

Inpainting no desenho urbano: Inteligência Artificial como ferramenta para pensar cidades e comunidades sustentáveis

Gabriel Barcelos e Silva

Mestrando, IFFluminense, Brasil.

gbarcelosesilva587@gmail.com

ORCID iD 009-0009-9273-4223

Sergio Rafael Cortes de Oliveira

Professor Doutor, IFFluminense, Brasil.

s.rafaelcortes@yahoo.com.br

ORCID iD 0000-0003-4800-6148

Submissão: 05/02/2025

Aceite 20/05/2025

SILVA, Gabriel Barcelos e; OLIVEIRA, Sergio Rafael Cortes de. Inpainting no desenho urbano: Inteligência Artificial como ferramenta para pensar cidades e comunidades sustentáveis. **Revista Nacional de Gerenciamento de Cidades**, [S. l.], v. 13, n. 90, p. e2519, 2025. DOI: [10.17271/23188472139020256193](https://doi.org/10.17271/23188472139020256193).

Disponível

em: https://publicacoes.amigosdanatureza.org.br/index.php/gerenciamento_de_cidades/article/view/6193
Licença de Atribuição CC BY do Creative Commons <https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>

Inpainting no desenho urbano: Inteligência Artificial como ferramenta para pensar cidades e comunidades sustentáveis

RESUMO

Objetivo - reconhecer os potenciais da ferramenta inpainting, de modelos de redes neurais gerativas de imagens, como instrumento de comunicação no planejamento urbano.

Metodologia - pesquisa bibliográfica, para a revisão crítica e aprofundada da literatura existente, e pesquisa experimental, para a verificação empírica das hipóteses por meio de testes. Na pesquisa experimental, foram realizados sete experimentos utilizando inpainting, para explorar soluções visuais que auxiliam um planejamento urbano mais sustentável. Cada experimento foi concebido para abordar uma meta específica do Objetivo de Desenvolvimento Sustentável 11, que visa tornar as cidades e os assentamentos humanos mais sustentáveis, por meio da utilização de diferentes cenários brasileiros com problemáticas a serem superadas.

Originalidade/relevância - A democratização de ferramentas de Redes Neurais Generativas de Imagens, como o *inpainting*, ainda está em estágio inicial, e sua adoção em contextos profissionais permanece limitada. Da mesma forma, estudos que correlacionam o uso dessas redes com o planejamento urbano ainda são escassos, tanto em nível nacional quanto internacional.

Resultados - Os resultados demonstram que a utilização dessa ferramenta pode significar um estreitamento da comunicação entre os urbanistas e a população e o consequente favorecimento de um planejamento urbano mais transparente e participativo, mitigando ambiguidades e perdas de significados durante as expressões e publicações de ideias, porém, evidencia que o papel do desenho urbano especializado permanece insubstituível.

Contribuições teóricas/metodológicas - O estudo contribui para a literatura ao propor o uso do *inpainting* como ferramenta complementar de representação no campo do desenho urbano, articulando conceitos de inteligência artificial e planejamento sustentável. Metodologicamente, demonstra um modelo experimental replicável, capaz de testar cenários urbanos com base em metas específicas dos ODS, abrindo espaço para novas abordagens híbridas entre práticas projetuais tradicionais e tecnologias digitais emergentes.

Contribuições sociais e ambientais - A pesquisa evidencia o potencial do *inpainting* para ampliar a participação social nos processos de planejamento urbano, ao facilitar a compreensão das propostas e estimular o diálogo entre especialistas e comunidade. Ambientalmente, a ferramenta contribui para refletir sobre soluções urbanas mais sustentáveis, ao permitir simulações visuais rápidas e acessíveis que reforçam a importância de integrar aspectos ecológicos e sociais no desenvolvimento das cidades.

PALAVRAS-CHAVE: Inteligência Artificial. Inpainting. Planejamento urbano.

2

Inpainting in Urban Design: Artificial Intelligence as a tool for thinking about sustainable cities and communities

ABSTRACT

Objective – To recognize the potential of the inpainting tool, from generative neural network models for images, as a communication instrument in urban planning.

Methodology – Bibliographic research, for a critical and in-depth review of the existing literature, and experimental research, for the empirical verification of hypotheses through testing. In the experimental phase, seven experiments using inpainting were carried out to explore visual solutions that support more sustainable urban planning. Each experiment was designed to address a specific goal of Sustainable Development Goal 11, which seeks to make cities and human settlements more sustainable, through the use of different Brazilian scenarios with challenges to be overcome.

Originality/Relevance – The democratization of Generative Neural Network tools for images, such as inpainting, is still at an early stage, and their adoption in professional contexts remains limited. Likewise, studies correlating the use of these networks with urban planning are still scarce, both nationally and internationally.

Results – The findings show that the use of this tool may strengthen communication between urban planners and the population, thereby fostering more transparent and participatory urban planning, mitigating ambiguities and losses of meaning during the expression and dissemination of ideas. However, the study also highlights that the role of specialized urban design remains irreplaceable.

Theoretical/Methodological Contributions – The study contributes to the literature by proposing the use of inpainting as a complementary representational tool in the field of urban design, articulating concepts of artificial intelligence and sustainable planning. Methodologically, it demonstrates a replicable experimental model capable of testing urban scenarios based on specific SDG goals, opening opportunities for new hybrid approaches between traditional design practices and emerging digital technologies.

Social and Environmental Contributions – The research highlights the potential of inpainting to broaden social participation in urban planning processes, by facilitating the understanding of proposals and stimulating dialogue between experts and the community. Environmentally, the tool contributes to reflections on more sustainable urban solutions, by enabling quick and accessible visual simulations that emphasize the importance of integrating ecological and social aspects into city development.

KEYWORDS: Artificial Intelligence. Inpainting. Urban planning.

Inpainting en el diseño urbano: Inteligencia Artificial como herramienta para pensar ciudades y comunidades sostenibles

RESUMEN

Objetivo – Reconocer los potenciales de la herramienta inpainting, proveniente de modelos de redes neuronales generativas de imágenes, como instrumento de comunicación en la planificación urbana.

Metodología – Investigación bibliográfica, para la revisión crítica y profunda de la literatura existente, e investigación experimental, para la verificación empírica de las hipótesis mediante pruebas. En la fase experimental se realizaron siete experimentos utilizando inpainting, con el fin de explorar soluciones visuales que apoyen una planificación urbana más sostenible. Cada experimento fue concebido para abordar una meta específica del Objetivo de Desarrollo Sostenible 11, que busca hacer las ciudades y los asentamientos humanos más sostenibles, mediante el uso de diferentes escenarios brasileños con problemáticas a superar.

Originalidad/Relevancia – La democratización de herramientas de Redes Neuronales Generativas de Imágenes, como el inpainting, aún se encuentra en una etapa inicial, y su adopción en contextos profesionales sigue siendo limitada. Asimismo, los estudios que correlacionan el uso de estas redes con la planificación urbana todavía son escasos, tanto a nivel nacional como internacional.

Resultados – Los resultados demuestran que el uso de esta herramienta puede significar un acercamiento en la comunicación entre urbanistas y población, favoreciendo así una planificación urbana más transparente y participativa, mitigando ambigüedades y pérdidas de significado durante la expresión y difusión de ideas. No obstante, se evidencia que el papel del diseño urbano especializado sigue siendo insustituible.

Contribuciones Teóricas/Metodológicas – El estudio contribuye a la literatura al proponer el uso del inpainting como herramienta complementaria de representación en el campo del diseño urbano, articulando conceptos de inteligencia artificial y planificación sostenible. Metodológicamente, demuestra un modelo experimental replicable, capaz de poner a prueba escenarios urbanos basados en metas específicas de los ODS, abriendo espacio para nuevos enfoques híbridos entre prácticas proyectuales tradicionales y tecnologías digitales emergentes.

Contribuciones Sociales y Ambientales – La investigación evidencia el potencial del inpainting para ampliar la participación social en los procesos de planificación urbana, al facilitar la comprensión de las propuestas y estimular el diálogo entre especialistas y comunidad. Ambientalmente, la herramienta contribuye a reflexionar sobre soluciones urbanas más sostenibles, al permitir simulaciones visuales rápidas y accesibles que refuerzan la importancia de integrar aspectos ecológicos y sociales en el desarrollo de las ciudades.

PALABRAS CLAVE: Inteligencia Artificial. Inpainting. Planificación urbana.

1 INTRODUÇÃO

A maneira como concebemos e projetamos nossas cidades foi revolucionada, nas últimas décadas, pela necessidade de transformar os agrupamentos sociais em espaços mais inclusivos, seguros, resilientes e sustentáveis, exigindo uma reavaliação crítica de como comunicamos nossas intenções e estratégias urbanísticas. Nesse cenário, os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) – 17 objetivos (Figura 1) elencados pela Organização das Nações Unidas (ONU, 2016) que buscam superar os principais desafios enfrentados por comunidades ao redor do mundo – surgem como um direcionamento para um pensar mais sustentável, a nível ecológico, econômico, social e cultural. O décimo primeiro objetivo, Cidades e Comunidades Sustentáveis, possui especial importância no planejamento urbano por estabelecer metas que visam transformar as cidades e assentamentos humanos em lugares mais sustentáveis, inclusivos, seguros e resilientes.

Figura 1 – 17 Objetivos para o Desenvolvimento Sustentável



Fonte: ONU (2016).

4

A emergência desse debate evidencia a necessidade de pensar um planejamento urbano que alcance além dos debates técnicos e acadêmicos. Ainda que esses sejam essenciais para o projeto urbanístico, ainda permanecem, muitas vezes, confinados a círculos especializados que não condizem com a crescente demanda por uma participação pública mais ampla e informada, por meio de abordagem mais acessível e atrativa para a população, auxiliada pelo uso de imagens ilustrativas. Estudos de Oliveira e Silva (2015) sobre políticas habitacionais e infraestrutura urbana em bairros planejados mostram que estratégias integradas de planejamento podem tornar as cidades mais inclusivas e sustentáveis, servindo de referência para a aplicação de ferramentas visuais na comunicação urbanística.

O uso de representações visuais não apenas simplifica conceitos complexos, mas também desempenha um papel crucial na facilitação do diálogo entre planejadores, gestores e a comunidade. Imagens têm o poder de tornar os projetos mais tangíveis e compreensíveis, eliminando ambiguidades e promovendo uma compreensão mais intuitiva dos planos propostos. O papel das imagens para comunicação de ideias e informações se relaciona com a

forma em que processamos informações em nosso cérebro. Lynell Burmark (2002), em seu livro *Visual Literacy: Learn to See, See to Learn*, explica que a cognição humana está estritamente condicionada ao uso de estímulos visuais para absorção e compreensão de conceitos, visto que palavras são administradas por regiões responsáveis pela memória de curto prazo, com fácil volatilidade, enquanto as imagens são processadas na memória de longo prazo, armazenadas de forma mais durável.

A capacidade das imagens de captar a atenção e provocar respostas emocionais cria uma conexão mais profunda e transparente entre as propostas urbanísticas e o público, parte principal do planejamento. Quando as propostas são apresentadas de forma clara e visual, as partes interessadas podem avaliar as implicações e os benefícios de maneira mais efetiva, promovendo um ambiente de maior abertura e cooperação.

Surge, a partir desse contexto, a potencialidade de utilizar a Inteligência Artificial (IA) generativa, impulsionada com os avanços tecnológicos dos últimos anos em sistemas que utilizam aprendizado profundo de máquina (ou no inglês, *deep learning*) e, em especial para o presente estudo, Redes Neurais Generativas de Imagens (RNGI). Para compreender melhor as potencialidades dessa tecnologia, faz-se necessário explorar o funcionamento das RNGI.

2 OBJETIVO

O objetivo geral deste trabalho é reconhecer os potenciais da ferramenta *inpainting*, de modelos de RNGI, como instrumento de comunicação no planejamento urbano.

5

3 METODOLOGIA / MÉTODO DE ANÁLISE

Para o atendimento do objetivo supracitado, esta pesquisa se fundamenta na obra de Gil (2019), que oferece um vasto arcabouço metodológico para a elaboração de projetos de pesquisa. Dentre os instrumentos detalhados pelo autor, destacam-se a pesquisa bibliográfica, que permite a revisão crítica e aprofundada da literatura existente, e a pesquisa experimental, que possibilita a verificação empírica das hipóteses por meio de testes controlados. Esses métodos, aplicados em conjunto, estruturam o desenvolvimento do estudo.

Como reforça o autor, a pesquisa bibliográfica é um procedimento essencial, exigido em quase todas as pesquisas científicas. Ela embasa o caráter exploratório do estudo, oferecendo uma visão abrangente sobre o estado atual do conhecimento em determinada área. A atualidade do tema em debate neste artigo exige que a busca seja realizada em fontes de publicações recentes, garantindo que os dados e teorias utilizados reflitam os avanços mais contemporâneos. Nesse sentido, publicações periódicas desempenham um papel fundamental, especialmente as revistas científicas e os repositórios de artigos, que possibilitam o compartilhamento de informações de forma muito mais rápida e acessível do que livros e outros impressos tradicionais. Isso torna a pesquisa bibliográfica um instrumento crucial para a compreensão e a contextualização dos temas abordados, especialmente em áreas em constante evolução. Artigos científicos estabelecem uma discussão relevante sobre as características de ferramentas como o *inpainting* e alimentam estratégias para a absorção de tecnologias em IA no cotidiano profissional de urbanistas.

Já a pesquisa experimental configura-se como o cerne principal do estudo. Gil (2019) estabelece que para a produção do experimento, é necessário identificar o objeto de estudo, selecionar as variáveis capazes de influenciar esse objeto, assim como definir o modo de controle e a forma de observação. Tais definições, a seguir detalhadas, são fundamentais para estabelecer a reproduzibilidade do experimento por pares, etapa crucial na produção do conhecimento científico.

As imagens, extraídas de diversas fontes digitais, constituem o objeto central dos experimentos, potencialmente empregadas como representações visuais para a comunicação de estratégias no planejamento urbano. Essas imagens evidenciam problemas urbanos, de diversas localidades do território nacional, e simulam situações a serem resolvidas pelo poder público. Para um estabelecimento de um percurso mais direcionado do experimento, as metas do décimo primeiro Objetivo de Desenvolvimento Sustentável, cidades e comunidades sustentáveis (ONU, 2016), foram utilizadas como guia para a busca das imagens, sendo selecionadas as que exemplificam suficientemente as fragilidades a serem superadas por cada meta. As metas, enumeradas de 11.1 a 11.7, estão elencadas a seguir:

11.1 Até 2030, garantir o acesso de todos à habitação segura, adequada e a preço acessível, e aos serviços básicos e urbanizar as favelas

11.2 Até 2030, proporcionar o acesso a sistemas de transporte seguros, acessíveis, sustentáveis e a preço acessível para todos, melhorando a segurança rodoviária por meio da expansão dos transportes públicos, com especial atenção para as necessidades das pessoas em situação de vulnerabilidade, mulheres, crianças, pessoas com deficiência e idosos

11.3 Até 2030, aumentar a urbanização inclusiva e sustentável, e as capacidades para o planejamento e gestão de assentamentos humanos participativos, integrados e sustentáveis, em todos os países

11.4 Fortalecer esforços para proteger e salvaguardar o patrimônio cultural e natural do mundo

11.5 Até 2030, reduzir significativamente o número de mortes e o número de pessoas afetadas por catástrofes e substancialmente diminuir as perdas econômicas diretas causadas por elas em relação ao produto interno bruto global, incluindo os desastres relacionados à água, com o foco em proteger os pobres e as pessoas em situação de vulnerabilidade

11.6 Até 2030, reduzir o impacto ambiental negativo per capita das cidades, inclusive prestando especial atenção à qualidade do ar, gestão de resíduos municipais e outros

11.7 Até 2030, proporcionar o acesso universal a espaços públicos seguros, inclusivos, acessíveis e verdes, particularmente para as mulheres e crianças, pessoas idosas e pessoas com deficiência (ONU, 2016, s. p.).

Na seção de Resultados, estão elencadas as imagens, as regiões mascaradas e o resultado obtido com *inpainting*, assim como os *prompts* utilizados para a geração da imagem. Em algumas simulações, se fez necessária a aplicação de máscara em mais de uma etapa, para a obtenção de melhor resultado e direcionamento do contexto. Para esses casos, as imagens que determinam as regiões mascaradas estão com preenchimentos em cores diferentes e numeradas para evidenciar a ordem de modificação da fotografia base. Os *prompts* utilizados

para cada produção também estarão elencados na parte textual próxima às figuras, em inglês, assim como sua tradução.

Para facilitar a reproduzibilidade do experimento, foi utilizada a plataforma on-line Clipdrop (2024), da *Stability.AI*, na ferramenta intitulada *Generative Fill*, que consiste na edição de imagens por meio do método de *inpainting*. Dentro dessa janela, basta carregar a imagem desejada, delimitar com o cursor do *mouse* a região a ser mascarada, digitar o *prompt* de geração e iniciar o processo que dura alguns segundos. Após o processamento, é gerado um novo preenchimento para a região selecionada, que o usuário pode utilizar ou pedir para processar novamente, até obter um resultado satisfatório. Devido ao rápido tempo de processamento, é possível gerar diversos produtos até alcançar um resultado mais próximo da expectativa inicial. Outra estratégia é produzir a imagem em diferentes etapas, alterando parte a parte a imagem, de forma a facilitar a interpretação contextual do algoritmo, como ocorrido em alguns experimentos realizados. Vale ressaltar que mesmo ao optar por trabalhar em etapas, o processo ainda ocorre de forma muito mais ágil que outros métodos de edição de imagens, exigindo, ao total, alguns minutos de manipulação da ferramenta pelo usuário.

4 RESULTADOS

Para o presente artigo, os resultados foram organizados em duas subseções: pesquisa bibliográfica e pesquisa experimental. A primeira dedicou-se a levantar o arcabouço teórico fundamental sobre o uso de RNGI, com ênfase nos modelos de difusão, que se destacam por sua capacidade de realizar alterações visuais através da técnica de *inpainting*. Já a pesquisa experimental consistiu em sete ensaios práticos, nos quais foram aplicadas as técnicas estudadas a imagens de cenários urbanos reais. Esses experimentos foram estruturados de forma a testar e demonstrar as possibilidades e limitações da ferramenta em situações concretas de planejamento urbano.

7

4.1 Pesquisa bibliográfica

Redes neurais artificiais remetem não ocasionalmente ao funcionamento cerebral humano. A estrutura hierárquica dessas redes, com camadas de processamento e nós avaliadores (também conhecidos como neurônios), é inspirada no funcionamento do cérebro humano. Em tarefas que exigem maior complexidade de estruturas, com maior número de camadas, ocorre a utilização de redes neurais profundas, sistemas com nós mais intrincados capazes de conceber hierarquias de dados em tarefas como a sintetização de dados, processamento de informações e reconhecimento de padrões (Deng; Yu, 2014).

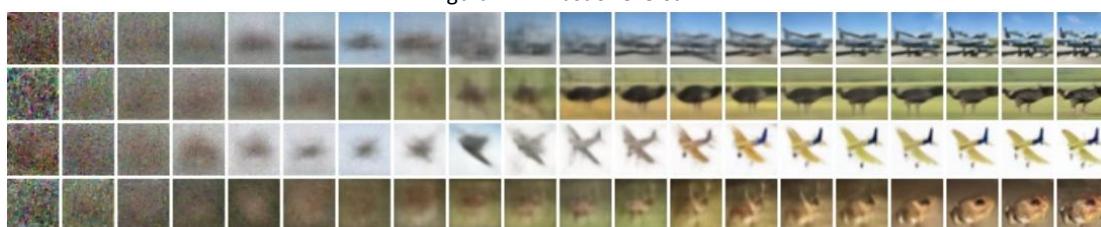
A introdução do *deep learning* na literatura sobre aprendizado de máquina, como elucidado por Lecun, Bengio e Hinton (2015), representa um marco significativo na evolução das técnicas de IA, introduzindo, de forma mais eficiente, a capacidade de gerar novos dados, sejam eles em forma de texto, imagem, áudio ou outros produtos. Essas arquiteturas de sistema são conhecidas como Redes Neurais Generativas. Entre os diferentes dados sintéticos capazes de serem produzidos por tais estruturas estão as imagens.

Esses modelos são projetados para aprender a distribuição de probabilidade dos dados com os quais foram treinados e, com base nessa distribuição, gerar novas amostras que se assemelham às correlações evidenciadas nos dados originais. Os bancos de dados para treinamentos são, geralmente, compostos por pares de informação, contendo correções entre imagens e textos. Em sistemas em que se utilizam informações textuais em linguagem natural como entrada, é atribuído o termo *text-to-image*, ou no português texto para imagem, enquanto modelos que têm por entrada outras imagens, são chamados de *image-to-image*, imagem para imagem. Źylińska (2020) esclarece a aplicação de sistemas *text-to-image* pela transformação de descrições, também chamadas de *prompts*, para representações visuais que são capazes de respeitar indicativos de objeto alto, plano de fundo, composições e estilos. Os sistemas *image-to-image* geram novas imagens a partir de uma imagem base, capazes de estilizar e modificar a imagem como um todo, a partir de um pré-direcionamento estabelecido no treinamento do banco de dados ou na arquitetura do sistema. Grande parte das redes geradoras de imagens possuem uma arquitetura baseada em uma combinação de duas estratégias: modelos de difusão e redes adversárias.

Modelos de difusão baseiam-se em um processo chamado difusão probabilística que ocorre em duas etapas. A primeira, difusão direta, consiste em adicionar gradualmente um ruído gaussiano (tipo de ruído estatístico que segue uma distribuição chamada de curva normal, em probabilidade), até alcançar a destruição total da imagem, com um resultado que se assemelha à estética de um televisor antigo sem sinal. Já na difusão reversa, o processo é revertido, com o intuito de remover gradualmente o ruído e recuperar a imagem (Figura 2). A segunda estratégia, redes adversárias, confirma a qualidade final e o direcionamento do processo. Como o nome sugere, nesse sistema, duas redes opositoras trabalham paralelamente, uma gerando as imagens e outra avaliando-as, de forma a ordenar os passos de polimento da imagem e configurar maior qualidade no produto final (Ho; Jain; Abbeel, 2020).

8

Figura 2 – Difusão reversa



Fonte: Ho, Jain e Abbeel (2020, p. 7).

Após o término do treinamento, o modelo de difusão adquire a capacidade de gerar imagens diretamente, sem depender do processo prévio de destruição dos dados. Partindo de um estado inicial de ruído, o modelo utiliza um identificador numérico (*seed*), o qual atua como uma semente originária que definirá a configuração exata de cada pixel no ruído de partida. Esse identificador orienta o processo de refinamento gradativo, no qual o ruído é transformado, passo a passo, em uma imagem coerente.

Os modelos de difusão foram propagados por sua eficiência e qualidade na produção de resultados mas também pela acessibilidade do código aberto, que está disponível em sua íntegra gratuitamente para *download* em uma plataforma de compartilhamento de códigos

chamada *Github*. Além disso, sua principal vertente, o *Stable Diffusion* (SD) está disponível como motor de geração de imagens em diversas plataformas digitais, como o Clipdrop (2024), da *Stability.AI*, empresa responsável pelo SD. Nesses sistemas de plataforma não são necessárias quaisquer instalações no computador, funcionando por meio de servidores remotos. Essas plataformas possuem sistemas de créditos gratuitos diários que permitem um uso sem barreira financeira de entrada, mesmo de aparelhos celulares.

Através do SD, inclusive no Clipdrop, é possível ter acesso a uma variação do modelo de difusão especializado em reconstruir áreas mascaradas pelo usuário, o *inpainting*. As máscaras são aplicadas pelo usuário sobre uma imagem base, original, em regiões que deverão ser modificadas. O modelo é condicionado para entender o que falta e gerar conteúdo visual que se harmonize com o restante da imagem. A rede neural identifica as características e os padrões do entorno da área mascarada e gera pixels que se ajustam esteticamente, mantendo a coerência da textura, cores e formas.

Essa ferramenta abre um horizonte de possibilidades capaz de aproximar a população das necessidades emergentes e soluções planejadas por meio de reconstruções realizadas em imagens que representam as condições reais e os contextos vivenciados por eles. Dessa forma, o *inpainting* pode emergir uma ferramenta estratégica no planejamento urbano, pela construção de um diálogo visual que conecta as expectativas da população com as soluções desenvolvidas para a criação de cidades mais inclusivas e sustentáveis. Conforme apontam Mattos e Constantino (2016), o uso de espaços livres urbanos e de representações visuais contribui significativamente para o planejamento participativo, favorecendo uma apropriação mais efetiva dos ambientes e fortalecendo a integração entre especialistas e comunidade.

9

4.2 Pesquisa experimental

A primeira meta estabelecida pela ONU para alcançar cidades e comunidades mais sustentáveis está diretamente relacionada a garantir habitação segura para toda a população, com acesso a serviços básicos e a urbanização de favelas. Trata-se de uma meta de grande prioridade, considerando a amplitude do problema, que afeta a maioria dos municípios brasileiros. A Figura 3, subdividida em três partes, ilustra na Figura 3-a um cenário de habitações informais em áreas costeiras de Macapá, no estado do Amapá (Outras Formas de Morar, 2020). A imagem retrata um vilarejo composto por casas de palafitas em condições precárias, construídas sobre um corpo d'água poluído, sem infraestrutura adequada de esgotamento sanitário e exposto a riscos significativos de transmissão de doenças.

Figura 3 – *Inpainting* sobre a meta 11.1



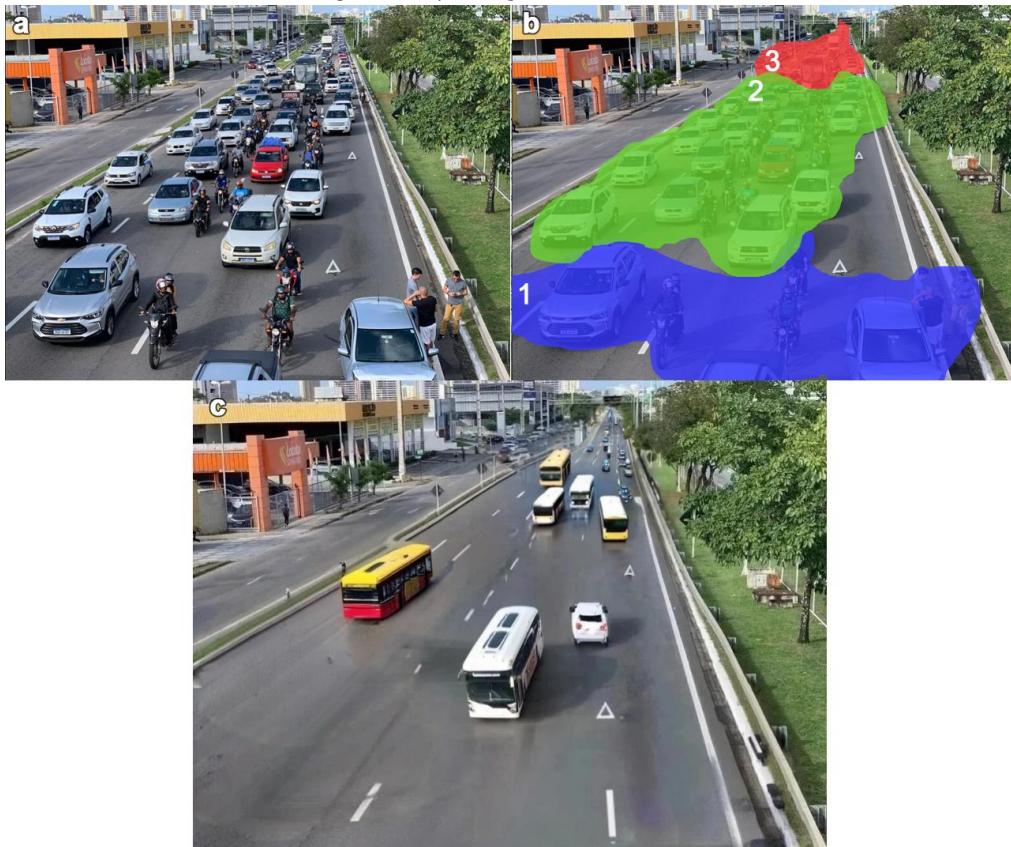
Fonte: Outras Formas de Morar (2020), modificada pelo autor por meio do Clipdrop.

Para essa imagem, o processo de *inpainting* foi executado em etapa única, com máscara aplicada à região da foto que evidencia o corpo d’água contaminado e o acesso central, entre as moradias (representada em azul na Figura 3-b). À região de máscara, foi associado o *prompt* – *access to safe, adequate housing with basic infrastructure services* (acesso entre habitação segura, adequada, com serviços básicos de infraestrutura), em referência à primeira meta. Após alguns processamentos da RNGI, o resultado obtido (Figura 3-c) mostra o mesmo cenário sem a exposição à recurso hídrico contaminado, com caminho com piso regular, lateralizado por acessos secundários e canteiros de arbustos.

10

A segunda meta do mesmo objetivo, se relaciona às melhorias necessárias para os transportes públicos, com a busca por meios mais seguros, sustentáveis e acessíveis. O segundo experimento utiliza como base uma fotografia de um engarrafamento que ocorreu em Natal-RN (G1, 2023). A Figura 4-a apresenta a imagem original, ao lado (Figura 4-b) a imagem com as demarcações das máscaras de cada etapa, e na parte inferior (Figura 4-c), o resultado final. Para esse ensaio, foram necessárias três etapas associadas a entradas textuais mais diretas: para a primeira etapa, em azul, foi utilizado o *prompt*: *asphalt pavement, street, avenue* (pavimento em asfalto, rua, avenida); segunda etapa, em verde, o *prompt*: *public transportation* (transporte público); e a terceira etapa, com a utilização do mesmo *prompt* da etapa anterior. Cada etapa exigiu também repetição de processamento, mas o processo final não perdurou por mais que alguns minutos, resultando em uma imagem com avenida livre de congestionamento, com ocupação majoritária de veículos de transporte público, somados a alguns carros de passeio.

Figura 4 – *Inpainting* sobre a meta 11.2

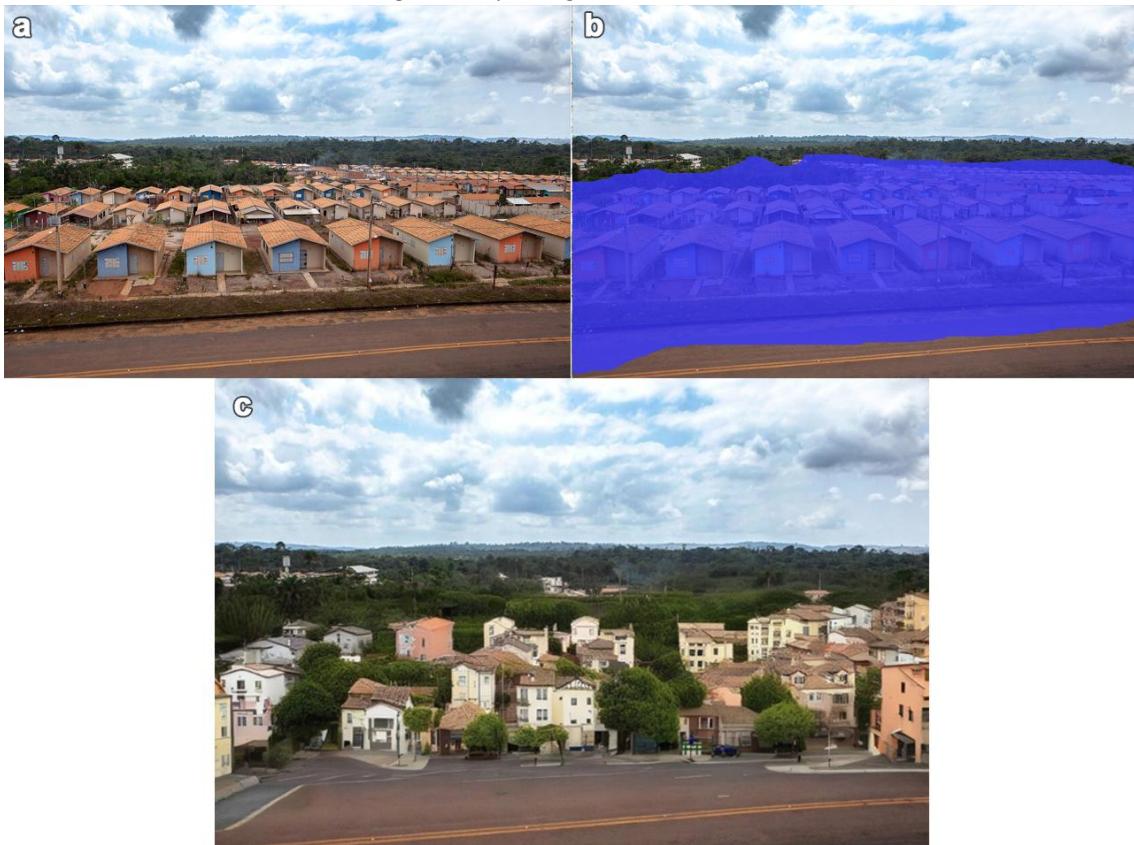


Fonte: G1 (2023), modificada pelo autor por meio do Clipdrop.

11

O terceiro experimento possui enfoque em urbanização mais inclusiva e sustentável, orientado pela terceira meta. Uma fotografia aérea de um conjunto habitacional de interesse social construído pela Norte Energia, em Altamira-PA (Figura 5-a), para realocar famílias atingidas pela construção de usina hidroelétrica (Amazônia Real, 2019). O processo de *inpainting* apresentado na Figura 5-b busca reimaginar essa disposição de forma menos ritmada e padronizada. Para tanto, foi criada a máscara em todo o assentamento, região em azul, associando ao *prompt: inclusive and sustainable urbanization* (urbanização inclusiva e sustentável). O resultado final (Figura 5-c) foi uma localidade mais diversa tipologicamente, com disposições de volumes mais individualizados.

Figura 5 – *Inpainting* sobre a meta 11.3



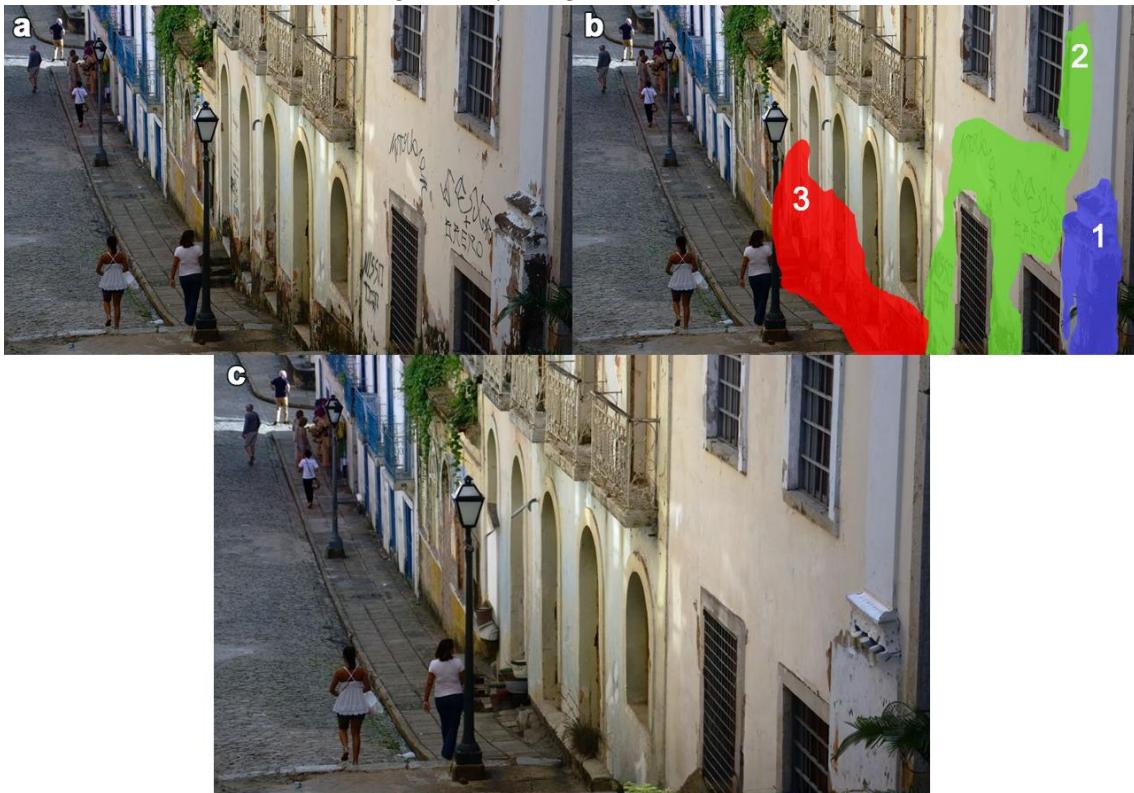
Fonte: Amazônia Real (2019), modificada pelo autor por meio do Clipdrop.

12

A meta seguinte, foco do quarto experimento (Figura 6), destaca a importância de proteger o patrimônio cultural e natural do mundo. A imagem selecionada para este experimento retrata um patrimônio arquitetônico localizado em São Luís, no Maranhão. A foto (O Imparcial, 2016) evidencia as marcas da degradação do patrimônio: paredes com pichações e afetadas pela umidade ascendente (Figura 6-a).

O processo de *inpainting*, realizado em três etapas, foi utilizado para restaurar digitalmente essas áreas degradadas. Na Figura 6-b, a primeira etapa foi sinalizada em azul; a segunda etapa, em verde; e a terceira, indicada em vermelho. Em todas as etapas, o *prompt–wall* (parede) apresentou o melhor desempenho no processamento da imagem. Não foi necessário sinalizar características específicas da arquitetura, pois o contexto da imagem original foi suficiente para que o preenchimento respeitasse as características originais da estrutura (Figura 6-c).

Figura 6 – *Inpainting* sobre a meta 11.4



Fonte: O imparcial (2016), modificada pelo autor por meio do Clipdrop.

13

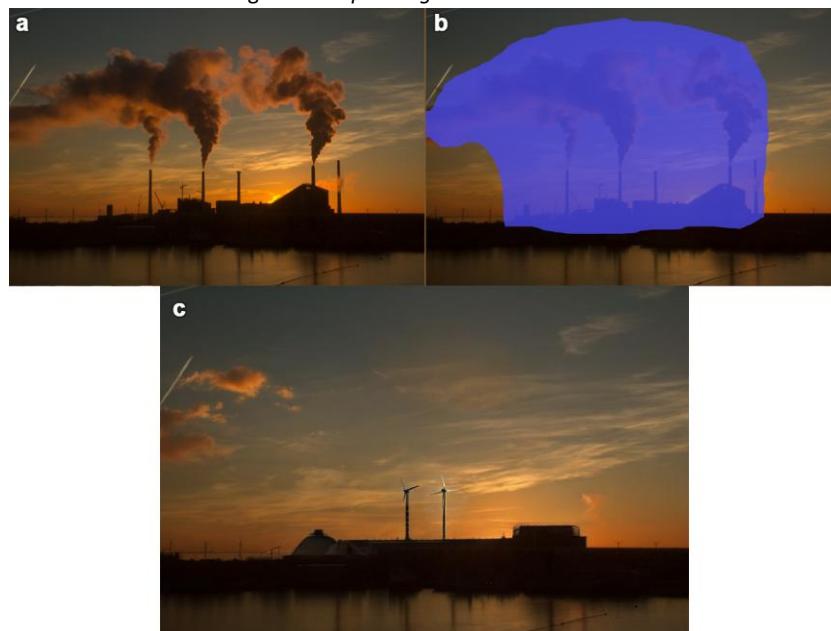
O quinto ensaio concentra-se na meta de reduzir o número de pessoas afetadas por catástrofes e diminuir substancialmente as perdas materiais e humanas causadas por esses eventos. A imagem de referência (Figura 7-a) utilizada ilustra um cenário de deslizamento de terra em União da Vitória, no Paraná, onde uma estrada foi interditada (Canal Rural, 2024). O processo de *inpainting* foi realizado em duas etapas distintas (Figura 7-b). Na primeira etapa, marcada em azul, foi utilizado o *prompt – road* (estrada), para a reconstrução digital da via, enquanto na segunda etapa, sinalizada em verde, foi aplicado o *prompt – concrete containment barrier* (barreira de contenção de concreto), para inserir uma estrutura de proteção ao longo da estrada (Figura 7-c).

Figura 7 – *Inpainting* sobre a meta 11.5

Fonte: Canal Rural (2024), modificada pelo autor por meio do Clipdrop.

Já o penúltimo experimento volta-se à meta de reduzir o impacto ambiental negativo das cidades, com especial atenção na melhoria da qualidade do ar, na gestão de resíduos municipais e em outros fatores. A imagem de referência (Figura 8-a) é de um polo industrial em Cubatão, São Paulo (Santa Portal, 2022), e retrata um cenário com chaminés industriais em evidência, emitindo gases para a atmosfera.

14

Figura 8 – *Inpainting* sobre a meta 11.6

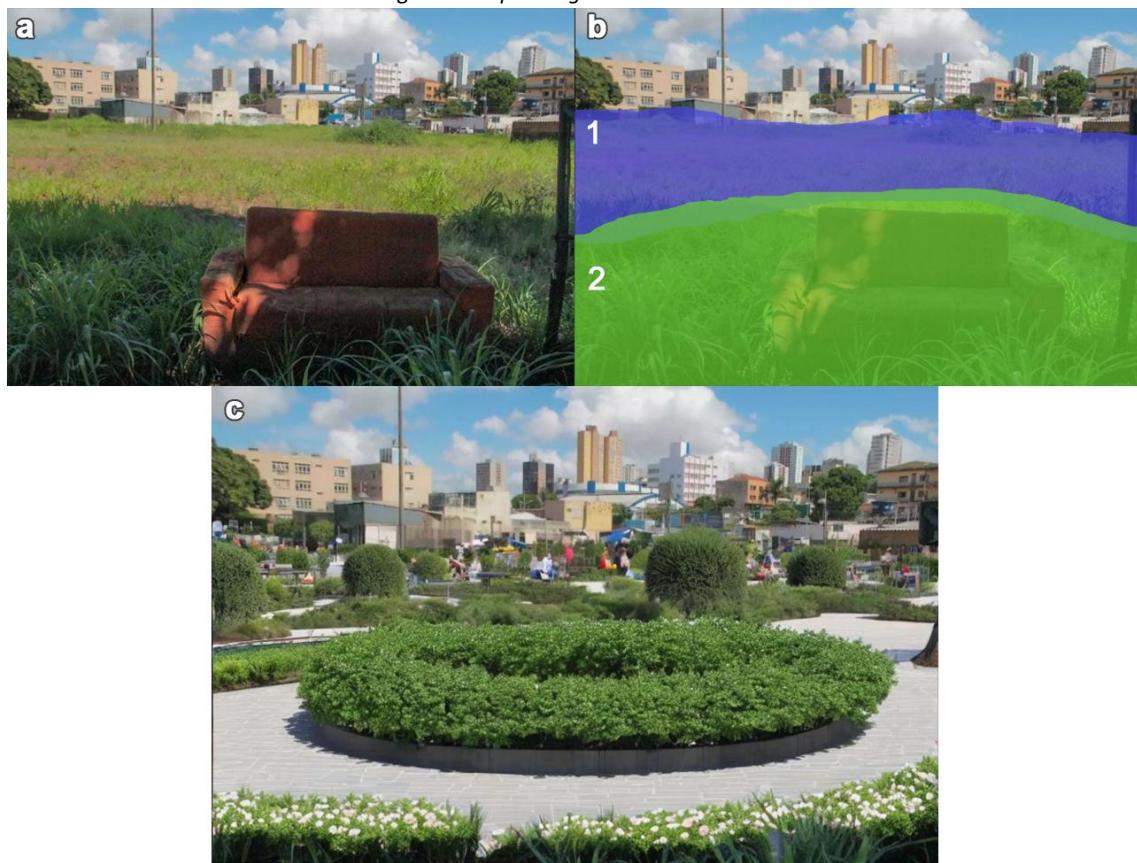
Fonte: Santa Portal (2022), modificada pelo autor por meio do Clipdrop.

O processo de *inpainting* foi realizado em uma única etapa na máscara marcada em azul (Figura 8-b), utilizando o *prompt* – *sustainable industry* (indústria sustentável). A RNGI, para o produto final (Figura 8-c), modificou as estruturas industriais e o ambiente circundante de maneira a inserir uma estrutura mais otimizada com turbinas eólicas em evidência.

O último experimento deste artigo aborda a meta de proporcionar acesso universal a espaços públicos seguros, inclusivos, acessíveis e verdes. A imagem de referência (Campo Grande News, 2021) retrata um terreno baldio em Campo Grande, Mato Grosso do Sul, com um sofá abandonado em evidência, simbolizando a degradação e o uso inadequado do espaço (Figura 9-a).

Para que a imagem final mantivesse a escala e a proporção adequada, o processo de *inpainting* foi realizado em duas etapas (Figura 9-b). A primeira etapa, sinalizada em azul, concentrou-se no plano mais distante do terreno, enquanto a segunda etapa, marcada em verde, focou no plano mais próximo, onde se encontrava o sofá. O *prompt* utilizado em ambas as etapas foi – *accessible, inclusive, sustainable, and tree-lined square* (praça acessível, inclusiva, sustentável e arborizada).

Figura 9 – *Inpainting* sobre a meta 11.7



Fonte: Campo Grande News (2021), modificada pelo autor por meio do Clipdrop.

A Figura 9-capresenta o produto final obtido após a modificação realizada no Clipdrop. Em primeiro plano, um canteiro circular com um arbusto central, rodeado por pavimentação de plaquetas cimentícias e cercado por canteiros de flores. Ao fundo, aparecem árvores de médio e grande portes, com canteiros que dividem o espaço em diversas ambientes, criando um

ambiente diversificado e convidativo. O espaço é ocupado por pessoas que vivenciam o local, promovendo o engajamento comunitário e o uso inclusivo de um ambiente verde e revitalizado, alinhado com a meta de criar espaços públicos acessíveis e sustentáveis.

5 CONCLUSÃO

O presente estudo realizou sete experimentos utilizando *inpainting*, uma técnica de RNGI, com o objetivo de explorar soluções visuais que auxiliam a pensar um planejamento urbano mais sustentável. Cada experimento foi concebido para abordar uma meta específica do Objetivo de Desenvolvimento Sustentável 11 que visa tornar as cidades e os assentamentos humanos mais inclusivos, seguros, resilientes e sustentáveis.

Ao longo dos experimentos, imagens de diversos cenários urbanos brasileiros com fragilidades a serem superadas foram submetidas ao *inpainting*, utilizando *prompts* determinados pelos pesquisadores a fim de gerar uma reconstrução digital desses espaços, sugerindo melhorias que poderiam ser pautas de propostas específicas do planejamento urbano das cidades. As sete metas foram norteadoras para a seleção das imagens e para o estabelecimento de propostas para essas regiões.

Para cada experimento foram necessárias estratégias diferentes para a produção, para o alcance do resultado final. Foi evidenciado que, para a produção das imagens, pode ser necessária a subdivisão em mais de uma etapas. O experimento também demonstrou que, para máscaras maiores, *prompts* mais detalhados geraram melhores produtos; já em máscaras mais localizadas, entradas textuais mais genéricas foram mais eficazes. Para todos os casos, a ferramenta demonstrou praticidade e agilidade de produção, evidenciando seu potencial para comunicação visual.

Dessa forma, a utilização dessa ferramenta pode significar um estreitamento da comunicação entre os urbanistas e a população, mitigando ambiguidades e perdas de significados durante as expressões e publicações de ideias.

Vale ressaltar que, embora a ferramenta demonstre grande potencial, ela ainda apresenta limitações significativas e o papel do desenho urbano especializado permanece insubstituível. O processo de criação de espaços urbanos exige um olhar crítico e uma abordagem multidisciplinar, que apenas profissionais capacitados podem oferecer. A ferramenta, nesse sentido, atua como um complemento ao trabalho especializado, servindo para aprimorar a comunicação e facilitar a visualização de ideias, mas não substitui o conhecimento técnico e a experiência acumulada no campo do planejamento urbano.

16

6 REFERENCIAL BIBLIOGRÁFICO

AMAZÔNIA REAL. O rastro de destruição de Belo Monte. 2019. Disponível em: <https://amazoniareal.com.br/o-rastro-de-destruicao-de-belo-monte/>. Acesso em: 16 ago. 2024.

BURMARK, L. **Visual Literacy**: Learn to see, see to learn. Alexandria, VA: Association for Supervision and Curriculum Development, 2002.

CAMPO GRANDE NEWS. Apartamentos populares no centro vão priorizar família com renda de R\$ 1.800. Disponível em: <https://www.campograndenews.com.br/cidades/capital/apartamentos-populares-no-centro-vao-priorizar-familia-com-renda-de-r-1-800>. Acesso em: 16 set. 2024.

CANAL RURAL. Estrada é interditada no Paraná após deslizamento de toneladas de rochas. 2024. Disponível em: <https://www.canalrural.com.br/economia/logistica/estrada-e-interditada-no-parana-apos-deslizamento-de-toneladas-de-rochas/>. Acesso em: 28 ago. 2024.

CLIPDROP. Reino Unido: Stability.ai, 2023. Disponível em: <https://clipdrop.co/>. Acesso em: 20 nov. 2023.

DENG, L.; YU, D. Deep Learning: Methods and Applications. **Foundations and Trends in Signal Processing**, Boston, Delft, v. 7, n.3-4, p. 197-387, jun. 2014. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1561/2000000039>. Acesso em: 13 jun. 2023.

GIL, A. C. **Como elaborar projetos de pesquisa**. 6 ed. São Paulo: Atlas, 2019.

G1. Engavetamento de cinco carros causa congestionamento na BR-101 em Natal. 2023. Disponível em: <https://g1.globo.com/rn/rio-grande-do-norte/noticia/2023/08/21/engavetamento-de-cinco-carros-causa-congestionamento-na-br-101-em-natal.ghtml>. Acesso em: 16 set. 2024.

HO, J.; JAIN, A.; ABBEEL, P. **NeurIPS**, Vancouver, v. 34, p. 1-16, dez. 2020. Disponível em: <https://arxiv.org/pdf/2006.11239.pdf>. Acesso em: 02 ago. 2023.

LECUN, Y.; BENGIO, Y.; HILTON, G. Deep Learning. **Nature**, Reino Unido, v. 521, p. 436-444, maio 2015. Disponível em: <https://www.nature.com/articles/nature14539>. Acesso em: 03 jun. 2023.

MATTOS, Karina Andrade; CONSTANTINO, Norma Regina Truppel. Espaços livres urbanos e cidade: produção e gestão. **Revista Nacional de Gerenciamento de Cidades**, v. 4, n. 19, p. 55-72, 2016. Disponível em: https://publicacoes.amigosdanatureza.org.br/index.php/gerenciamento_de_cidades/article/view/1003. Acesso em: 01 set. 2025.

17

O IMPARCIAL. Pichações afetam fachadas do patrimônio histórico de São Luís. 2016. Disponível em: <https://oimparcial.com.br/cidades/2016/02/pichacoes-afetam-fachadas-do-patrimonio-historico-de-sao-luis/>. Acesso em: 02 set. 2024.

ONU. Organização das Nações Unidas. Programa de Desenvolvimento das Nações Unidas. **Transformando nosso mundo: a Agenda 2030 para o desenvolvimento sustentável**. São Paulo: ONU, 2016. Tradução: Centro de Informação das Nações Unidas para o Brasil (UNIC Rio). 2. ed. Rio de Janeiro: UNIC Rio, 2016. 54 p. Disponível em: https://www.mds.gov.br/webarquivos/publicacao/Brasil_Amigo_Pesso_Idosa/Agenda2030.pdf. Acesso em: 14 jun. 2024.

OLIVEIRA, João; SILVA, Maria. Políticas habitacionais, infraestrutura e sustentabilidade no bairro Jardins Mangueiral (DF). **Revista Nacional de Gerenciamento de Cidades**, v. 3, n. 17, p. 83-99, 2015. Disponível em: https://publicacoes.amigosdanatureza.org.br/index.php/gerenciamento_de_cidades/article/view/724. Acesso em: 03 set. 2025.

OUTRAS FORMAS DE MORAR. Ocupações informais em áreas de ressaca em Macapá/AP. 2020. Disponível em: <https://formasdemorar.escoladacidade.edu.br/2020/12/01/ocupacoes-informais-em-areas-de-ressaca-em-macapa-ap/>. Acesso em: 04 set. 2024.

SANTA PORTAL. Indústria de Cubatão abre contratações em 2022. Disponível em: <https://santaportal.com.br/baixada/industria-cubatao-contratacoes-2022>. Acesso em: 06 set. 2024.

ŽYLIŃSKA, J. **AI Art: Machine Visions and Warped Dreams**. 1. ed. Londres: Open Humanities Press, 2020. 178 p.

DECLARAÇÕES

CONTRIBUIÇÃO DE CADA AUTOR

Ao descrever a participação de cada autor no manuscrito, utilize os seguintes critérios:

- **Concepção e Design do Estudo:** Gabriel Barcelos e Silva | Sergio Rafael Cortes de Oliveira
- **Curadoria de Dados:** Gabriel Barcelos e Silva | Sergio Rafael Cortes de Oliveira.
- **Análise Formal:** Gabriel Barcelos e Silva | Sergio Rafael Cortes de Oliveira.
- **Aquisição de Financiamento:** Sergio Rafael Cortes de Oliveira.
- **Investigação:** Gabriel Barcelos e Silva.
- **Metodologia:** Gabriel Barcelos e Silva | Sergio Rafael Cortes de Oliveira.
- **Redação - Rascunho Inicial:** Gabriel Barcelos e Silva.
- **Redação - Revisão Crítica:** Sergio Rafael Cortes de Oliveira.
- **Revisão e Edição Final:** Sergio Rafael Cortes de Oliveira.
- **Supervisão:** Sergio Rafael Cortes de Oliveira.

DECLARAÇÃO DE CONFLITOS DE INTERESSE

Nós, **Gabriel Barcelos e Silva e Sergio Rafael Cortes de Oliveira**, declaramos que o manuscrito intitulado "**Inpainting no desenho urbano: Inteligência Artificial como ferramenta para pensar cidades e comunidades sustentáveis**":

18

1. **Vínculos Financeiros:** Não possui vínculos financeiros que possam influenciar os resultados ou interpretação do trabalho.
 2. **Relações Profissionais:** Não possui relações profissionais que possam impactar na análise, interpretação ou apresentação dos resultados.
 3. **Conflitos Pessoais:** Não possui conflitos de interesse pessoais relacionados ao conteúdo do manuscrito.
-