

Imágenes de los papeles: fibras vegetales como bioinspiración para la elaboración de grabados generados con matrices impresas en 3D

Murilo Marcos Orefice y Toledo Sanjar Mazzilli⁽¹⁾

Facultad de Arquitectura y Urbanismo,
Universidad de São Paulo FAU-USP (Brasil)

Resumen: Este artículo presenta una investigación sobre la técnica de grabado denominada poligrafía, que utiliza matrices producidas con polímeros mediante impresoras 3D. El estudio se sitúa en la confluencia entre diseño, arte y tecnología y busca contribuir a la comprensión de las relaciones y de los procesos creativos que circulan entre las dimensiones digitales y reales, correlacionadas con la manipulación de la naturaleza y de la materialidad y sus resultados en artefactos. En este texto se presentan algunos análisis y resultados de una investigación de carácter fenomenológico sobre los métodos experimentales del poligrafía, que tuvieron como base la bioinspiración en fibras orgánicas vegetales utilizadas para la elaboración de papeles artesanales. A partir de las imágenes percibidas de esta naturaleza oculta, captadas mediante el uso de microscopios de barrido, se generaron imágenes-matrices digitales, posteriormente empleadas para la elaboración de matrices poliméricas impresas en 3D, que se convirtieron en la base de las piezas impresas. El objetivo fue tensionar la técnica y poner de manifiesto la visualidad constitutiva de los soportes del grabado que, aunque invisibles a la mirada, conforman su naturaleza. Al hacer emerger y poner en debate el entramado de relaciones entre los elementos orgánicos materiales que constituyen el artefacto papel, a través de su representación en imágenes que transitan entre los universos físicos y digitales, se plantea una discusión sobre la materialidad natural y manipulada, su percepción en el contexto híbrido físico/virtual y sus procesos de transformación simbólica a lo largo de este recorrido.

Palabras clave: Diseño - Arte - Creatividad - Bioinspiración - Grabado - Nuevas Tecnologías - Impresión 3D - Transdisciplinariedad - Poligrafía

[Resúmenes en inglés y en portugués en las páginas 154-155]

⁽¹⁾ Ver CV en págs. 155-156

Introducción

A partir de la investigación doctoral “Sobreimpresiones - sobre impresiones”, desarrollada por Murilo Orefice bajo la dirección de la Prof. Dra. Clíce de Toledo Sanjar Mazzilli en la Facultad de Arquitectura, Urbanismo y Diseño de la Universidad de São Paulo (FAUUSP/Brasil), se vienen realizando estudios que buscan confrontar y comprender en profundidad las posibilidades de producción e interpretación de grabados elaborados mediante el uso de matrices poliméricas impresas en 3D, que en este texto serán denominadas poligrafías, en analogía con otras formas de grabado cuya denominación se establece a partir de la materia prima de sus matrices, como la xilografía y la litografía. Esta técnica promueve una convergencia entre prácticas artesanales y tecnologías automatizadas contemporáneas, aproximando los universos de lo real y lo virtual, así como de lo material y lo digital, y procurando, de este modo, debatir las relaciones propias del mundo híbrido contemporáneo y sus consecuencias en los procesos creativos, especialmente en la elaboración de imágenes visuales. La interacción entre contextos divergentes puede tener un efecto catalizador en la ampliación de oportunidades creativas. Como observa Leal (2020: 167), “la aproximación entre dos universos diferentes contribuye al desencadenamiento de ideas que hasta entonces no habrían sido imaginadas”. La investigación busca, de este modo, tensionar los límites y ampliar los procesos y repertorios originales de los planos de la materialidad y de la virtualidad, así como de su hibridación. En este sentido, “las ‘obras’ que eventualmente resulten del hacer, por el momento, serán menos importantes que los caminos de búsqueda” (Ostrower, 2013: 264). El presente texto presenta la discusión sobre las características de este método de producción de imágenes impresas, las poligrafías, tomando como eje conceptual y creativo la bioinspiración en fibras vegetales utilizadas en la fabricación de papeles artesanales. La observación de las tramas y formas orgánicas ocultas en el principal soporte del grabado se reveló desafiante e inspiradora como foco para el desarrollo de este análisis.

Los grabados en general y, principalmente, aquellos realizados con matrices en relieve, acompañan la búsqueda de la reproducción de imágenes visuales y el hacer artístico a lo largo de la historia humana. Las posibilidades técnicas de producción a través de estas prácticas de impresión son numerosas, y es posible observar los diversos procesos de transformación que experimentaron a lo largo del desarrollo tecnológico de la humanidad (Martins, 1987). Este modo de producción artística presenta variadas formas de ejecución, constantemente revisadas y reinventadas, que posibilitan la producción de imágenes e innovaciones que han revolucionado las convenciones técnicas tradicionales. “El grabado no es un lenguaje estancado: nuevas posibilidades fueron y continúan siendo incorporadas” (Buti & Letycia, 2015: 12). En este escenario, la utilización de la manufactura aditiva –impresión 3D– como medio para la generación de matrices de grabado amplía las potencialidades experimentales disponibles en esta forma de expresión. Más que una innovación técnica, la poligrafía propone un desplazamiento conceptual: la imagen atraviesa sucesivas traducciones –de la materia al digital, del digital al objeto material tridimensional y, nuevamente, a la materia expresada en tintas sobre soportes como papel o tejido– instaurando un recorrido complejo y no lineal de producción visual. Las imágenes digitales funcionan como matrices inmateriales que posteriormente son construidas capa por capa en

el mundo físico mediante impresoras 3D, para luego generar impresiones tradicionales en una secuencia de impresiones sobre impresiones. Este método innovador de grabado viene siendo explorado por artistas y diseñadores interesados en ampliar las posibilidades expresivas y alcanzar nuevos resultados visuales. Esta aproximación permite la creación de imágenes íntegramente en el entorno digital, así como la elaboración de composiciones híbridas a partir de la digitalización de distintos materiales físicos o de la captación del mundo material, mediante el uso de fotografías, por ejemplo. La manipulación de las matrices digitales a través de diversos softwares gráficos expande el repertorio de soluciones visuales y de estrategias proyectuales, abarcando desde procedimientos de collage hasta prácticas de ilustración digital. Además, la generación automatizada de imágenes por medio de plataformas específicas y de inteligencias artificiales generativas amplía aún más las posibilidades de este método de producción de grabados, desplazando su concepción de los modos tradicionales de manipulación artesanal de materiales, presentes en los procesos convencionales de creación, hacia líneas de códigos automatizados. El uso de la bioinspiración actúa, de manera complementaria, como fuente de percepciones, análisis y analogías visuales a partir de la naturaleza. La búsqueda de imágenes base para estas producciones de poligrafías, provenientes directamente de la observación del entorno natural, añade una capa más al debate sobre el hibridismo material-digital inherente a la técnica.

Bioinspiración y los procesos creativos del poligrafía

La bioinspiración, en el ámbito del diseño y de las artes, puede ser utilizada como estrategia para la creación de soluciones presentes en la naturaleza, a partir de características formales, estructurales y sistémicas empleadas para resolver problemáticas humanas. El reconocimiento de las morfologías del entorno para la elaboración proyectual, mediante la exploración de la bioinspiración y de la biomimética –que Benyus (2003) define como un conjunto de conocimientos orientados al desarrollo de soluciones para problemas reales de la humanidad a partir de la percepción activa de las formas, procesos y sistemas naturales–, posibilita la aproximación del diseño a los procedimientos de funcionamiento de la naturaleza, entendiéndola como modelo, medida y mentora para la construcción y la armonización de proyectos (Benyus, 2003). Este enfoque se fundamenta “no en aquello que podemos extraer de la naturaleza, sino en lo que podemos aprender de ella” (Benyus, 2003). Más allá de su aplicación funcional o estética, los sistemas naturales pueden ser comprendidos como un campo de reflexión sobre procesos, temporalidades y modos de organización complejos. Los investigadores Julian Francis Vincent, Olga Bogatyreva, Nikolai Bogatyrev, Adrian Bowyer y Anja-Karina Pahl contribuyen a esta discusión al comprender la biomimética como un proceso metodológico que involucra la abstracción de principios funcionales y sistémicos de la naturaleza, yendo más allá de la simple reproducción formal. Para estos autores, la bioinspiración, entendida como un campo más abierto e interpretativo, concibe la naturaleza como fuente de analogías formales, perceptivas y procesuales (Vincent *et al.*, 2006). David Pearson (2001) también aporta en este sentido, al destacar que la inspiración proveniente de la naturaleza trasciende la imitación de formas visibles e invo-

lucra la comprensión de principios como crecimiento, continuidad, adaptación e integración con el contexto, en una perspectiva que refuerza la lectura de la naturaleza como referencia conceptual para procesos creativos no lineales. La comprensión de la naturaleza como modelo –es decir, cuando la inspiración proviene de la forma y de la función natural– constituye la base para la concepción de una analogía entre las construcciones orgánicas y los flujos y rupturas de los pensamientos múltiples de los procesos de creatividad y de visualidad, especialmente al observar en los fenómenos naturales una lógica de construcción por capas, aglutinaciones irregulares y conexiones múltiples, que raramente obedecen a secuencias lineales o previsibles. Morin (1990) observa que los fenómenos culturales, al igual que los naturales, no se estructuran a partir de causalidades lineales, sino mediante interacciones dinámicas entre orden, desorden y organización, operando por medio de retroacciones y reorganizaciones continuas, en un flujo de circuito. Esta perspectiva dialoga con la comprensión contemporánea de la complejidad, entendida en la propuesta de Cardoso (2016) como un sistema compuesto por múltiples elementos interrelacionados, cuyas conexiones redefinen continuamente el todo. En este sentido, la creatividad se presenta como un proceso de transformaciones constantes e inesperadas, basado en la articulación progresiva de referencias, informaciones, inestabilidades, acumulaciones y subversiones, sin la rigidez de un plan previo inmutable. Al igual que en los sistemas vivos, la creación se desarrolla a través de relaciones múltiples y no jerárquicas, en las cuales el azar y la experimentación desempeñan un papel constitutivo fundamental. Fayga Ostrower (1987) concibe el acto creador como un proceso de ordenación sensible, en el cual el pensamiento se construye en diálogo constante con la materia y con la experiencia. Para la autora, crear implica establecer relaciones, reconocer tensiones y promover síntesis provisionales, en un movimiento continuo de percepción y acción (Ostrower, 1987), y no seguir una secuencia predeterminada. Esta dinámica se aproxima a los procesos naturales, en los que la forma emerge a partir de interacciones sucesivas y de ajustes progresivos, reforzando la idea de que la creatividad se estructura como un flujo más que como una sucesión de etapas fijas. Cuestiones similares son planteadas por Cecilia Salles, quien entiende la creación artística como un proceso en red, complejo y relacional, marcado por desvíos, retomadas y bifurcaciones. Al analizar el proceso creativo, Salles (2006) evidencia que la obra se constituye a lo largo del tiempo mediante capas de decisiones, intentos y reformulaciones, configurando una lógica procesual abierta y no lineal. “La creación artística se construye como una red de interacciones, y no como una línea recta en dirección a un fin previamente definido” (Salles, 2006: 36). La analogía con los fenómenos naturales permite percibir el desplazamiento del foco del resultado final hacia el propio proceso de concepción y elaboración, enfatizando la progresión a lo largo del tiempo, la materialidad y la inestabilidad como dimensiones fundamentales de la creación en el diseño y en las artes. En este mismo horizonte teórico, Leopoldo Leal (2020) contribuye a la comprensión de la creatividad como un proceso abierto, experimental y en permanente construcción. Para el autor, la creación no se orienta por un recorrido previamente delimitado, sino que se desarrolla como un campo de investigación sensible, en el cual el hacer asume un papel central. El proceso creativo es entendido como un espacio de negociación continua entre intención, materialidad, contexto y decisiones emergentes, en el que los desvíos, las dudas y las reformulaciones no representan fallas, sino que constituyen la propia dinámica del crear. De

este modo, el trabajo se construye a lo largo del tiempo a partir de capas sucesivas de experimentación, aproximándose a los modos de organización observados en los sistemas naturales. Leal (2020) también enfatiza que la materialidad no actúa como un elemento pasivo en el proceso creativo, sino como un agente activo que responde, resiste y sugiere caminos, influyendo directamente en las elecciones formales y conceptuales. En este sentido, la creación se establece como un proceso relacional, en el cual la forma emerge del contacto directo con la materia y de la atención a aquello que se manifiesta a lo largo del recorrido. Tal comprensión refuerza la analogía entre naturaleza y creatividad al evidenciar que, así como en los fenómenos naturales, la organización de la forma no resulta de la imposición de un plan rígido, sino de la interacción continua entre fuerzas diversas, inestabilidades y ajustes progresivos, en un movimiento que valora el proceso y no únicamente un resultado final previamente idealizado. Esta comprensión evidencia la manera en que se estructuran los procesos creativos. Con frecuencia, el trabajo finalizado –ya sea una obra de arte, un proyecto de diseño o un grabado– oculta la red de decisiones, desvíos, intentos, errores y azares que lo constituyeron. De modo similar a la observación de un papel artesanal, se perciben la superficie, la textura y el plano, pero no se accede fácilmente a la complejidad interna de su constitución fibrosa. La naturaleza, en este sentido, ofrece una potente analogía para pensar la creación y las imágenes como procesos íntimos, irregulares y múltiples. Más aún cuando se adopta como método una forma de grabado contemporáneo que exige diferentes decisiones y procedimientos en su elaboración y que, por lo general, permanecen completamente desconocidos para quienes observan el resultado final. Comprender los procesos amplía la red de relaciones y de comprensión de la pieza impresa y, por lo tanto, ayuda al observador a expandir el repertorio fundamental que servirá de base para la estructuración de relaciones y para la comprensión de la obra. Las imágenes visuales generadas mediante la técnica de la poligrafía con bioinspiración reflejan, en este contexto, una concepción dialógica que representa los procesos creativos immanentes de los complejos entramados ocultos en las fibras de su soporte.

El papel ocupa una posición central en esta investigación, tanto como objeto de análisis como soporte final de los grabados. Por tratarse de un material ampliamente naturalizado en la vida cotidiana, el papel suele ser percibido únicamente en su dimensión funcional o superficial. No obstante, su constitución revela un complejo proceso de transformación de la materia orgánica, en el cual fibras vegetales son fragmentadas, suspendidas, aglutinadas y depositadas en capas hasta conformar una superficie continua, muchas veces regular y homogénea, que oculta a la observación directa la naturaleza multifacética de sus componentes. Esta lógica de formación por capas adquiere especial relevancia cuando se la relaciona con los procesos creativos contemporáneos. La creación, al igual que el papel, se construye mediante superposiciones irregulares de ideas, referencias y experiencias, dejando vacíos y espacios intersticiales que resultan tan significativos como los elementos visibles. El conocimiento creativo no reside únicamente en aquello que se presenta de forma explícita, sino también en los intersticios, en los espacios negativos y en las conexiones no evidentes que se establecen a lo largo del proceso. Las fibras vegetales cumplen una función estructurante en la planta de origen, componiendo una materialidad sólida y resistente, pero al mismo tiempo flexible y dinámica, que articula diferentes partes del organismo. Cuando estas fibras se acumulan de manera casi caótica en el papel, conser-

van características físicas que se transforman en inspiración al dar lugar a un producto humano que, en sí mismo, se constituye como sinónimo de posibilidad creativa, inicio de proceso y material de trabajo en las artes y en el diseño gráfico.

El método adoptado para el desarrollo de la investigación posee un carácter experimental y fenomenológico, articulando procedimientos técnicos, decisiones poéticas y reflexiones conceptuales. El levantamiento de datos se inició en la producción práctica de los autores, y el análisis se desarrolló a partir de los hallazgos procesuales y materiales del proyecto. Para ello, se produjeron diversas impresiones de grabados utilizando matrices poliméricas confeccionadas mediante impresión 3D. La producción de los poligrafías utilizados en los análisis comenzó con la selección de los papeles que servirían como base para todo el desarrollo del proceso creativo. Se disponía de papeles elaborados con fibras de caña de azúcar, banano y kozo, un género de morera (*Morus bombycis*) comúnmente utilizado en la fabricación de papeles artesanales, como el tradicional papel japonés washi. Se definió el uso del papel elaborado con kozo, observable en la *Figura 1*, debido a su mayor neutralidad cromática y a la menor prominencia de texturas, lo que lo hacía más adecuado para el experimento. La utilización de este soporte fue posible gracias a la colaboración de la investigadora Julia Junqueira Ribeiro Pinto, a quien se expresan los agradecimientos por parte de los autores de este artículo, y quien también se encuentra vinculada al programa de posgrado de la FAUUSP, desarrollando una investigación sobre la elaboración de papeles a pequeña escala.

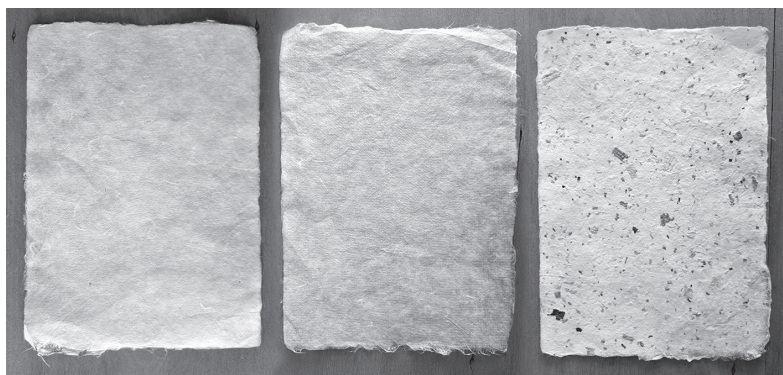


Figura 1. Papel fabricado con la planta de kozo en las versiones gruesa, fina y con corteza, respectivamente (Fuente: Los autores, 2025).

El paso siguiente se llevó a cabo a partir de la observación y el registro fotográfico de las fibras vegetales utilizadas en la fabricación de los papeles artesanales, analizadas mediante microscopía digital de barrido en 3D. El equipo utilizado fue el Microscopio Digital

Olympus DSX1000, que permite la visualización, medición y captura de imágenes con alta calidad y gran aumento, alcanzando siete mil veces o más. La utilización de este dispositivo fue posible gracias al apoyo del Instituto Mauá de Tecnología de São Caetano do Sul / Brasil, que facilitó el equipo y un operador para la realización del análisis, a quienes también se expresan los agradecimientos de los autores. Se realizaron diversas ampliaciones que posibilitaron la observación de los diseños y formas de las fibras del papel en diferentes escalas, con aumentos que oscilaron entre 142 y 5.000 veces. A criterio de los investigadores, algunas de estas ampliaciones fueron registradas en imágenes digitales para su posterior análisis. Esta etapa permitió el acceso a visualidades inaccesibles al ojo humano, revelando estructuras complejas, orgánicas y casi abstractas. Las imágenes resultantes evidencian las fibras largas y translúcidas de la planta utilizada como materia prima, dispuestas en superposiciones y direcciones aleatorias y que, al mismo tiempo, remiten a paisajes de bosques desaturados formados por árboles de troncos delgados, curiosamente semejantes a los de la especie kozo, estableciendo una similitud entre el macro del vegetal original y el micro de sus formas estructurantes, como se observa en la *Figura 2*.

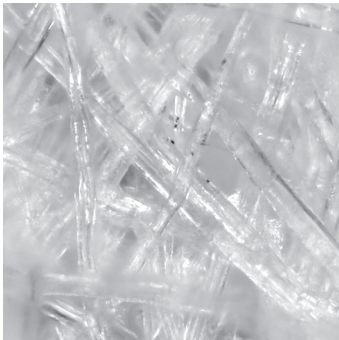


Figura 2. Fotografía de las fibras del papel de kozo con ampliación de 1.000 veces en el microscopio DSX1000 (Fuente: Los autores, 2025).

Entre los diversos registros disponibles, se seleccionaron tres imágenes que pudieran representar la idea de acumulación irregular de las fibras del papel y que, simultáneamente, presentaran las características técnicas fundamentales para la realización de las impresiones. Las imágenes capturadas fueron entonces manipuladas mediante el uso del software gráfico Adobe Photoshop. El objetivo fue producir, en este entorno digital, una transformación visual de las imágenes fotográficas obtenidas por microscopía en matrices digitales de poligrafía. Este proceso involucró elecciones subjetivas, tales como recortes, ajustes de contraste y superposiciones, así como modificaciones y simplificaciones funcionales para que las imágenes adquirieran las características necesarias que posibilitaran la posterior impresión tridimensional y la generación de matrices poliméricas eficientes para la

producción de impresiones en tinta. En este método de grabado, la imagen digital no se configura como un fin en sí misma, sino como una matriz virtual que se transforma en interfaz. No se trata de una traducción realista directa de la imagen original. Además de las interacciones conceptuales, la búsqueda de condiciones técnicas fundamentales para el funcionamiento del proceso determina modificaciones que generan una visualidad propia, en gran medida coincidente con la de otros grabados en relieve. Por ello, en las imágenes resultantes las fibras permanecen perceptibles, pero se produce una simplificación formal que contribuye a la transferencia de la imagen desde la representación del entorno real hacia una idealización estilizada en el ámbito gráfico.

La transposición de imágenes bidimensionales a la impresión 3D se fundamenta en la utilización del contraste de la imagen digital como escala para definir las alturas de las paredes de impresión. Es decir, las áreas más claras generan capas más bajas, mientras que las más oscuras construyen regiones con mayor deposición de filamento. Las variaciones tonales provocan alternancias en la altura de las capas. Por esta razón, el proceso busca homogeneizar los valores tonales de las imágenes, de modo que se obtengan alturas uniformes en los puntos de impresión. Dado que se trata de un método de grabado en relieve, cuando una zona se encuentra a media altura, aun estando entintada, no entra en contacto con la superficie del soporte en el momento final de la impresión y, por lo tanto, no registra la imagen en ese sector. La poligrafía alcanza mejores resultados cuando la matriz física presenta una altura de relieve uniforme en toda su extensión. En función de ello, la primera modificación realizada en las imágenes digitales seleccionadas fue la conversión de su escala cromática a blanco y negro (*grayscale*), garantizando la eliminación de variaciones derivadas del matiz de color. Posteriormente, se efectuó un ajuste en las transiciones de gradiente. Este método de impresión exige un contraste total en las imágenes, con colores sólidos, ya que los medios tonos de gris no alcanzan la altura de las áreas negras en la construcción de la matriz polimérica. A continuación, se realizó una adecuación en el espesor de las líneas presentes en las imágenes. La técnica de grabado mediante matrices impresas en 3D generalmente no produce impresiones con alta fidelidad respecto de la imagen digital inicial cuando las líneas son demasiado delgadas. En áreas con espesores inferiores a 1,5 mm, las matrices de poligrafía no registran la impresión de forma eficiente al ser entintadas. Lo mismo ocurre con los espacios negativos. Por este motivo, se llevaron a cabo ampliaciones y recortes en las imágenes, asegurando un espesor viable para el proceso.

Posteriormente, estas imágenes fueron convertidas en archivos tridimensionales compatibles con impresoras 3D (.stl), mediante el uso del software de extrusión y laminado UltiMaker Cura. A partir de ello, se inició la impresión de las matrices utilizando filamentos de polímero PLA mediante manufactura aditiva, con el empleo de impresoras 3D Creality Ender-3. Las matrices poliméricas pueden observarse en la *Figura 3*. El PLA fue seleccionado por su excelente desempeño, que combina facilidad de producción con la elaboración de piezas precisas y suficientemente resistentes para su utilización en las poligrafías. La impresión 3D construye la matriz física mediante la deposición sucesiva de capas de filamento, estableciendo un proceso que dialoga directamente con la lógica de formación del papel y con la propia noción de superposición de impresiones presente en la investigación.



Figura 3. Matrices de poligrafía impresas en PLA (Fuente: Los autores, 2025).

Tras la finalización de la producción de las matrices poliméricas, la etapa final consistió en la impresión de los grabados sobre los papeles. Se realizaron pruebas de color, tipos de tinta y técnicas de prensado con el objetivo de alcanzar resultados que mejor expresaran las intenciones de representación. En este momento de conclusión del proceso, el carácter artesanal del grabado se impuso, introduciendo variaciones, fallas, desplazamientos e imprecisiones que diferencian cada impresión, incluso cuando derivan de una misma matriz. Este elemento de azar y aleatoriedad, en este tipo de trabajo, no solo resulta aceptable, sino deseable. Como señala Salles (2011: 42), “aceptar la intervención de lo imprevisto implica comprender que el artista podría haber realizado la obra de un modo diferente al que finalmente adoptó. Se admite, así, que otras obras habrían sido posibles”. Aunque se buscaba el ruido visual en los resultados, la tinta de xilografía a base de agua y la tinta hidrosoluble de serigrafía no se mostraron adecuadas para esta producción, ya que la cobertura presentó un nivel excesivo de inconsistencias, lo que inviabilizó su uso, dado que el diseño de las fibras se tornaba irreconocible debido a la irregularidad excesiva. Por este motivo, se adoptó la tinta gráfica offset para la producción de los grabados, aplicada mediante técnica de prensa manual, lo que generó mejores resultados sobre el papel artesanal. El color elegido fue el negro, por su mayor neutralidad y por ofrecer mejor contraste, considerando que el objetivo era resaltar las formas y no las tonalidades.

En las imágenes impresas, que pueden observarse en la *Figura 4*, se percibe una variación en las áreas de cobertura de tinta, resultado de la variación en la escala de ampliación utilizada en la captura de las imágenes y de la transposición del proceso. La imagen situada a la izquierda fue la que registró mayor semejanza con la imagen digital matriz. La ampliación utilizada fue de 500 veces y, para el formato adoptado, se mostró adecuada al mantener un equilibrio entre áreas de líneas de impresión y espacios negativos. Con una ampliación de 1.000 veces, la imagen central presenta mayores espacios entre las fibras, mientras que la imagen situada a la derecha, correspondiente a la menor ampliación (142 veces), exhibe una apariencia menos realista, ya que los detalles resultaron demasiado pequeños para

la técnica de la poligrafía. De este modo, este último impreso es el que presenta mayores áreas de papel expuesto y, por esta razón, se utilizó la hoja con inclusiones de corteza, de modo que fuese posible observar esta característica del material. Las manchas de tonalidades terrosas presentes en el grabado corresponden a estas adiciones de corteza empleadas en la fabricación del papel.



Figura 4. Poligrafías basadas en fibras de papel–Serie Latentes (Fuente: Los autores, 2025).

Imágenes en hibridismos

Con la elección del papel como punto de partida y de llegada para la producción de las poligrafías –objetos de esta investigación–, se instauró un movimiento circular en el proceso: la materia que inspira la imagen retorna como soporte para su impresión. Este recorrido configura una reflexión sobre la propia materialidad de la imagen y sobre los modos en que esta se transforma al transitar entre universos físicos y digitales. La presente investigación busca, por lo tanto, desplazar la mirada de la superficie hacia la intimidad de la materia. Al observar fibras vegetales en escala microscópica, se evidencia una visualidad abstracta que, aunque no representa directamente la forma de la planta de origen, conserva vestigios de su constitución en el nuevo ecosistema que se configura como el producto papel, formado por la intersección entre el universo natural y el mundo de la intervención humana. Esta visualidad oculta, que no es inmediatamente accesible a la percepción humana, exige la mediación de tecnologías de ampliación y captura de imagen, combinando propiedades materiales y resignificando atributos simbólicos inmanentes a los sistemas de origen. Estas traducciones, resignificaciones y mezclas entre entornos diversos, que valorizan un hibridismo de universos, pueden observarse también en otras fases de producción de las poligrafías. En la mediación temática orientada a la naturaleza, se presenta una primera capa

de hibridación entre lo natural y lo tecnológico. Elementos, materialidades y visualidades inaccesibles a la observación común se tornan perceptibles mediante la intervención de artefactos técnicos, instaurando una condición híbrida entre lo natural y lo artificial. La imagen que emerge de este proceso ya no es fruto de una percepción directa, sino de una traducción técnica que convierte la materia orgánica en información visual sintética. Este desplazamiento se aproxima a lo que Vilém Flusser (2008) denomina imagen técnica, es decir, una imagen producida por aparatos y orientada por programas, cuya lógica no se fundamenta en la representación mimética del mundo, sino en la visualización de conceptos y procesos codificados. Como afirma Flusser, “las imágenes técnicas no son espejos del mundo, sino proyecciones de conceptos” (Flusser, 2008: 29). En este sentido, la imagen de las fibras, capturada y tratada digitalmente, se constituye menos como registro de lo real y más como construcción informacional mediada por dispositivos técnicos. Sin embargo, la poligrafía amplía este campo de hibridación al incorporar una segunda transposición fundamental, invirtiendo el flujo de traducciones. El pasaje de la imagen digital al artefacto físico se configura como una forma de devolver materialidad natural a la imagen sintética. Al ser convertida en una matriz impresa en 3D, la imagen abandona el régimen de la visualidad bidimensional y asume una condición material, transformándose en relieve, resistencia y superficie sólida. Este desplazamiento puede comprenderse, a partir de los conceptos de Flusser (2008), como la materialización de un programa en el cual la matriz no es construida directamente por la mano humana, sino producida a partir de un conjunto de instrucciones codificadas que orientan la acción del aparato. El gesto creativo, de este modo, deja de darse exclusivamente en el contacto directo con la materia y pasa a operar también en el plano conceptual de parámetros, instrucciones y estructuras digitales.

Esta traducción hacia el universo físico a partir de la matriz digital reescribe la materialidad bajo nuevas condiciones, sin eliminarla, sino reforzando su carácter híbrido. Matthew Kirschenbaum (2008) argumenta que todo proceso digital depende de una inscripción física específica y que sus efectos se tornan perceptibles en los vestigios dejados por la fabricación computacional. Según el autor, “lo digital es siempre material, aunque esa materialidad no sea inmediatamente visible” (Kirschenbaum, 2008: 11). A partir de este marco teórico, es posible comprender que el proceso de la poligrafía transita entre espacios digitales y físicos distintos, algunos accesibles a los sentidos –como la matriz polimérica impresa– y otros invisibles, aunque materiales, como las inscripciones eléctricas, magnéticas y ópticas que sustentan la imagen digital. Se establece, así, una simetría conceptual entre estos registros y las fibras del papel, ya que ambos solo se tornan perceptibles mediante el uso de tecnologías específicas. Al establecer una aproximación con los conceptos de Manovich (2001), es posible comprender la matriz digital como una estructura variable, susceptible de ajustes, versiones y reconfiguraciones. Para Manovich, los objetos de los medios digitales se caracterizan por la modularidad y la variabilidad, siendo definidos menos como formas fijas y más como sistemas de posibilidades. A diferencia de las matrices tradicionales de grabado, concebidas como estables y definitivas, la matriz impresa en 3D deriva de un modelo informacional que admite múltiples actualizaciones. Cada impresión se convierte, así, en una instancia particular dentro de un conjunto potencialmente infinito, tensionando la noción clásica de repetición y aproximando el grabado a lógicas generativas y paramétricas. Esta elaboración, lejos de ser neutra, condiciona el campo de

lo posible y exige una postura crítica frente a las imágenes codificadas y a las operaciones técnicas que las producen. En este punto, Flusser destaca la necesidad de operar contra los aparatos, explorando sus márgenes, fallas e indeterminaciones, pues “la libertad del creador reside en jugar contra el programa” (Flusser, 2008: 67). Las interacciones entre estos universos diversos en el proceso de la poligrafía generan múltiples hibridaciones que enriquecen el análisis de los resultados. Las capas sucesivas del polímero, las irregularidades del proceso de impresión y las limitaciones técnicas del equipamiento revelan una materialidad propia, de génesis digital, pero cuya manifestación ocurre en la superficie de la matriz y, posteriormente, en la impresión gráfica. Estos rastros configuran una visualidad que no oculta el proceso, sino que lo evidencia, aproximándose a la lógica estratificada que caracteriza tanto al papel como al propio acto de creación.

En este encadenamiento, la interfaz adquiere una importancia decisiva. Conforme propone Gui Bonsiepe (2011), es a través de la interfaz que se establecen las mediaciones entre la intención proyectual, la lógica técnica y la acción material. Para el autor, “la interfaz es el lugar donde la acción se vuelve posible” (Bonsiepe, 2011: 17). Los softwares de modelado, los dispositivos de impresión y la propia prensa gráfica constituyen una cadena de interfaces que traducen decisiones conceptuales en operaciones técnicas concretas.

Finalmente, el retorno de la imagen digital al papel, mediado por la matriz impresa en 3D en el acto de impresión, cierra y, simultáneamente, reabre el ciclo de la creación. La imagen, que nació de la observación ampliada de la materia orgánica y fue convertida en información digital, retorna al soporte fibroso que la inspiró. Este movimiento circular refuerza la comprensión del grabado como un campo de transiciones continuas entre lo digital y lo material, en el cual la imagen no se fija, sino que se transforma. La poligrafía, en este sentido, se afirma como una práctica híbrida que evidencia no solo la materialidad de la imagen y posibilita un contacto sensorial multimodal, sino también los procesos, capas y mediaciones que la constituyen.

Conclusiones y contribuciones

A partir de la poligrafía, el trabajo establece un diálogo entre procesos tecnológicos emergentes y procedimientos históricamente vinculados a la práctica artesanal del grabado, articulándolos desde una perspectiva poética y conceptual fundamentada en la bioinspiración, tensionando los límites entre lo digital y lo material. La poligrafía evidencia una ambigüedad fundamental entre precisión tecnológica e imprevisibilidad artesanal. Mientras que la impresora 3D posibilita la reproducción casi idéntica de matrices, el proceso de impresión sobre papel introduce variables sensoriales y materiales difíciles de controlar plenamente. Tinta, presión, humedad y textura del papel actúan como agentes activos en la construcción de la imagen final.

En este recorrido, la imagen atraviesa sucesivas transformaciones: de la visualidad microscópica a la imagen digital, de la imagen digital a la matriz polimérica y de la matriz a la tinta sobre el papel. Cada etapa altera su apariencia y sus sentidos, alejándola de la perfección luminosa de la pantalla y aproximándola a las contingencias de la materia. Las

sobreimpresiones, marcadas por las impresiones de la imagen digital en la pantalla, por las impresiones de las matrices poliméricas y, finalmente, por la impresión de los grabados sobre los papeles, intensifican este proceso, produciendo imágenes que cargan vestigios de sus propias transformaciones.

Los resultados obtenidos no se restringen a la producción de grabados como objetos finales, sino que se manifiestan principalmente en la ampliación de la comprensión de los procesos creativos. Las poligrafías resultantes presentan una visualidad no figurativa que remite a la naturaleza sin representarla directamente. Reflejan y, al mismo tiempo, refractan la materia de origen, revelando una “intimidad del papel” accesible únicamente mediante la mediación tecnológica. Al observar estas imágenes abstractas, el pensamiento del espectador puede no recorrer de inmediato las mismas líneas conceptuales que orientaron su producción. Aun así, evocan la naturaleza en su dimensión íntima, revelando una visualidad que no se presenta directamente en el mundo visible. Se trata de una naturaleza mediada, traducida y resignificada, que solo se torna perceptible mediante la intersección entre lo digital y lo material. En este proceso, la tecnología no se posiciona como antagonista de la materia, sino como una herramienta de acceso a su complejidad invisible.

Estas imágenes operan como metaimágenes: imágenes sobre imágenes, procesos sobre procesos. Al retornar al papel –soporte que inspiró su concepción–, establecen un ciclo reflexivo que tensiona las nociones de originalidad, reproducción y materialidad. La imagen final no clausura el proceso, sino que evidencia su condición transitoria y acumulativa. Desde el punto de vista conceptual, la investigación refuerza la idea de que el proceso creativo es intrínsecamente irregular, no lineal y atravesado por subjetividades. Las conexiones que se establecen a lo largo de este recorrido no siguen trayectorias rectas o previsibles, sino que se construyen de forma transversal, conectando puntos en ocasiones distantes o improbables. Esta irregularidad, lejos de constituir una fragilidad, conforma la potencia del pensamiento creativo.

De este modo, al hacer emerger aquello que permanece oculto –tanto en la materia como en los procesos–, la poligrafía propone una reflexión sobre la propia condición de la imagen contemporánea, situada entre lo digital y lo material, entre lo visible y lo invisible. La intimidad del papel se convierte, así, en una alegoría de la intimidad del hacer creativo: un campo estratificado, irregular y multifacético, colmado de vacíos y conexiones que sostienen aquello que finalmente se presenta en la superficie.

Referencias bibliográficas

- Benyus, J. M. (2003). *Biomimética: innovación inspirada por la naturaleza*. São Paulo, SP: Cultrix.
- Bonsiepe, G. (2011). *Diseño, cultura y sociedad*. São Paulo, SP: Blucher.
- Buti, M., & Letycia, A. (Eds.). (2015). *Grabado en metal*. São Paulo, SP: Editora USP.
- Cardoso, R. (2016). *Diseño para un mundo complejo*. Río de Janeiro, RJ: Zahar.
- Flusser, V. (2008). *El universo de las imágenes técnicas: elogio de la superficialidad*. São Paulo, SP: Annablume.

- Kirschenbaum, M. G. (2008). *Mechanisms: New media and the forensic imagination*. Cambridge, MA: MIT Press. <https://doi.org/10.7551/mitpress/7393.001.0001>
- Leal, L. (2020). *Proceso de creación en diseño gráfico: Pandemonium*. São Paulo, SP: Senac.
- Manovich, L. (2001). *The language of new media*. Cambridge, MA: MIT Press.
- Martins, I. (1987). *Grabado: arte y técnica*. Laserprint; Fundação Nestlé de Cultura.
- Morin, E. (2005). *Introducción al pensamiento complejo* (5.ª ed.). Porto Alegre, RS: Sulina.
- Ostrower, F. (1987). *Creatividad y procesos de creación*. Petrópolis, RJ: Vozes.
- Ostrower, F. (2013). *Azar y creación artística*. Campinas, SP: Editora da Unicamv
- Pearson, D. (2001). *New organic architecture: The breaking wave*. Berkeley, CA: University of California Press.
- Salles, C. A. (2006). *Gesto inacabado: proceso de creación artística* (4.ª ed.). São Paulo, SP: Annablume.
- Vincent, J. F. V., Bogatyreva, O. A., Bogatyrev, N. R., Bowyer, A., & Pahl, A.-K. (2006). Biomimetics: Its practice and theory. *Journal of the Royal Society Interface*, 3(9), 471–482. <https://doi.org/10.1098/rsif.2006.0127>

Abstract: This article presents a research study on the printmaking technique known as *polygraphy*, which employs matrices produced with polymers through 3D printing technologies. The study is situated at the intersection of design, art, and technology, and seeks to contribute to the understanding of the relationships and creative processes that circulate between digital and physical dimensions, correlated with the manipulation of nature and materiality and their outcomes in artefacts.

This paper presents a series of analyses and results derived from a phenomenological investigation into the experimental methods of polygraphy, grounded in bioinspiration from organic vegetal fibres used in the production of handmade papers. From images perceived within this concealed nature, captured through the use of scanning microscopes, digital image-matrices were generated and subsequently employed to produce polymeric matrices via 3D printing, which then became the basis for the printed pieces.

The objective was to challenge the technique and to foreground the constitutive visuality of printmaking substrates which, although invisible to the eye, shape its intrinsic nature. By bringing into visibility and debate the network of relationships among the organic material elements that constitute the paper artefact –through their representation in images that traverse physical and digital realms– this study proposes a discussion on natural and manipulated materiality, its perception within hybrid physical/virtual contexts, and its processes of symbolic transformation throughout this trajectory.

Keywords: Design - Art - Creativity - Bioinspiration - Printmaking - New Technologies - 3D Printing - Transdisciplinarity - Polygraphy

Resumo: Este artigo apresenta uma investigação sobre a técnica de gravura denominada poligrafia, que utiliza matrizes produzidas com polímeros por meio de tecnologias de

impresión 3D. O estudo situa-se na intersecção entre design, arte e tecnologia, buscando contribuir para a compreensão das relações e dos processos criativos que circulam entre as dimensões digital e física, correlacionados à manipulação da natureza e da materialidade e seus desdobramentos em artefatos.

Neste texto, apresentam-se análises e resultados de uma pesquisa de caráter fenomenológico sobre os métodos experimentais da poligrafia, fundamentada na bioinspiração em fibras orgânicas vegetais utilizadas na produção de papéis artesanais. A partir de imagens percebidas dessa natureza oculta, captadas por meio do uso de microscópios de varredura, foram geradas imagens-matrizes digitais, posteriormente empregadas na produção de matrizes poliméricas impressas em 3D, que se tornaram a base das peças impressas.

O objetivo consistiu em tensionar a técnica e evidenciar a visualidade constitutiva dos suportes da gravura que, embora invisíveis ao olhar, conformam sua natureza. Ao fazer emergir e colocar em debate a trama de relações entre os elementos orgânicos materiais que constituem o artefato papel, por meio de sua representação em imagens que transitam entre os universos físico e digital, propõe-se uma discussão sobre a materialidade natural e manipulada, sua percepção no contexto híbrido físico/virtual e seus processos de transformação simbólica ao longo desse percurso.

Palavras-chave: Design - Arte - Criatividade - Bioinspiração - Gravura - Novas Tecnologias - Impressão 3D - Transdisciplinaridade - Poligrafia

Murilo Marcos Orefice, Doctorando en Diseño por la Facultad de Arquitectura y Urbanismo de la Universidad de São Paulo-FAUUSP / Brasil (inicio en 2024). Máster en Artes Visuales por el Programa de Posgrado del Instituto de Artes de la Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita”-IA/UNESP / Brasil (2009). Posee Posgrado en Historia del Arte y Cultura Contemporánea por el Instituto de Artes de la UNESP (2005). Graduado en Comunicación Social - Publicidad y Propaganda por la Escuela de Comunicaciones y Artes de la Universidad de São Paulo-ECA/USP / Brasil (1999). Integra el Grupo de Investigación LabDesign: Procesos Creativos, experiencia e innovación del Instituto Mauá de Tecnología. Actúa como profesor en el Instituto Mauá de Tecnología y en la Facultad Cásper Líbero, donde fue coordinador del curso de Publicidad y Propaganda por dos años (2023 a 2025). Impartió clases de Grado y Posgrado en la Universidade Anhembi Morumbi y en las Facultades Oswaldo Cruz. Es diseñador, ilustrador y director de arte, realizando proyectos en estas áreas para marcas, libros, embalajes, productos digitales y publicidad, con más de 25 años de experiencia en estudios de diseño y agencias de publicidad. Es artista plástico y desarrolla obras utilizando diversas técnicas y soportes como video, instalación, grabado, pintura y herramientas digitales. Participó como expositor y ponente en diversos congresos y muestras de arte.

Toledo Sanjar Mazzilli, Profesora Titular de la Facultad de Arquitectura y Urbanismo y de Diseño de la Universidad de São Paulo (FAU-USP), donde enseña desde 2001 en el área de Programación Visual. Actualmente es coordinadora didáctica de la Sección Técnica de

Producción Editorial. Está al frente del Laboratorio de la Imagen y lidera el grupo de investigación Diseño, Ambiente e Interfaces (CNPq). Fue coordinadora del Curso de Grado en Diseño (2006-2009) y del Programa de Posgrado en Diseño (2017-2021). Se graduó en Arquitectura y Urbanismo por la FAU-USP (1984). Realizó Maestría (1993) y Doctorado (2003) en Estructuras Ambientales Urbanas por la misma institución. Obtuvo el título de Livre Docente (Libre Docente-*Habilitación para la enseñanza superior*) en 2015, con la tesis *Proyecto y Lenguaje: Diseño, Arte, Arquitectura y Ciudad*. Obtuvo Beca CAPES Sándwich para una estancia de investigación en la *Facoltà di Architettura del Politecnico di Torino* (1990), Beca de Movilidad por la Fundación Carolina para una estancia posdoctoral en la Universidad Politécnica de Madrid (2010), y Beca PRINT CAPES-USP para realizar un posdoctorado por el Programa de Investigador Visitante en el Departamento de Diseño del *Politecnico di Milano* (02 a 07/2024). Entre 1997 y 2006, impartió clases en el Instituto de Artes de la UNESP de asignaturas de Dibujo, Comunicación Visual y Abordajes Científicos del Arte. Fue socia-propietaria del estudio *Grupo 3 Arquitectos Asociados* entre 1990 y 2005, desarrollando proyectos de identidad visual y de ambientes. Reúne experiencia en las áreas de Diseño, Arquitectura y Artes Visuales, actuando principalmente en los siguientes temas: lenguaje visual gráfico y ambiental, procesos experimentales en proyecto visual, diseño del libro ilustrado, diseño de espacios lúdicos y ambientes inmersivos, narrativas multisensoriales.