

Artigo temático

Semear futuros

Da borra à superfície: design regenerativo e a ressignificação do índigo

 **Roberta Miroslau
Kremer**

robertamkremer@gmail.com
Universidade do Estado de
Santa Catarina,
Florianópolis (SC), Brasil.

 **Táisse Marcos de
Souza**

taih.marcos@gmail.com
Universidade do Estado de
Santa Catarina,
Florianópolis (SC), Brasil

 **Juliana Sarrico dos
Santos**

jusarrico@gmail.com
Universidade do Estado de
Santa Catarina,
Florianópolis (SC), Brasil

 **Neide Schulte**

neideschulte@gmail.com
Universidade do Estado de
Santa Catarina,
Florianópolis (SC), Brasil

Resumo: O artigo visa discutir o papel do design regenerativo por meio da ressignificação da borra do índigo como continuidade material de sistemas vivos, investigando seu potencial de reativação da matéria em espaços habitados. Aborda-se o índigo como tecnologia viva, compreendendo o sedimento (borra) resultante dos processos de tingimento natural como um indicador do estado do sistema e como material latente possível de revitalização. Adota-se a abordagem de *research through design* (Frayling, 1993), articulando o ensaio experimental com revisão teórica sobre design regenerativo, sistemas vivos e tecnologias tradicionais. O artigo aborda o design como uma prática de continuidade ecológica e cultural, concluindo que a borra do índigo é um elemento regenerativo que carrega um registro material que possibilita seu uso como insumo no desenvolvimento de novas tintas inseridas em espaços habitados.

Palavras-chave: design regenerativo; índigo e sistemas vivos.

From dregs to surface: Regenerative design and the reinterpretation of indigo.

Abstract: *This article aims to discuss the role of regenerative design through the re-signification of indigo residue as a material continuity of living systems, investigating its potential for reactivating matter in inhabited spaces. Indigo is approached as a living technology, understanding the sediment (sludge) resulting from natural dyeing processes as an indicator of the system's state and as a latent material capable of revitalization. The research-through-design approach (Frayling, 1993) is adopted, articulating the experimental essay with a theoretical review of regenerative design, living systems, and traditional technologies. The article addresses design as a practice of ecological and cultural continuity, concluding that indigo residue is a regenerative element that carries a material record enabling its use as an input in the development of new paints inserted into inhabited spaces.*

Keywords: *regenerative design; indigo and living systems*

1. Introdução

A percepção dos limites dos modelos de produção estabelecidos no sistema capitalista e as decorrentes crises socioambientais, impulsionam no campo do design o debate sobre a necessidade de se repensar as formas de intervenção na matéria e no ambiente. A própria atividade humana tem causado a degradação dos ecossistemas e diminuído a disponibilidade de recursos por meio de um design irresponsável e estilos de vida de consumo desenfreado. Nesse paradigma entre crescimento econômico e a busca por novos modelos de desenvolvimento de produtos e serviços, as abordagens focadas na eficiência técnica e na redução de impacto mostram-se insuficientes diante de sistemas vivos e processos regenerativos de materiais. A articulação do design a sistemas regenerativos implica numa transformação na base dos recursos materiais, usando os próprios fluxos ecológicos como base para o design, propondo assim, relações integradas e contínuas.

O índigo, um dos pigmentos mais antigos da humanidade que atua como pilar de identidade cultural e resistência de diversos povos tradicionais ao redor do mundo (Balfour-Paul, 2011), configura-se como uma tecnologia ancestral baseada em práticas artesanais. Seu uso estabelece relações entre plantas, água, fermentação e a manutenção de processos naturais, sendo uma alternativa para um design regenerativo, ao depender de reações químicas, sistemas vivos e observação sensorial do material.

Seja na produção industrial ou na artesanal, o tingimento com índigo gera sedimentos e borras, constituídas por cubas minerais que se formam a partir da interação entre agentes alcalinizantes, redutores e partículas de pigmento não reduzidas. Nos processos tradicionais, a borra é um subproduto residual do processo de tingimento, sendo descartada ao final da vida útil da cuba (nome dado ao processo onde se utiliza uma grande cuba, tonel ou estrutura que suporte elevada quantidade de água, sem a necessidade de aquecimento constante e onde a cor é construída por camadas de banho de tingimento). No entanto, a partir das perspectivas dos estudos sobre materialidade e comportamento de pigmentos minerais (Earthpigments, 2026; Gettens e Stout, 1966; Keru e Aksoy, 2024) e das práticas de tingimento com índigo de Balfour-Paul (2011), a borra também pode ser compreendida como mensagem material do sistema, indicando exaustão, desequilíbrio ou encerramento de um ciclo produtivo.

A partir das contribuições teóricas e experimentais dos autores citados, o artigo visa discutir o papel do design regenerativo por meio da ressignificação da borra como continuidade material de sistemas vivos e investigar seu potencial de reativação da matéria em espaços habitados. Para isso, a pesquisa adota a abordagem de *research through design* (Frayling, 1993), relacionando o pensamento e a ação. O processo ocorre por meio do ensaio experimental que utiliza a borra no desenvolvimento de tintas minerais para superfícies arquitetônicas, reinserindo o sedimento em um novo ciclo útil. No eixo metodológico, apresenta-se o relato do experimento e, na discussão dos resultados, detalha-se o monitoramento de estabilidade da amostra em condições de uso cotidiano e realiza-se a reflexão crítica sobre os desdobramentos materiais e conceituais do ensaio. Articula-se a prática experimental de regeneração do sedimento do índigo com as reflexões teóricas de Escobar (2018), Wahl (2020), Keegan (2025), Kremer, Schulte e Maciel (2025) e Szaniecki, Biz e Anastassakis (2023).

O artigo evidencia o papel do design como mediador de ciclos materiais, práticas tradicionais e novos caminhos para a sustentabilidade, abordando o resíduo como elemento regenerativo. Conclui-se que a borra do índigo carrega um registro material que possibilita seu uso como insumo no desenvolvimento de novas tintas que podem ser inseridas em espaços. Enxerga-se assim, o design como uma prática de continuidade ecológica e cultural.

2. Fundamentação Teórica

2.1 Design regenerativo e Sistemas Vivos

O design regenerativo surge como uma resposta às limitações das abordagens sustentáveis centradas exclusivamente na mitigação de impactos. Diante da intensificação das crises socioambientais e da constatação de que os modelos lineares de produção e consumo operam à custa da degradação ecológica, torna-se necessário deslocar o foco da eficiência técnica para a reconstituição de relações entre sistemas humanos e naturais. Conforme Wahl (2020, p. 137), regenerar implica corresponder aos sistemas vivos, reconhecendo sua complexidade, interdependência e capacidade auto-organizadora. Nesse sentido, o design deixa de atuar apenas na resolução de problemas isolados e passa a operar como prática de mediação ecológica, capaz de reconfigurar fluxos materiais, culturais e territoriais.

Para Escobar (2018), o design regenerativo apresenta-se como uma prática ontológica fundamental para a transição de um modelo de destruição do futuro para um horizonte de sustentação da vida. Esta abordagem não trata a matéria como algo inerte a ser moldado, mas fundamenta-se na teoria dos sistemas vivos para promover a conservação e a administração da teia da vida. O ponto de partida para sistemas regenerativos é o reconhecimento de que a sustentabilidade não é um problema técnico de especialistas, mas um processo cultural. O autor destaca que o design deve buscar a regeneração por meio da criação de “teias inteligentes”, aproveitando o potencial auto-organizador dos sistemas naturais e sociais. Em vez de impor formas externas, o papel do designer é “catalisar suavemente as potencialidades de auto design da própria natureza” (Escobar, 2018, p. 44).

Segundo Maturana e Varela (2001) essa capacidade de regeneração dialoga com o princípio biológico da autopoiese¹, que define a capacidade de sistemas vivos de se produzirem e regenerarem continuamente por meio de suas próprias interações. Os sistemas vivos não são meras coleções de objetos inertes, mas redes de processos de produção que mantêm sua organização de forma autônoma. Ao adotar essa lente, o design deixa de ser uma imposição técnica para tornar-se um facilitador da autocriação da vida, operando em sintonia com a inteligência biológica acumulada pela natureza (Escobar, 2018).

Essa mudança exige que o design reconheça o mundo natural não como um “estoque de recursos” a ser dobrado à vontade humana, mas como o contexto soberano no qual devemos habitar como participantes imersos em um fluxo de formação contínua. É o que o autor descreve como a prática de “sentipensar com a Terra”, um compromisso ético de proteger o *tejido de la vida* (a trama relacional da vida) contra a destruição sistemática dos modelos modernos.

Essa abordagem propõe uma mudança fundamental na forma como habitamos o planeta, deixando de focar apenas na mitigação de danos para se concentrar na criação de condições favoráveis à vida. Tendo como base a compreensão de que a humanidade é a própria natureza, e não seres separados dela; portanto, projetar de forma regenerativa significa aprender a projetar como a natureza (Wahl, 2020).

¹ Conceito desenvolvido por Maturana e Varela (2001), que define a capacidade dos sistemas vivos de se produzirem e se regenerarem continuamente por meio de suas próprias interações, mantendo sua organização de forma autônoma.

Ao abordar os conceitos de biomimética e química verde, Wahl (2020) explora um design que ressignifica materiais e fortalece comunidades, baseando-se na transição de uma cultura de exploração para uma de participação adequada na teia da vida. A biomimética trata a natureza como mentora e modelo, oferece o caminho técnico para entender que, em sistemas vivos, não existe o conceito de “detrito”, pois os restos de um processo são invariavelmente a comida de outro.

Sob essa perspectiva, a relação com os materiais e resíduos orgânicos é ressignificada; substâncias como a borra do índigo deixam de ser vistas como detritos para serem compreendidas em sua materialidade vibrante e em sua capacidade de sustentar ecossistemas. Desenhar com sistemas vivos implica, portanto, uma ética de interdependência radical, na qual o coração e a terra são sentidos como um único ser. Em última análise, o design regenerativo busca fortalecer a autonomia das comunidades, permitindo que elas realizem seus “projetos de vida” em harmonia com os ciclos biológicos e territoriais, garantindo que o florescimento da vida no planeta possa durar “para sempre” (Escobar, 2018).

2.2 Índigo vegetal

O índigo vegetal tem origem em um conjunto diverso de plantas que compartilham a capacidade de produzir precursores do pigmento índigo, principalmente o indicano, um glicosídeo que, por hidrólise e oxidação, dá origem ao índigo azul. As espécies mais conhecidas pertencem ao gênero *Indigofera* (família *Fabaceae*), amplamente distribuído em regiões tropicais e subtropicais, com destaque para *Indigofera tinctoria*, *Indigofera suffruticosa* e *Indigofera arrecta*, historicamente cultivadas na Ásia e Américas. Em regiões de clima temperado, o pigmento foi obtido a partir de plantas de outros gêneros, como *Isatis tinctoria* (pastel-dos-tintureiros), da família *Brassicaceae*, fundamental na produção europeia medieval, e espécies do gênero *Polygonum/Persicaria* (família *Polygonaceae*), como *Persicaria tinctoria*, amplamente utilizada no Japão e na China. Apesar das diferenças morfológicas, ecológicas e agrônômicas entre essas plantas, todas compartilham uma base bioquímica comum: a presença de compostos indoxílicos nas folhas, que só se convertem em pigmento azul por meio de processos específicos (Cardon, 2007; Balfour-Paul, 2011). A Figura 1 apresenta a espécie *Indigofera suffruticosa* nativa e espontânea de Florianópolis.

Figura 1: *Indigofera suffruticosa*



Fonte: Desenvolvido pelas autoras (2026).

Diferente de outros corantes naturais, o índigo não é obtido por simples extração ou infusão vegetal, mas por um processo de transformação bioquímica que envolve fermentação, redução e oxidação (Boutrup, Ellis, 2018). Esse caráter processual faz com que o índigo possa ser compreendido como uma das primeiras “tecnologias vivas” desenvolvidas pela humanidade, articulando saber botânico, conhecimento químico empírico e domínio ritual do tempo e da matéria. Evidências arqueológicas indicam o uso de tecidos tingidos com índigo há pelo menos seis mil anos, incluindo fragmentos encontrados no Egito faraônico, na Mesopotâmia, no Vale do Indo e na América pré-colombiana, o que sugere descobertas independentes desse corante em diferentes regiões do mundo, e não uma única origem (Balfour-Paul, 2011).

Do ponto de vista epistemológico, segundo Balfour-Paul (2011), o índigo desafia a separação moderna entre ciência e cultura. Seu domínio tradicional exigia a leitura sensível de sinais (cheiro, cor do banho, formação de espuma, variações de pH e temperatura) que orientavam o momento exato de uso da cuba de tingimento. Esse conhecimento era transmitido oralmente, muitas vezes associado a mitos de origem, simbólicos e rituais de proteção. Em diversas culturas africanas, asiáticas e americanas, os tintureiros de índigo ocupavam posições sociais específicas, sendo reconhecidos como detentores de um saber especializado capaz de

transformar a matéria vegetal em cor durável, profunda e carregada de significado social.

O Arquivo Nacional descreve o anil como um arbusto típico de regiões tropicais cujas folhas eram fonte de um pigmento azul altamente valorizado, especialmente pela indústria têxtil, antes da disseminação dos corantes sintéticos. A forte demanda pelo corante fez com que seu cultivo e processamento se estabelecessem em áreas tropicais, incluindo o Brasil, onde a planta e seu uso integraram práticas agrícolas e econômicas durante o período colonial (História Luso-Brasileira, 2021). A planta se tornou popular, espalhando-se por todo o território, tendo a produção substituída gradativamente por outras culturas a partir da descoberta do índigo sintético em 1889 (Ferreira, 1998).

O uso do índigo pelas civilizações antigas extrapolou sua função estética e utilitária, assumindo papéis econômicos, políticos e simbólicos centrais. O azul profundo obtido pelo índigo esteve associado a *status*, proteção espiritual, luto, iniciação e pertencimento comunitário, ao mesmo tempo em que sustentou importantes rotas comerciais intercontinentais. Da Europa medieval, marcada pela disputa entre o pastel-dos-tintureiros (*Isatis tinctoria*) e o índigo asiático, até a consolidação do índigo como base cromática do denim industrial, observa-se uma continuidade histórica na centralidade desse pigmento. Assim, o índigo não apenas colore tecidos, mas tece relações entre natureza e cultura, trabalho e cosmologia, passado e presente, constituindo-se como um eixo privilegiado para compreender a coevolução entre tecnologia, sociedade e design ao longo da história (Balfour-Paul, 2011).

2.3 Tingimento do Índigo e Borra

O índigo é naturalmente insolúvel em água e requer uma redução química para se transformar em sua forma solúvel e incolor, o índigo branco (leuco), capaz de penetrar nas fibras do tecido (Wada et al., 1983). Essa transformação ocorre em um meio de elevado pH e reduzido quimicamente (fermentação) condições que permitem ao índigo dissolver e impregnar nas fibras têxteis. O tingimento com índigo é feito à cuba, nome dado ao processo onde se utiliza uma grande cuba, tonel ou estrutura que suporte elevada quantidade de água, sem a necessidade de aquecimento constante e onde a cor é construída por camadas de banho de tingimento. Atualmente, a indústria depende do ditionito de sódio (ou hidrossulfito de sódio) para essa redução do índigo em leuco-índigo, um agente que gera cerca de 20.000 toneladas anuais de resíduos de enxofre, causando grave poluição hídrica (Aino, 2018; Yi, 2020).

Segundo Eichler-Messmer (2026), existem dois tipos de cubas naturais para o tingimento com índigo, baseadas em proporções de 1:2:3, com

insumos químicos. A cuba fermentada utiliza índigo, hidróxido de cálcio e um agente fermentador (como frutose ou henna), operando em um pH mais baixo, o que a torna adequada para todas as fibras naturais, embora apresente sensibilidade a variações de temperatura. Já a cuba ferrosa utiliza sulfato ferroso como agente redutor, tornando o corante solúvel rapidamente e sem necessidade de controle térmico; contudo, sua elevada alcalinidade a torna incompatível com fibras proteicas como a lã.

A cuba ferrosa usa como agente redutor o sulfato de ferro heptahidratado ($\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$) em combinação com cal hidratada (cal apagada, $\text{Ca}(\text{OH})_2$) como agente alcalinizante, aumentam o pH e fornecem íons ferrosos que facilitam a redução do índigo. A preparação envolve hidratar o pigmento de índigo (porção 1) em suspensão, adicionar a cal (porção 3) à água quente suficiente para o tingimento desejado, adicionar o índigo hidratado e, por último, o sulfato de ferro (porção 2) diluído em água quente. Mistura-se a solução cuidadosamente até que comece a desenvolver características visuais específicas, visualmente a mudança de uma suspensão azul escuro para um líquido translúcido com tonalidade amarelo-verde ou levemente esverdeada, indicando que o leuco-índigo está presente e pronto para tingir (Keegan, s.d.).

Uma vez que a cuba de tingimento esteja adequadamente reduzida, o tecido é imerso e retirado em ciclos breves de mergulho. Ao emergir do banho reduzido, o tecido apresenta um tom esverdeado, que oxida em contato com o ar, transforma-se no clássico azul índigo à medida que o leuco-índigo perde seus elétrons e readquire a forma de pigmento original ligado à fibra (Keegan, s.d.). Esse processo cumulativo exige múltiplos mergulhos para atingir a saturação e a profundidade de cor desejadas. A Figura 2 ilustra partes do ritual artesanal de tingimento em cuba. O processo requer a imersão gradual do substrato têxtil previamente umedecido, com mínima agitação, a fim de evitar a introdução excessiva de oxigênio no banho.

A intensidade da cor é modulada por meio de múltiplas imersões sucessivas, intercaladas por períodos de oxidação ao ar, permitindo a deposição progressiva do corante na fibra. O controle do tempo de permanência no banho e do número de mergulhos é fundamental para a obtenção de tons homogêneos e estáveis (Wada, 1987).

Figura 2: Tingimento com índigo vegetal



Fonte: Desenvolvido pelas autoras (2026).

O tingimento com a cuba ferrosa, ocorre à temperatura ambiente e não requer calor contínuo, pode ser preparado com materiais relativamente acessíveis e costuma durar por várias sessões de tingimento se bem mantido. Ele é adequado para fibras celulósicas como algodão, linho e rayon, entretanto, o uso de sulfato de ferro também introduz desafios técnicos que impactam diretamente a qualidade do tingimento e a gestão dos resíduos. O ferro pode reagir com compostos presentes no material têxtil ou no ambiente, gerando uma borra sedimentada que se deposita no fundo do tanque. Essa borra é uma mistura de gesso, calcário, óxidos de ferro e oxi-produtos do índigo que não foram reduzidos. Ao encostar o tecido nessa borra, compromete-se a uniformidade da cor, exigindo procedimentos adicionais de lavagem e neutralização do pH, como o uso de soluções ligeiramente ácidas (água com ácido cítrico ou vinagre diluído) após o tingimento para soltar resíduos metálicos (Keegan, s.d.).

Balfour-Paul descreve que, a partir do século XVIII, os tintureiros europeus passaram a abandonar progressivamente o tingimento por fermentação em favor das cubas frias inorgânicas, entre eles o tingimento com sulfato ferroso combinado com a cal apagada ou potassa. Essas cubas eram valorizadas justamente por não exigirem calor contínuo, serem mais rápidas de preparar e facilmente reativáveis, podendo ser mantidas por sucessivas sessões de tingimento (2011).

A autora ainda aponta que a interpretação da borra ou o sedimento é um indicador do estado químico do banho de tingimento com índigo. O acúmulo excessivo de resíduos é interpretado como sinal de desequilíbrio, excesso de ferro ou degradação do banho, exigindo intervenções como

decantação, renovação parcial ou encerramento da cuba de tingimento. Essa leitura do resíduo como “mensagem do processo” aproxima as cubas minerais das cubas fermentadas, nas quais odores, cores e texturas também funcionam como sinais de diagnóstico (Balfour-Paul, 2011).

Ao final da vida útil da cuba de tingimento ou quando ela se torna oxidada/exaurida, a solução e a borra podem ser separadas. A porção líquida pode ser descartada (neutralização de pH com vinagre caso esteja alcalina), enquanto o sedimento deve ser removido e descartado separadamente como resíduo sólido ou potencialmente reutilizado em aplicações como adubo mineral controlado, dependendo da regulamentação local (Keegan, s.d.).

3. Metodologia

A *Research through design* é uma das três categorias fundamentais propostas por Frayling (1993) para definição de pesquisa no campo do design. Caracterizada por abordar a prática como veículo de investigação, onde o conhecimento é produzido por meio da ação e da experimentação. Ao investigar o potencial da borra do índigo para o desenvolvimento de outras tintas minerais para espaços habitados, o estudo une a prática ao pensamento, onde se busca entender o pensamento por meio do que se faz. O artigo articula as reflexões teóricas com a pesquisa de materiais e o trabalho de desenvolvimento, subcategorias abordadas pelo autor nesse tipo de pesquisa. O processo de transformar o resíduo em um material para uso em superfícies arquitetônicas relatado cumpre o papel do *Research diary*, essencial para que o registro do experimento passe de uma atividade subjetiva para um processo de inovação e melhoria do produto (Frayling, 1993).

O experimento buscou transformar a borra do tingimento ferroso com índigo vegetal em uma tinta para aplicação em madeira, inspirada em outra tradição do uso do sulfato de ferro: a tinta vermelha de Falu, receita tradicional escandinava utilizada na arquitetura vernacular do norte da Europa, conhecida por sua durabilidade, baixo impacto ambiental, simplicidade de preparo e uso de insumos como farinha de centeio e argila local. A técnica parte de uma lógica material na qual resíduos minerais e orgânicos são convertidos em revestimentos funcionais. A longevidade dessa tinta, estimada entre 10 e 15 anos mesmo sob clima frio e úmido, está associada à combinação de cargas minerais, ligantes naturais e pigmentos de origem residual, como o clássico Falu red², obtido a partir de subprodutos da mineração de cobre, evidenciando um princípio histórico

² Tinta tradicional sueca de coloração avermelhada, produzida a partir de resíduos minerais da mineração de cobre na região de Falun. É utilizada em construções de madeira no norte da Europa, sendo reconhecida por sua durabilidade e uso de subprodutos minerais (Earth Pigments, s.d.).

de reaproveitamento de rejeitos industriais em soluções construtivas duráveis (Earthpigments, s.d.).

Keru e Aksoy (2024) demonstram que sistemas tradicionais de construção e pintura, como paredes minerais, rebocos de cal e tintas à base de materiais naturais, apresentam alta capacidade de difusão de vapor, permitindo que a umidade seja absorvida e liberada gradualmente, reduzindo riscos de condensação interna, bolor e degradação do substrato.

Em suma, tintas de origem natural funcionam como interfaces ativas, e não como barreiras plásticas que isolam o material. Estes processos são tradicionais na construção básica do Brasil. O projeto “Cores da Terra”, desenvolvido pela Universidade Federal de Viçosa, resgata e aprimora técnicas tradicionais de produção de tintas ecológicas, utilizando o solo como pigmento principal. A iniciativa visa oferecer uma alternativa sustentável e de baixo custo para a pintura de residências, utilizando materiais acessíveis como terra, água e aglutinantes (cola branca ou grude). Uma das receitas do manual utiliza cal, óleo de linhaça e cola branca para aumentar a porosidade e transpiração da parede, e óleo de linhaça para melhorar a durabilidade e secagem.

Ao incorporar óleo de linhaça, argila vermelha e dextrina³ em pó à borra do índigo, cria-se uma formulação híbrida que dialoga diretamente com esse legado técnico. A fração mineral (composta pela borra rica em óxido de ferro e pela argila) confere corpo, opacidade, proteção superficial e estabilidade cromática, enquanto os componentes orgânicos atuam como ligantes naturais e agentes de coesão, garantindo adesão ao suporte e flexibilidade da película. O óleo de linhaça, amplamente utilizado nas tintas escandinavas, contribui para a resistência à umidade e à abrasão, enquanto a dextrina, um polissacarídeo hidrossolúvel derivado do amido e historicamente usado em tintas naturais (Gettens; Stout, 1966), cumpre papel análogo ao da farinha cozida na receita sueca, promovendo a ligação entre partículas minerais sem recorrer a polímeros sintéticos. O ferro presente na borra em tom esverdeado contribui para tonalidades terrosas escuras, assim como serve para evitar a proliferação de fungos na madeira (superfície porosa aplicada), uma vez que atua como agente inibidor do desenvolvimento de mofo e algas (Earthpigments, s.d.).

Para o preparo da tinta, a borra resultante do processo de tingimento em cuba foi submetida a um procedimento de separação mecânica em duas etapas. Na primeira, o material foi coado em peneira de malha grossa, com o objetivo de remover resíduos têxteis eventualmente desprendidos durante

³ Polissacarídeo obtido por hidrólise parcial do amido, utilizado como agente ligante em formulações de tintas naturais, promovendo a coesão entre partículas minerais (Gettens e Stout, 1966).

o tingimento. Em seguida, o líquido espesso remanescente foi novamente filtrado por meio de um tecido de seda leve, permitindo a separação entre a fração aquosa e uma pasta densa e homogênea. Essa pasta apresentou coloração intensa, indicando a presença significativa de partículas de índigo não reduzido, além de compostos minerais derivados do ferro e da cal. A Figura 3 ilustra o procedimento.

Figura 3: Borra decantada da cuba de tingimento



Fonte: Desenvolvido pelas autoras (2026).

Foram separados 100g da pasta de borra filtrada, aos quais se adicionaram 25g de argila vermelha de uso terapêutico, da marca Terramater (Santa Catarina, Brasil). A argila foi incorporada gradualmente à borra, atuando como carga mineral, agente estabilizante e pigmento complementar, contribuindo para o ajuste de corpo, opacidade e consistência da mistura. Aproveitou-se a água presente na borra úmida sem a necessidade de acréscimo complementar. Paralelamente, preparou-se uma solução ligante a partir da dissolução de 5 g de dextrina P.A. em pó em 20 ml de água quente, sob agitação contínua até completa solubilização. Essa solução foi então incorporada à pasta argilosa.

Na sequência, adicionaram-se 10 g de óleo de linhaça para pintura, da marca Acrilex, com a finalidade de melhorar a coesão da tinta. A Figura 4 apresenta os ingredientes da composição antes do preparo, já previamente medidos. A mistura completa foi agitada manualmente por aproximadamente cinco minutos, garantindo a homogeneização dos componentes, e deixada em repouso por cerca de vinte minutos, período

durante o qual a dextrina promoveu o encorpamento progressivo. Durante esse intervalo, mexeu-se periodicamente para evitar a decantação.

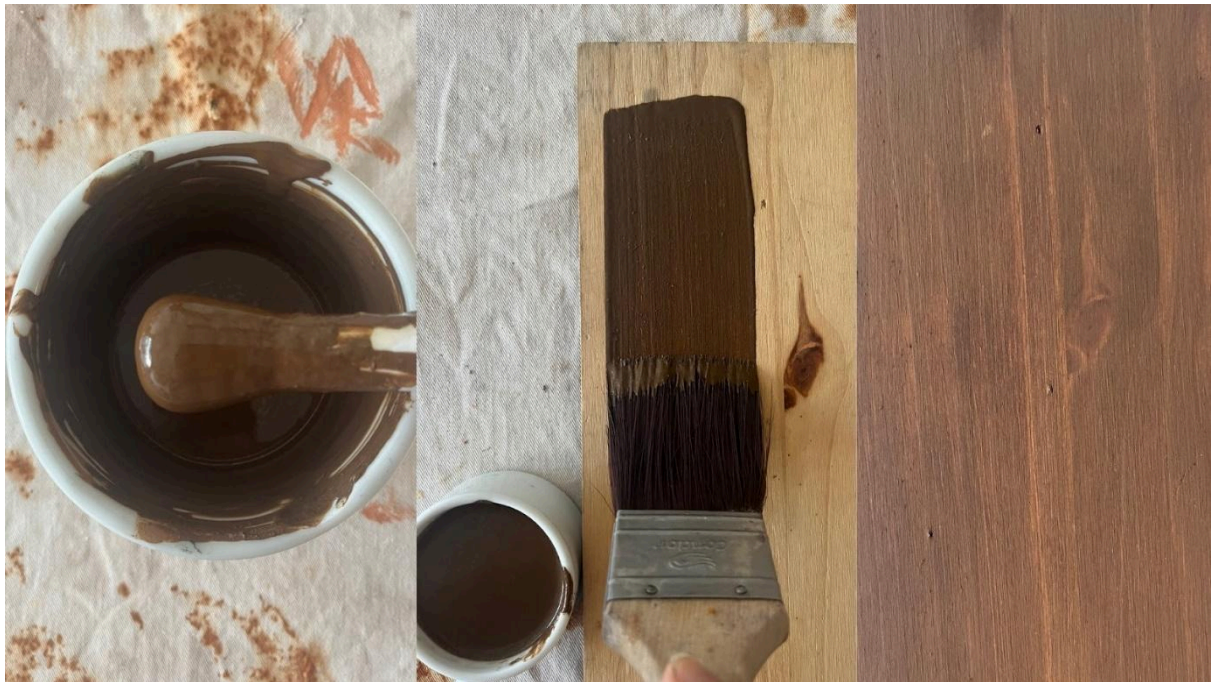
Figura 4: Ingredientes da tinta



Fonte: Desenvolvido pelas autoras (2026).

A tinta foi aplicada em uma tábua de madeira de eucalipto sem nenhum tipo de acabamento prévio. Optou-se por esse suporte em razão de sua superfície porosa natural, considerada apropriada para tintas à base de água e ligantes naturais. A tinta foi aplicada com um pincel de cerdas largas e apresentou uma viscosidade adequada para garantir a espalhabilidade. Uma única demão foi suficiente para obter cobertura satisfatória, resultando em uma superfície de acabamento fosco, tonalidade marrom com leve transparência e, simultaneamente, aparência cromática uniforme. A observação do comportamento da tinta indicou boa aderência ao suporte, ausência de escorrimento excessivo e estabilidade visual após a secagem inicial. A Figura 5 apresenta o processo de pintura e o resultado final do acabamento.

Figura 5: Aplicação na madeira



Fonte: Desenvolvido pelas autoras (2026).

Após a secagem preliminar, foi realizado o monitoramento da amostra em ambiente doméstico, exposta a incidência de luz solar direta, para observação da estabilidade cromática e durabilidade ao longo do tempo.

Para atender à etapa do *Research report*, conforme definida por Frayling (1993), que distingue a pesquisa acadêmica da mera experimentação material ao exigir sua contextualização teórica, na seção subsequente apresenta-se a discussão dos resultados obtidos.

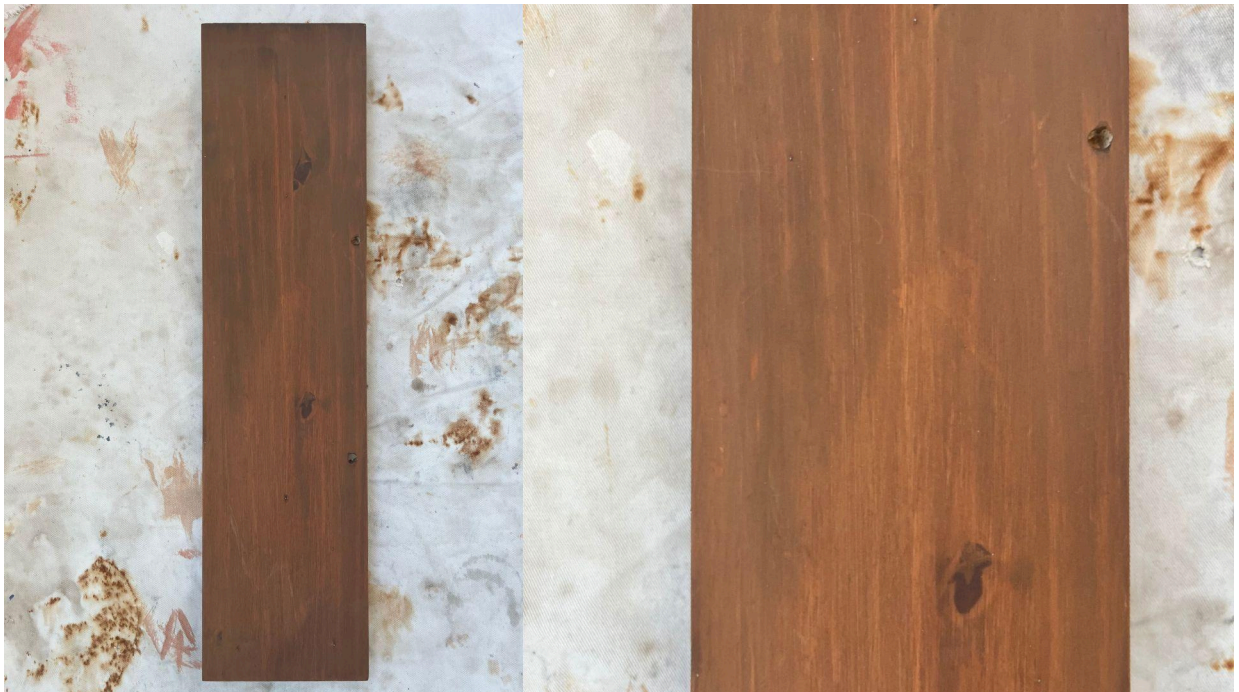
4. Resultados e discussão

A experiência de aplicação da tinta evidencia o caráter empírico do processo. A tinta apresentou bom desempenho em uma única demão, aderência satisfatória à madeira de eucalipto e estabilidade visual após a secagem inicial, indicando que a borra do índigo possui potencial como matéria-prima de um novo ciclo de desenvolvimento de materiais. No entanto, trata-se de uma formulação em estado experimental, construída a partir de resíduos vivos e variáveis, cuja composição depende das condições da cuba e da proporção entre ferro, cal e pigmento remanescente. Esse aspecto impõe a necessidade de ajustes finos, testes comparativos e observações continuadas.

Para verificar a estabilidade da tinta desenvolvida, a amostra aplicada em madeira de eucalipto foi monitorada em ambiente interno, doméstico, com

incidência direta de luz solar por meio de janela durante o período de três meses. Observou-se que a película não apresentou descascamentos, mantendo sua aderência ao substrato. A cor apresentou uma transição de tonalidade, evoluindo para um tom mais aberto e levemente mais alaranjado. Essa alteração está atribuída à oxidação dos compostos ferrosos presentes na borra combinada com a argila, processo acelerado pela radiação solar. O resultado mostra que o material continua ativo e reage às condições ambientais, fazendo da passagem do tempo uma característica estética do design regenerativo. Apresenta-se na Figura 6 o registro da madeira após o período de monitoramento.

Figura 6: Madeira após monitoramento (3 meses)



Fonte: Desenvolvido pelas autoras (2026).

A prática não se molda às padronizações da indústria contemporânea, parte do acompanhamento, observação e do aprendizado progressivo com o fazer, os sinais sensoriais da matéria (cheiro, toque, visual) e da própria resposta dos materiais ao longo do tempo. O valor do ensaio experimental não se dá no resultado técnico, mas no resgate dessa lógica ecológica do processo, um sistema vivo no qual os resíduos são compreendidos como oportunidades, e não como falhas.

Keru e Aksoy (2024), ao abordar sistemas tradicionais de pinturas de paredes e superfícies com pigmentos vegetais e minerais, já os apresentavam como interfaces ativas, onde não há necessidade de encapsulamento do material, pois o sistema é atravessado por reações

químicas e biológicas, trazendo assim, soluções tecnicamente eficientes e ambientalmente coerentes.

Ao transformar a borra em um novo artefato cromático, o experimento aponta para a necessidade de repensar sistemas produtivos a partir de uma visão ecossistêmica, em que cada etapa alimenta a seguinte. Conforme Wahl (2020), essa abordagem desloca o foco da sustentabilidade meramente mitigadora para uma regeneração sistêmica, na qual processos têxteis deixam de ser lineares e passam a operar como a circularidade de materiais. A borra do índigo deixa de ser o “fim” da cuba e se torna o início de outro ciclo, reafirmando o índigo como tecnologia viva e pedagógica. Assim, o experimento sugere que futuros verdadeiramente circulares e regenerativos não serão alcançados apenas por substituições técnicas, mas pela reconstrução de relações entre matéria, prática, tempo e território, orientadas pela observação atenta dos sistemas da natureza e pela disposição em aprender com eles.

Nesse ponto, o resíduo deixa de ser compreendido apenas como passivo ambiental e passa a ser interpretado como matéria secundária ativa, portadora de valor cromático, mineral e simbólico. Sob a perspectiva do design regenerativo, a borra do índigo pode ser ressignificada como um subproduto fértil do processo, cuja reintegração em novos ciclos materiais amplia a eficiência ecológica do sistema e reforça a lógica de circularidade. Em vez de interromper o metabolismo do tingimento no descarte, propõe-se sua continuidade por meio da transformação dessa borra em tinta de base mineral-orgânica, deslocando o resíduo do campo do rejeito para o campo do recurso.

O tingimento deixa de ser uma técnica química e passa a ser um processo biológico, ecológico e relacional, onde torna-se necessário o monitoramento e acompanhamento contínuo da borra. A escolha da matéria-prima de origem mineral e vegetal visa não apenas a sustentabilidade do processo produtivo, mas também o estímulo à conscientização ambiental. Dessa forma, a solução proposta atua como instrumento comunicacional, promovendo a valorização de recursos renováveis e contribuindo para a construção de um ciclo produtivo e econômico mais sustentável (Kremer, Schulte e Maciel, 2025).

Como debatido por Szaniecki, Biz e Anastassakis (2023), o design não deve atuar somente na solução, mas corresponder aos sistemas vivos. Ao reutilizar a borra, o designer colabora com a química do ferro, os minerais da terra e as necessidades do território. Este processo reconhece o mundo como uma trama em constante transformação e interdependência, reforçando o design como técnica de transição ecológica e mediação entre

ciclos materiais.

5. Considerações Finais

O artigo buscou discutir o papel do design regenerativo por meio da ressignificação da borra como continuidade material de sistemas vivos e investigar seu potencial de reativação da matéria em espaços habitados, adotando a abordagem de *research through design* (Frayling, 1993). Ao articular a revisão teórica com o ensaio prático, demonstrou-se que o resíduo do processo de tingimento do índigo, a borra, não pode ser compreendido como uma interrupção ou descarte, podendo ser reinserido em um novo ciclo material.

Ao analisar o índigo como um sistema vivo, evidencia-se que seu processo de tingimento envolve interações químicas, biológicas e percepções sensoriais que exigem acompanhamento contínuo do estado de cuba. Sendo assim, a borra deixa de ser entendida apenas como subproduto técnico, sendo indicador material do metabolismo do sistema. Ao ser reutilizada, se transformando em uma tinta mineral para aplicação em superfícies arquitetônicas, a borra também se transforma em insumo, recurso material.

Os resultados do experimento apontam para a viabilidade inicial dessa reintegração, ainda que em caráter exploratório. A formulação apresentada demanda investigações futuras quanto à durabilidade, estabilidade composicional e possíveis adequações normativas, considerando especialmente a variabilidade inerente aos resíduos vivos. Contudo, mais do que propor uma solução técnica finalizada, o estudo contribui para a reflexão sobre o papel do design na mediação entre ciclos materiais e práticas territoriais.

Sob a perspectiva dos sistemas vivos, o design deixa de atuar exclusivamente como agente de mitigação e passa a corresponder às dinâmicas ecológicas nas quais se insere. Reutilizar a borra implica reconhecer a interdependência entre ferro, terra, água, território e prática humana, afirmando o design como prática de correspondência e continuidade. Assim, o artigo sugere que caminhos regenerativos não se limitam à substituição de insumos ou tecnologias, mas requerem a reconstrução das relações entre matéria, tempo e cultura.

Ao reinscrever a borra do índigo no cotidiano dos espaços habitados, reafirma-se o design como prática de transição ecológica e mediação entre ciclos materiais, capaz de transformar resíduos em possibilidades e de ampliar a compreensão da sustentabilidade para além da eficiência, em direção à continuidade ecológica e cultural.

Referências

- AHMADI, Zahra; MEHDIPOUR, Maede; MOLLA, Marye. **A review of the dye extraction methods from the indigo and woad plant**. Journal of Studies in Color World, Tehran, v. 12, n. 3, p. 223–240, 2022.
- AINO, Keiichi et al. **Microbial communities associated with indigo fermentation that thrive in anaerobic alkaline environments**. Frontiers in Microbiology, [s. l.], v. 9, art. 2196, p. 1–16, 2018. Disponível em: <https://doi.org/10.3389/fmicb.2018.02196> Acesso em: 19 fev. 2026.
- ARQUIVO NACIONAL (Brasil). **Anil**. História Luso-Brasileira, [s.d.]. Disponível em: https://historialuso.an.gov.br/index.php?option=com_content&view=article&id=5446&catid=2069&Itemid=121. Acesso em: 31 jan. 2026.
- BALFOUR-PAUL, Jenny. **Indigo: Egyptian mummies to blue jeans**. London: British Museum Press, 2011.
- BOUTRUP, J.; ELLIS, C. **The art and Science of natural dyes: principles, experiments and results**. USA: Schiffer Publishing, 2018.
- CARDON, Dominique. **Natural dyes: sources, tradition, technology and science**. Londres: Archetype Publications, 2007.
- CARVALHO, Anôr Fiorini de et al. **Cores da Terra: fazendo tinta com terra**. Viçosa-MG: Universidade Federal de Viçosa, 2007.
- DOERNER, Max. **The materials of the artist and their use in painting**. New York: Harcourt, Brace and Company, 1949. Disponível em: <https://archive.org/details/PaintingMaterial/page/n1/mode/2up>. Acesso em: 19 fev. 2026.
- EARTH PIGMENTS. **Traditional Swedish oil paint for exteriors**. Earth Pigments, [s.d.]. Disponível em: <https://earthpigments.com/traditional-swedish-oil-paint-for-exteriors/>. Acesso em: 19 jan. 2026.
- EICHLER-MESSMER, Kim. **Indigo: how to make, use, and tend two kinds of natural vats + clay resist**. [S. l.: s. n., s.d.]. Disponível em: <https://static1.squarespace.com/static/51daf671e4b0c2e9ed4fac49/t/5d45903346f3930001ecf74a/1564839988371/Kim+E-M+Indigo+Booklet.pdf> Acesso em: 19 fev. 2026.
- ESCOBAR, Arturo. **Designs for the pluriverse: radical interdependence, autonomy, and the making of worlds**. Durham; London: Duke University Press, 2018.
- FRAYLING, Christopher. **Research in art and design**. Royal College of Art Research Papers, London, v. 1, n. 1, p. 1–5, 1993.
- FERREIRA, Éber Lopes. **Corantes naturais da flora brasileira: guia prático de tingimento com plantas**. Curitiba: Ed. Optagraf, 1998.

GETTENS, Rutherford J.; STOUT, George L. ***Painting materials: a short encyclopaedia***. New York: Dover Publications, 1966.

KEEGAN, Graham. **Indigo vat basics**. Graham Keegan, [s.d.]. Disponível em: <https://www.grahamkeegan.com/indigo-vat-basics>. Acesso em: 30 jan. 2026.

KERU, Zehra; AKSOY, Kaan. **A review of breathable walls and breathable paints: innovations and sustainability in building materials**. The European Journal of Research and Development, [s. l.], v. 4, n. 4, p. 58–100, 2024.

KREMER, Roberta Miroslau; SCHULTE, Neide Khöler; MACIEL, Dulce Maria Holanda. **Simbiose industrial: do mar à moda infantil regenerativa em Santa Catarina**. 2025. Universidade Federal de Santa Catarina, [S.l.], 2025. Disponível em: <https://repositorio.ufsc.br/handle/123456789/267003>. Acesso em: 19 fev. 2026.

MATURANA, Humberto R.; VARELA, Francisco J. **A árvore do conhecimento: as bases biológicas da compreensão humana**. São Paulo: Palas Athena, 2001.

SANTOS, Boaventura de Sousa. **As ecologias dos saberes**. In: MENESSES, Maria Paula et al. (org.). Boaventura de Sousa Santos: construindo as Epistemologias do Sul para um pensamento alternativo de alternativas. Volume I. [S. l.]: CLACSO, 2019. p. 223-259.

SZANIECKI, Barbara; BIZ, Pedro; ANASTASSAKIS, Zoy (org.). **Imaginação, participação e correspondência: experiências do laboratório de design e antropologia**. Rio de Janeiro: PPDESDI, 2023.

WADA, Yoshiko Iwamoto; RICE, Mary Kellogg; BARTON, Jane. **Shibori: the inventive art of Japanese shaped resist dyeing**. New York, Kodansha, USA, 2011.

WAHL, Daniel Christian. **Design de Culturas Regenerativas**. 1ª ed. Rio de Janeiro: Editora Bambual, 2020.

YI, Changhai et al. **Practical and environment-friendly indirect electrochemical reduction of indigo and dyeing**. Scientific Reports, [s. l.], v. 10, n. 4927, p. 1-8, 2020. Disponível em: <https://www.nature.com/articles/s41598-020-61795-5> Acesso em: 19 fev. 2026.

Recebido: 19/02/2026
Aceito: 01/05/2026
Publicado: 13/07/2026

Editoras-Chefe:

 Barbara Necyk

 Carolina Noury

© Copyrights: Roberta
Miroslau Kremer;
Táisse Marcos de Souza;
Juliana Sarrico dos
Santos;
Neide Schulte.

A revista Arcos Design
está licenciada sob uma
licença Creative
Commons Atribuição –
Não Comercial –
Compartilha Igual 4.0.

Não Adaptada.



Participação da autoria:

Roberta Miroslau Kremer: conceituação, investigação, curadoria de dados, disponibilização de ferramentas, design da apresentação de dados, administração do projeto, conceituação, metodologia, investigação, análise formal, redação – manuscrito original, redação – revisão e edição, administração do projeto.

Juliana Sarrico dos Santos: conceituação, investigação, redação – revisão e edição.

Neide Schulte: supervisão, redação – revisão e edição.

Fonte de Financiamento:

Esta pesquisa não recebeu financiamento específico de agências de fomento dos setores público, privado ou sem fins lucrativos.

Conflito de Interesse:

As autoras declaram não possuir conflitos de interesse de natureza financeira, pessoal, acadêmica ou profissional que possam ter influenciado os resultados, análises ou interpretações apresentadas neste estudo.