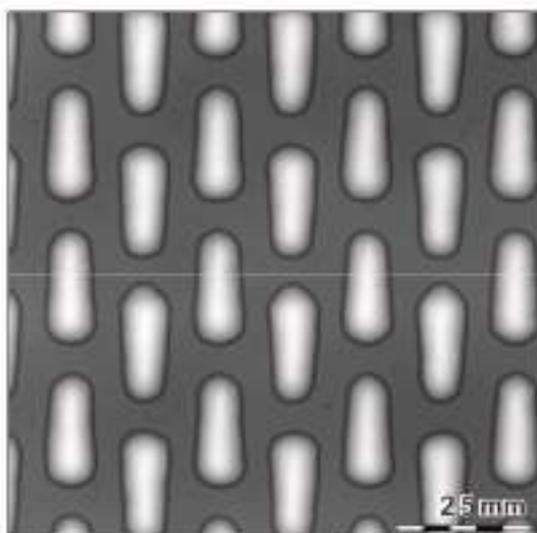


6/7

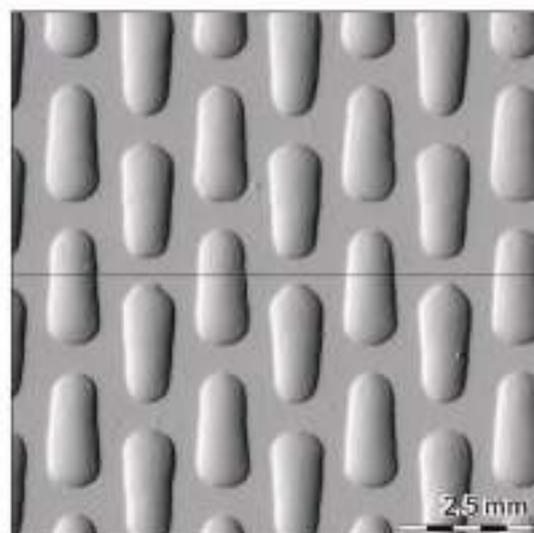
TEXTURA L - QUÍMICA

Visualização foto-realista

Sem exposição à luz



Com exposição à luz



APÊNDICE VIII – INSTRUMENTO DE PESQUISA – PESQUISA DE OPINIÃO: PERCEPÇÃO DE TEXTURAS EM PEÇAS PLÁSTICAS

INSTRUMENTO DE PESQUISA: Percepção de texturas em peças plásticas

Idade: _____ Sexo: _____ Grau de escolaridade: _____ Profissão: _____

As amostras apresentadas correspondem a desenhos de texturas aplicados em peças plásticas com o intuito de melhorar o *design* dos produtos.

1. Você ou sua família possui automóvel? **SIM** **NÃO**
2. Indique 3 texturas que MAIS lhe agradam. 1ª Opção (a melhor): _____ 2ª Opção _____ 3ª Opção: _____
3. Em relação às 3 texturas escolhidas, indique o quanto agregariam VALOR ao produto se aplicadas em peças plásticas do interior de automóveis.

Nenhum	Pouco	Médio	Muito	Extremo

4. Indique 3 texturas que lhe DESAGRADAM: _____ _____ _____
5. Indique o nível de importância que você atribui para a APARÊNCIA das texturas aplicadas em peças plásticas do interior de automóveis.

Nada importante	Pouco importante	Importante	Muito importante	Extremamente importante

6. Indique o nível de importância que você atribui para a SENSACÃO TÁTIL (TOQUE) das texturas aplicadas em peças plásticas do interior de automóveis:

Nada importante	Pouco importante	Importante	Muito importante	Extremamente importante

7. Compare as texturas apresentadas e indique se há preferência por MELHOR APARÊNCIA e MELHOR SENSACÃO TÁTIL (TOQUE).

TEXTURA	APARÊNCIA			SENSACÃO TÁTIL (TOQUE)		
	Laser	Indiferente	Químico	Laser	Indiferente	Químico

8. Indique em qual (ou quais) categoria (s) de automóveis as texturas escolhidas poderiam agregar valor:
 - Veículos populares
 - Veículos intermediários (entre populares e de luxo)
 - Veículos de luxo

9. Gostaria de expressar alguma opinião adicional a respeito desta pesquisa?
