

Microstructure as New Forms Of Aesthetic and Visual Language

Brendon Willian Guedes¹, Natália Cristina Diehl¹, Léia Miotto Bruscato¹,
Wilson Kindlein Júnior¹

¹ Federal University of Rio Grande do Sul, Porto Alegre, Brazil
brendon.barbosa@ufrgs.br; natalia.diehl@ufrgs.br; leia.bruscato@ufrgs.br;
wilsonkindleinjúnior@gmail.com

Abstract. The microscopic universe represents a realm of intriguing possibilities, albeit one that remains largely unexplored. Promoting science through innovative approaches is vital, and the emergence of STEAM stands as a viable tool for that. Architecture, as a realm that directly impacts society, presents a unique potential to convey this new language, manifesting through building facades, walls, or urban furnishings. This study aims to unearth this potential by scrutinizing microscopic images and transposing this universe onto surfaces. The technique involves the 3D mapping of patterns extracted from micrographs and their application onto minimal surfaces. Through digital fabrication, the microcosmic and architectural realms converge within a transdisciplinary framework. This research underscores the feasibility to connect various knowledge domains, rendering them accessible to a broad audience, enabling microscopic imagery to explore, in novel contexts such as architectural ones, a playful and inclusive means of presentation.

Keywords: Design & Technology, STEAM, Microstructures, Surfaces, Languages.

1 Introdução

O design atualmente encontra-se em um campo transdisciplinar crescente, tanto no uso de materiais quanto na atuação em áreas aparentemente distintas, como engenharia, artes e design. Faz-se necessário levar em conta a excelência técnica dos materiais, no entanto, a ascensão do Design & Tecnologia apresenta viés que parte, também, para percepções diretas, porém intangíveis, dos materiais, que se configuram como a abertura para a concretização de ideias (Kindlein Júnior et al., 2021). A associação entre competências diversas é uma característica importante do STEAM, acrônimo que representa a interconexão entre Ciência, Tecnologia, Engenharia, Artes e

Matemática. Além dessas disciplinas, o STEAM é comprometido com a transdisciplinaridade, que envolve a colaboração entre disciplinas, promovendo a convergência de todas elas (Freitas et al., 1994). Utilizando o design, conforme Kindlein Júnior e Ribeiro (2022): *“como o fio condutor desta conexão de saberes e competências”* (pp. 1-2), e o STEAM atua como *“elemento propulsor da conexão destes múltiplos conhecimentos”* (p. 1).

A conexão de conhecimentos no âmbito do STEAM resulta em produções tangíveis e intangíveis, abrangendo artefatos, peças, materiais, contribuições acadêmicas, desenvolvimento tecnológico e o estímulo ao interesse pela ciência. Além disso, promove o estímulo criativo, melhora as capacidades cognitivas e expande esses conhecimentos para contextos não acadêmicos. Esse processo populariza a ciência e facilita o acesso do público em geral a ela por meio de uma linguagem mais compreensível e acessível (Barbosa et al., 2022; Hsiao & Su, 2021; Park et al., 2016).

Por sua vez, a fabricação digital tem o potencial de auxiliar a compreensão das possibilidades de aplicação por meio de prototipagem rápida, na qual é possível explorar formas e texturas em modelos físicos de pequena escala, de acordo com Bruscato et al. (2014), e segundo os autores, essa ferramenta apoia o processo criativo no estudo de formas complexas e na geração de artefatos. Uma das possibilidades de prototipagem é a manufatura aditiva, na qual os objetos/protótipos são construídos por aplicações de material camada após camada (Despeisse & Ford, 2015). Apesar do termo "manufatura aditiva", essa técnica é popularmente conhecida como impressão 3D (Ribeiro, 2018). Inicialmente teoricamente na academia e posteriormente adotada por empresas para acelerar o desenvolvimento de peças, essa técnica se popularizou a ponto de alcançar também o público em geral, permitindo que pessoas de fora dessas esferas possam fabricar, criar e modificar objetos (Berman, 2012; Penz, 2022).

Através dos conceitos apresentados e considerando que a arquitetura desempenha um papel fundamental ao abrigar a humanidade e promover interações sociais por meio de sua forma e função, identifica-se um potencial para usar superfícies arquitetônicas como meio de comunicação dessa nova linguagem. Dessa forma, o objetivo deste estudo é analisar imagens em escala microscópica com a finalidade de explorar o universo microscópico e transferi-lo para diferentes tipos de superfícies, com a intenção de aplicá-los em contextos arquitetônicos, incluindo fachadas de prédios, muros e mobiliário urbano. A estrutura deste estudo é composta por quatro etapas principais: introdução, metodologia, resultados e discussões, seguidas das conclusões. Por fim, são apresentados os agradecimentos e as referências.

2 Metodologia

Para a presente pesquisa, optou-se por uma abordagem exploratória e qualitativa, a fim de propor a união da arquitetura e da metalografia por meio de aplicações não convencionais, como a tecnologia tridimensional, gerando assim protótipos. O processo deste estudo foi orientado por um modelo inspirado na pesquisa proposta por Allgayer (2009), que abrange quatro etapas: primeiramente, a observação e identificação inicial de padrões; a vetorização desses padrões na segunda etapa; a criação de alternativas para compor a simetria na terceira etapa; e, por fim, o mapeamento e aplicação desses padrões nas formas. No contexto deste estudo, as etapas foram adaptadas, conforme ilustrado na Figura 1.

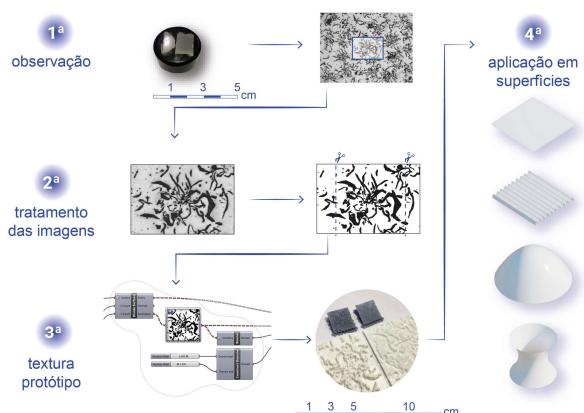


Figura 1. Procedimentos e etapas da pesquisa. Fonte: Elaborada pelos Autores, 2023.

Os procedimentos para cada uma das etapas são apresentados a seguir, de acordo com as técnicas utilizadas para coleta e manejo das informações de pesquisa.

2.1 Observação

Na primeira etapa, que corresponde à observação dos elementos na natureza, optou-se pela técnica de aquisição das metalografias por meio da exploração microscópica. Para aquisição da metalografia utilizou-se uma amostra de ferro fundido cinzento com grafita tipo B sem ataque químico. O equipamento utilizado para captura foi microscópio metalográfico. A partir da imagem capturada pelo microscópio apresenta-se a metalografia, e através desta imagem é possível acompanhar as características visuais da amostra, observam-se assim as chamadas Grafitas, que é um elemento na composição do ferro fundido, uma característica possível de se observar por meio de microscópio óptico, conforme evidenciado na Figura 2.

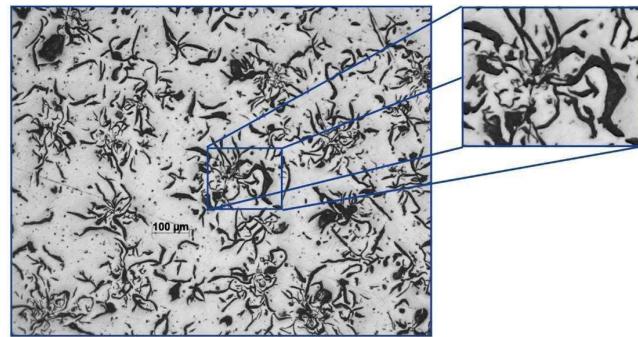


Figura 2. Metalografia de ferro fundido cinzento com grafita tipo B e o recorte utilizado para aplicação no trabalho. Fonte: Elaborada pelos Autores, 2023.

Para viabilidade deste estudo optou-se pela utilização de uma seção desta captura, definiu-se fins estéticos visuais, uma área central da micrografia, onde a grafita tem um aspecto semelhante a uma flor, e esta imagem seguiu para a etapa de tratamento, conforme descrito no item a seguir.

2.2 Tratamento das imagens

O tratamento de imagem foi realizado para “limpar” a imagem, que basicamente se configura em extrair somente esse recorte da foto, e também evidenciar a grafita da metalografia para realização da etapa seguinte.

Após a limpeza da imagem a mesma foi vetorizada para que os limites da forma ficassem mais claros, esta vetorização ocorreu através de sistema automático de traçado da imagem em software de autoria.



Figura 3. Metalografia vetorizada em preto e branco. Fonte: Elaborada pelos Autores, 2023.

2.3 Textura e protótipo

Nesta etapa, utilizando o software *Grasshopper®*, implementou-se um código para explorar possibilidades de relevo desta textura metalográfica. O componente *Image Sampler* foi o utilizado para extração das texturas, onde por meio de um processo de identificação da gama RGB é possível atribuir profundidade e relevo a partir de uma imagem referência (Figura 4).

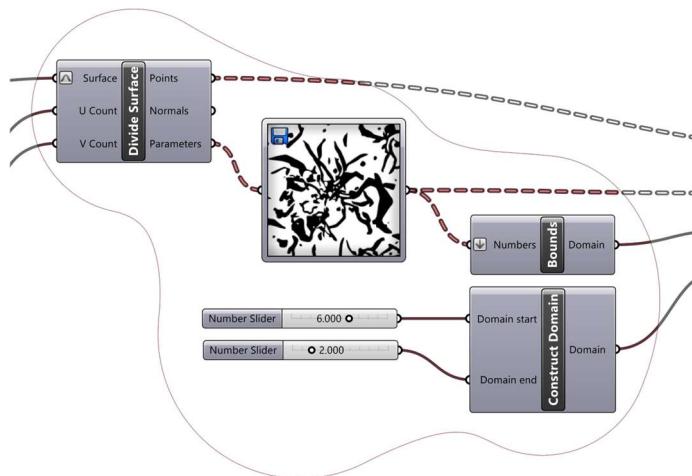


Figura 4. Atribuição de relevo e profundidade com *Image Sampler*. Fonte: Elaborada pelos Autores, 2023.

Este código gerou algumas possibilidades para variações das texturas a partir da imagem capturada manipulando uma superfície (*Surface*) e ajustando os valores de *Domain End* (De) e *Domain Start* (Ds), tornou-se viável aplicar duas variantes de texturas na superfície: um relevo positivo e outro negativo. Dessa maneira, a estrutura da grafita é destacada de acordo com sua posição em relação à base - para baixo no plano inferior e para cima acima da base. Esse efeito é ilustrado na Figura 5.

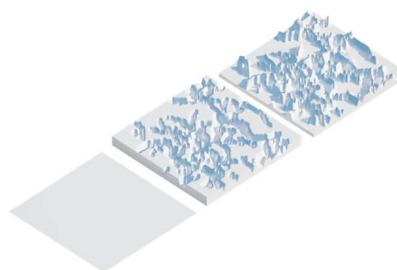


Figura 5. Relevos negativo e positivo das grafitas. Fonte: Elaborada pelos Autores 2023.

Ainda nesta etapa, a partir das malhas geradas foram impressos os protótipos da metalografia para isso utilizou-se duas técnicas diferentes de impressão, ambas de manufatura aditiva, sendo: MSLA (Estereolitografia Mascarada por Tela de Cristal Líquido), que utiliza resina líquida como material; e FFF (Fabricação por Filamento Fundido) utilizando ABS (Acrilonitrila Butadieno Estireno), popularmente conhecidas como impressão 3D. Além disso, optou-se por explorar a prototipagem virtual para a aplicação da malha em outros tipos de superfícies, que será descrita no item a seguir.

2.4 Aplicação em superfícies

Além da prototipagem das texturas mencionadas, foram selecionados dois padrões de superfície conforme apresentados por Freitas (2006): o perfil tipo onda senóide e o perfil esférico. Adicionalmente, um terceiro padrão, denominado catenóide, conforme apresentado por Allgayer (2009), também foi escolhido para a aplicação da metalografia tridimensional. O propósito por trás dessa escolha é investigar como a textura se comporta quando aplicada a diferentes formas genéricas, incluindo curvas, linhas retas e elevações. A intenção é compreender como a textura reage às mudanças de plano, permitindo assim avaliar a viabilidade de aplicação desses padrões em formas encontradas na arquitetura. Nesse sentido, os resultados obtidos serão detalhados e discutidos a seguir.

3 Resultados e Discussões

A pesquisa é evidenciada por contrastes entre dois universos em lados extremos: a arquitetura, em macro escala, com construções e edificações que chegam aos céus, e as metalografias, em microescala, que revelam um vasto universo de características dos materiais que são impossíveis de serem visualizadas a olho nu. A fim de adentrar estes universos foram realizados os protótipos físicos por meio de fabricação digital, as impressões se mostraram importantes para a obtenção de diferentes possibilidades de aplicação, estética e tátil.

A primeira abordagem adotada consistiu na utilização da técnica MSLA. Dois experimentos foram conduzidos (amostras 1 e 2) para gerar superfícies com texturas positivas e negativas, empregando diferentes parâmetros de impressão metalográfica. A partir do código desenvolvido, as configurações de texturização foram exploradas. Os resultados dessas variações de texturas são apresentados na Figura 6, onde é feita uma comparação visual entre as duas composições. Os parâmetros selecionados foram Domain 2 e 6, sendo que o conjunto Domain Start (Ds) e Domain End (De) foi alternado entre Ds 2 – De 6 e vice-versa, ou seja, Ds 6 – De 2.

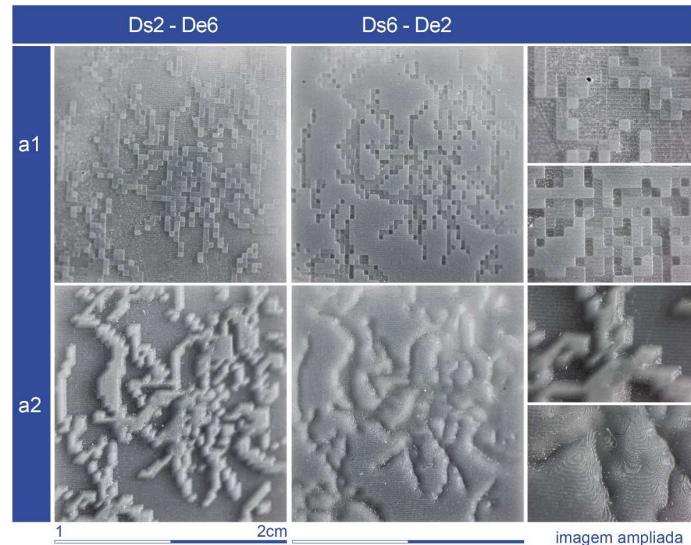


Figura 6. Quadro comparativo das amostras 1 e 2. Fonte: Elaborada pelos Autores, 2023.

Observando os resultados das impressões, pode-se notar que a amostra 2 (a2) evidencia e mantém a textura de forma fidedigna a metalografia. Essa textura foi escolhida para explorar uma terceira amostra (a3) de prototipagem física, utilizando a técnica de FFF (figura 7).



Figura 7. Quadro comparativo da amostra 3. Fonte: Elaborada pelos Autores, 2023.

A impressão utilizando a técnica FFF também demonstrou um nível de qualidade significativo, evidenciando a viabilidade de realizar prototipagem tridimensional de metalografias por meio dessas duas abordagens distintas de fabricação. Os protótipos produzidos exibiram uma qualidade satisfatória em termos tanto visuais quanto táteis.

Após a execução dos protótipos físicos por meio das técnicas de impressão, as texturas foram aplicadas em três variações de superfícies além da forma 1 plana e lisa, sendo: forma 2, perfil ondulado tipo senóide; forma 3, perfil

esférico; e a forma 4, perfil catenóide. Foram exploradas em todas as variações as duas possibilidades de relevos, positivo e outro negativo. Os resultados das aplicações estão dispostos na figura 8 a seguir.

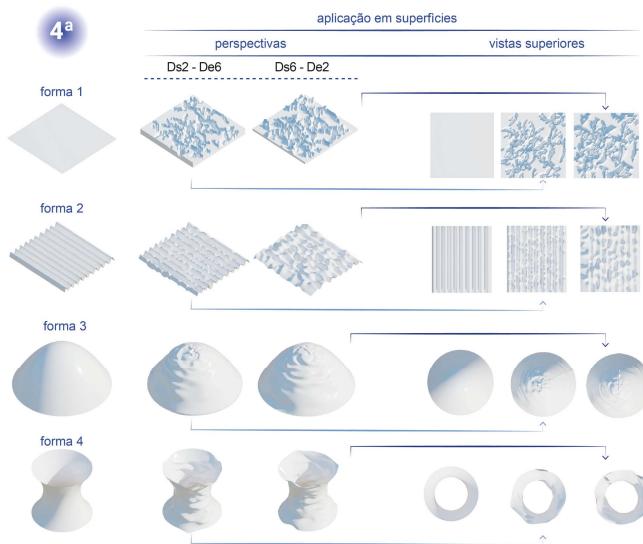


Figura 8. Aplicações das variações de relevo em superfícies.
Fonte: Elaborada pelos Autores, 2023.

Ao realizar variações na superfície utilizada como entrada no código desenvolvido, notou-se que a textura estava sujeita a variações somente ao longo do eixo vertical (z), enquanto as relações horizontais (x e y) permaneciam constantes. Essa dinâmica foi mais evidente nas formas 3 e 4, resultando na perda da identificação do padrão metalográfico, ao contrário das formas 1 e 2 onde essa ocorrência não teve impactos significativos e a visualização do padrão ainda era possível mesmo nas vistas superiores.

Consequentemente, comprehende-se que dois enfoques são necessários para aprimorar a aplicação em superfícies com variações de planos. Em primeiro lugar, é preciso ajustar as escalas da figura, redimensionando-as adequadamente. Em seguida, requer-se um refinamento do código, modificando as relações entre os eixos verticais e horizontais, de modo a permitir que a metalografia seja extrapolada de maneira uniforme em todas as direções.

Em conclusão, mesmo com os desafios encontrados na criação do código paramétrico, a partir das impressões físicas e das simulações de aplicações digitais, evidenciaram-se as possibilidades para a utilização de metalografias para além das limitações dos registros acadêmicos convencionais. Através da tecnologia de fabricação digital, foi possível explorar o universo microscópico com a intenção de proporcionar acesso em diferentes contextos. Como exposto, essa abordagem envolveu a realização de prototipagem, empregando

técnicas distintas de manufatura aditiva, e a texturização em diferentes formatos de superfície.

4 Considerações finais

O presente trabalho foi desenvolvido durante a disciplina de Processo de Fabricação Digital como Ferramenta de Projeto, do Programa de Pós-Graduação em Design da Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Parte desta investigação integra à pesquisa de mestrado do primeiro autor, que tem como objetivo popularizar a ciência por meio da abordagem do STEAM, explorando sua natureza transdisciplinar para entrelaçar diferentes áreas do conhecimento. Dessa forma, a pesquisa evidencia novas formas de comunicar conceitos científicos utilizando uma variedade de meios e artefatos capazes de atingir um público amplo. Ao fazer isso, incentiva a curiosidade e o interesse pelo conhecimento científico, tendo em vista os substratos que se comunicam neste sentido.

Com o propósito de ampliar as possibilidades abertas por essas novas linguagens, sugere-se, para pesquisas futuras, a ampliação da investigação abarcando a análise metalográfica de outros materiais. Incentiva-se a exploração das texturas originais em padrões distintos de configuração. Ademais, é pertinente considerar a viabilidade de virtualmente aplicar esses padrões a modelos de artefatos definitivos.

Agradecimentos. Ao programa de pós-graduação em Design da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, os laboratórios LDSM e Lifee, assim como ao colaborador Cristian Fagundes. Agradecemos também a CAPES que fomenta esta investigação por meio das bolsas de mestrado dispostas aos dois primeiros autores.

Referências

- Allgayer, R. (2009). *Formas naturais e estruturação de superfícies mínimas em arquitetura* [Dissertação de mestrado]. Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, Brasil.
- Barbosa, B. W. G., Mariano, L. F. L., Kindlein Júnior, W., & Ribeiro, R. B. (2022, outubro 21-22). *Uso do STEAM como ferramenta de popularização da ciência*. Trabalho apresentado no primeiro Congresso Internacional Mulheres em STEAM, Parque tecnológico de São José dos Campos, São Paulo, Brasil. <https://doi.org/10.55592/ICIMESTEAM.2022.3147741>
- Berman, B. (2012). *3-D printing: The new industrial revolution*. *Business Horizons*, 55(2), 155-162.
- Bruscato, U. M., Brendler, C. F., Viaro, F. S., Teixeira, F. G., & Silva, R. P. (2014). Uso da fabricação digital e prototipagem no desenvolvimento do projeto de produto:

- Análises do produto através de simulações digitais. *Blucher Design Proceedings*, 1(7), 459–463. <https://www.proceedings.blucher.com.br/article-details/14174>
- Despeisse, M., & Ford, S. (2015). The role of additive manufacturing in improving resource efficiency and sustainability. *IFIP Advances in Information and Communication Technology*, 460, 1-9. <https://inria.hal.science/hal-01431086/document>
- Freitas, G. (2006). *Metodologia e aplicabilidade da digitalização 3D a laser no desenvolvimento de moldes para calçados e componentes* [Dissertação de mestrado]. Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Minas, Metalúrgica e Materiais, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, Brasil. https://lume.ufrgs.br/handle/10183/10982?locale-attribute=pt_BR
- Freitas, L., Morin, E., & Nicolescu, B. (1994, novembro 6). *Carta da transdisciplinaridade*. Trabalho apresentado no primeiro Congresso Mundial de Transdisciplinaridade, Convento de Arrábida, Portugal. <http://www.cetrans.com.br/assets/docs/CARTA-DA-TRANSDISCIPLINARIDADE1.pdf>
- Hsiao, P. W., & Su, C. H. (2021). A study on the impact of STEAM educational for sustainable development courses and its effects on student motivation and learning. *Sustainability*, 13(3772), 1-24. <https://doi.org/10.3390/su13073772>
- Kindlein Júnior, W., & Ribeiro, R. B. (2022, outubro 21-22). *Integração das ciências, tecnologias, engenharias, artes e matemática (steam) como ferramenta de conexão de conhecimentos visando uma formação equitativa, inclusiva e de alta qualidade*. Trabalho apresentado no primeiro Congresso Internacional Mulheres no STEAM, Parque Tecnológico de São José dos Campos, São Paulo, Brasil. <https://publicacoes.softaliza.com.br/cimsteam2022/article/view/3635>
- Kindlein Júnior, W., Bressan, F., & Palombini, F. L. (2021, dezembro 10). “O estranho familiar” e suas implicações em projetos de engenharia, arte e design. Trabalho apresentado no quarto Congresso Internacional e décimo Workshop Design & Materiais, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, Brasil. http://extremooriente.4users.com.br/artigo_kindlein_bressan_palombini.pdf
- Park, H., Byun, S. Y., Sim, J., Han, H., & Baek, Y. S. (2016). “Teachers’ Perceptions and Practices of STEAM Education in South Korea”. *Eurasia Journal of Mathematics, Science & Technology Education*, 12(7), 1739-1753. <https://doi.org/10.12973/eurasia.2016.1531a>
- Penz, I. L. S. (2022). *Manufatura aditiva MSLA: Estudo da variação do tempo de exposição em parâmetros superficiais e dimensionais visando aplicações em steam* [Trabalho de Conclusão de Curso]. Engenharia de Materiais, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, Brasil. <http://hdl.handle.net/10183/245949>.
- Ribeiro, T. R. R. (2018). *Design e tecnologia: Manufatura aditiva por sinterização de poliestireno em equipamento de gravação e corte a laser*. [Dissertação de mestrado]. Programa de Pós-Graduação em Design, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, Brasil. <https://lume.ufrgs.br/handle/10183/180146>.