

# Documento final:

# UrbanReleaf

7 de dezembro de 2024

Rafaela Morandi Santos  
Lucas Reinaldo Sarmento  
Mentor: Rodrigo Pires Ferreira

---

## 1. VISÃO GERAL

Este documento tem como objetivo organizar as ideias e direcionar o desenvolvimento do projeto **UrbanReleaf** ao longo de suas etapas. Como parte do programa **AI4GOOD**, nosso projeto visa utilizar **Inteligência Artificial** para mapear áreas urbanas com excesso de pavimentação e propor soluções de revitalização ambiental, contribuindo para a mitigação das ilhas de calor e a melhoria da drenagem urbana.

Para um desenvolvimento mais focado e com maior potencial de impacto inicial, o projeto será aplicado, em sua primeira fase, na região da **Grande São Paulo**, que inclui a capital e a região metropolitana. Essa área apresenta alta densidade populacional e problemas ambientais críticos, como ilhas de calor e enchentes frequentes, tornando-a um campo ideal para validar a eficácia da solução proposta.

Além disso, o UrbanReleaf buscará não apenas oferecer uma solução local, mas criar um modelo replicável que possa ser expandido para outras cidades brasileiras e ao redor do mundo. O uso de dados geoespaciais, combinado com tecnologias de aprendizado de máquina, permitirá que o projeto seja escalável, atendendo a diferentes contextos urbanos, com a flexibilidade necessária para adaptar-se às características específicas de cada região.

---

## 2. MOTIVAÇÃO

A motivação por trás do projeto UrbanReleaf surge da crescente necessidade de enfrentar os desafios ambientais e urbanos enfrentados pelas grandes cidades ao redor do mundo. Com o aumento da urbanização e o crescimento das áreas pavimentadas, muitas cidades, como São Paulo, estão enfrentando problemas críticos, como ilhas de calor, enchentes frequentes e deterioração da qualidade do ar. Essas questões não apenas afetam o conforto e a saúde das populações urbanas, mas também comprometem a sustentabilidade das cidades a longo prazo.

A inspiração para o UrbanReleaf vem da urgência em encontrar soluções inovadoras e sustentáveis que ajudem a mitigar os impactos negativos da urbanização desenfreada. Ao promover a revitalização ambiental por meio do depaving, o projeto visa transformar áreas excessivamente pavimentadas em espaços verdes que absorvem água, reduzem a temperatura e melhoram a qualidade do ar, criando ambientes urbanos mais saudáveis e resilientes.

Além disso, o uso de Inteligência Artificial e dados geoespaciais proporciona uma maneira eficaz e escalável de identificar as áreas mais críticas, direcionando esforços para onde eles são mais necessários. Essa abordagem não apenas contribui para a mitigação dos problemas ambientais, mas também promove a melhoria da qualidade de vida nas cidades, tornando-as mais habitáveis e sustentáveis para as futuras gerações.

---

### 3. DEFINIÇÃO DO PROBLEMA

A **urbanização acelerada** e desenfreada nas grandes cidades brasileiras, como **São Paulo**, tem levado à impermeabilização excessiva do solo e à **perda de áreas verdes**, resultando em uma série de problemas ambientais e de saúde pública. **A utilização massiva de concreto e asfalto impede o solo de realizar funções ecossistêmicas essenciais**, como a infiltração de água, a regulação de microclimas e a recarga dos lençóis freáticos. Esse cenário torna as áreas urbanas mais vulneráveis a eventos climáticos extremos, como enchentes, intensificando a frequência e a gravidade dos desastres naturais.

O impacto da **poluição do ar** é particularmente grave em São Paulo, que recentemente registrou a pior qualidade de ar do mundo, conforme monitoramento da agência suíça IQAir. Em outubro de 2023, São Paulo liderou o ranking de poluição entre 100 grandes cidades globais, devido à média dos indicadores de estações de monitoramento da cidade. Essa poluição afeta diretamente a saúde dos habitantes: “Os moradores de São Paulo continuam respirando um ar inadequado. Quanto maior a concentração de poluentes, mais a saúde é afetada”, explica David Tsai, do Instituto de Energia e Meio Ambiente (IEMA). A poluição do ar, dominada por partículas finas como MP2,5 e dióxido de nitrogênio (NO2) provenientes das emissões veiculares, está acima dos padrões recomendados pela Organização Mundial da Saúde (OMS) há mais de duas décadas, resultando em doenças respiratórias e até envelhecimento precoce dos habitantes.

As **ilhas de calor** são outro problema crítico causado pela falta de áreas verdes. A ausência de vegetação e a grande concentração de concreto fazem com que as temperaturas nessas áreas urbanas sejam significativamente mais altas. Segundo a engenheira Simone Borelli, da Organização das Nações Unidas para a Alimentação e a Agricultura (FAO), “as árvores poderiam reduzir a temperatura das cidades em até 8°C, diminuindo o uso de ar condicionado e as emissões relacionadas em até 40%”. Essa diferença térmica não apenas aumenta o desconforto térmico, mas também intensifica a demanda por energia, levando a um consumo mais alto de combustíveis fósseis e, consequentemente, a um ciclo de poluição crescente.

Além disso, a urbanização densa impacta a **drenagem natural da água**, aumentando o risco de enchentes. De acordo com especialistas, a conversão de áreas impermeáveis em áreas permeáveis é essencial para a adaptação das cidades aos novos padrões climáticos e à maior frequência de chuvas intensas. O engenheiro ambiental Deyvid Barreto Rosa destaca que “a cidade [precisa] ser como uma esponja, com solo e infraestrutura permeáveis para que a água infiltre e seja escoada no solo”. Em outras cidades do mundo, como Nova York e Portland, o uso de soluções baseadas na natureza, como jardins de chuva e telhados verdes, já demonstra resultados positivos na mitigação de enchentes e na absorção de água pluvial.

---

A falta de vegetação e de soluções permeáveis na infraestrutura urbana compromete ainda o bem-estar físico e mental dos moradores. Árvores e espaços verdes ajudam a capturar poluentes, atuam como filtros naturais, absorvendo gases e partículas nocivas, e promovem um ambiente mais saudável. Estudos indicam que um hectare de árvores pode sequestrar até 3,1 toneladas de carbono anualmente e produzir oxigênio suficiente para 40 pessoas. No entanto, sem essa vegetação, a população urbana de São Paulo sofre com os efeitos nocivos de uma qualidade do ar prejudicada e da ausência de refúgios verdes, tão necessários em uma rotina urbana desgastante.

Diante desse quadro, é urgente implementar soluções que aumentem a permeabilidade das cidades e promovam a integração de áreas verdes nos centros urbanos, abordando problemas como poluição, enchentes e ilhas de calor.

---

## 4. ESCOPO DO PROJETO

### 4.1. Área de Atuação

Para focar no desenvolvimento e garantir a viabilidade, aplicaremos o projeto inicialmente na Grande São Paulo, que inclui a capital e a região metropolitana. Esta área foi escolhida por sua alta densidade populacional, extensa urbanização e consequentes problemas ambientais, como ilhas de calor e enchentes. Restringir a atuação a essa região nos permitirá desenvolver uma solução específica e escalável para outras cidades no futuro, após validação inicial.

### 4.2. Base de Dados e Fontes de Imagem

Para identificar áreas pavimentadas e com baixa cobertura verde, é essencial utilizar uma base de dados confiável e de alta resolução. O Sentinel Hub é uma plataforma robusta que fornece acesso aos dados de satélites da missão Sentinel, amplamente utilizados para o monitoramento de áreas urbanas, análise de pavimentação e avaliação da cobertura vegetal. Sua integração direta com a API Python permite automação eficiente na seleção, extração e processamento de dados geoespaciais.

Por meio do Sentinel Hub, é possível configurar filtros específicos para índices como vegetação (NDVI), umidade (NDMI) e temperatura de superfície (LST). Os resultados podem ser exportados em formatos como TIFF, que podem ser transformados em matrizes adequadas para análise em modelos preditivos.

O uso de técnicas como a regressão linear é essencial para identificar padrões e tendências nos dados extraídos, permitindo, por exemplo, simular os impactos de intervenções, como a criação de áreas verdes.

---

## 5. VIABILIDADE

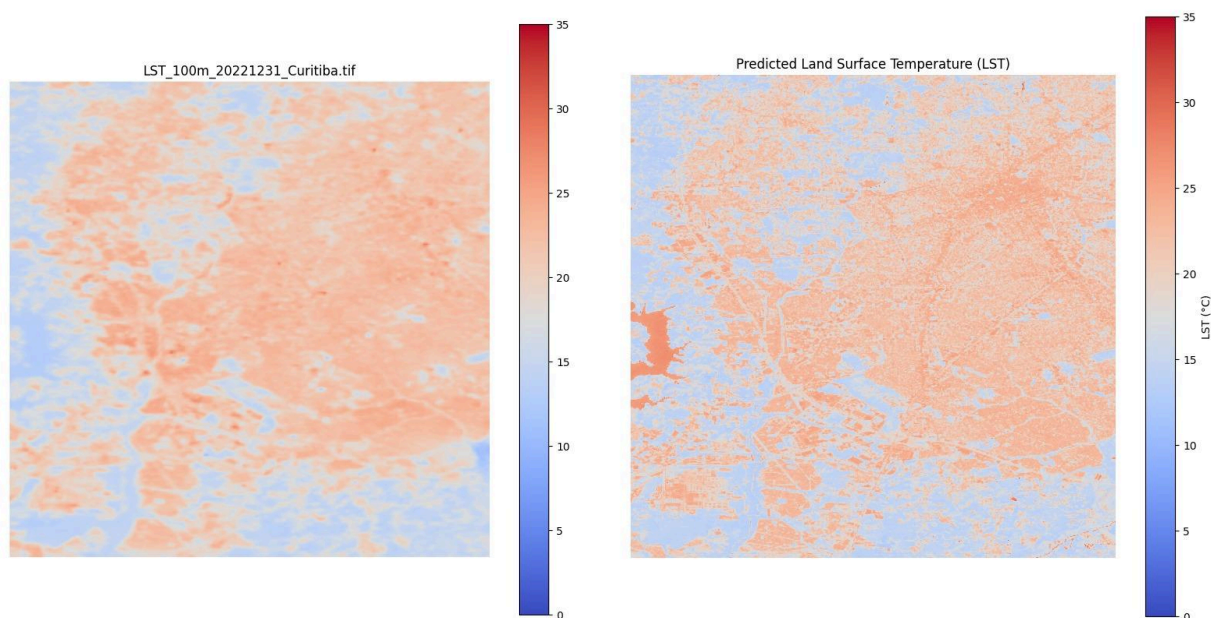
No projeto UrbanReleaf, utilizaremos um modelo de regressão linear para prever o estado final das áreas analisadas a partir de seu estado inicial, após a implementação de intervenções de “depaving” e reintrodução de vegetação. A regressão linear é uma técnica eficaz para analisar a relação entre variáveis, permitindo que possamos prever como mudanças na cobertura do solo influenciam fatores ambientais como temperatura de superfície e qualidade do ar. O processo obedece a metodologia abaixo:

**5.1** Definição das Variáveis: As variáveis independentes incluirão características iniciais da área, como extensão de pavimentação, densidade populacional, índice de cobertura verde atual e dados climáticos. A variável dependente será o impacto previsto das intervenções, como redução de temperatura ou melhoria na permeabilidade do solo.

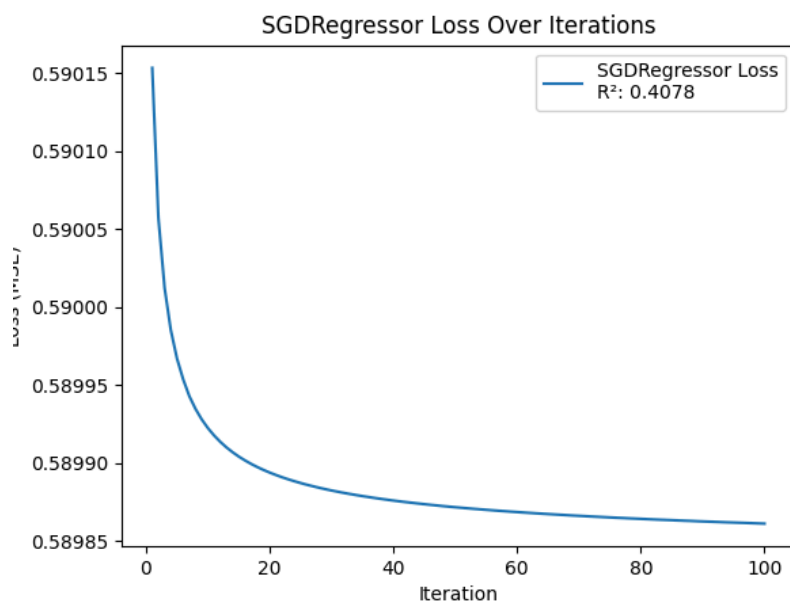
**5.2** Treinamento do Modelo: Utilizaremos dados históricos e exemplos de áreas urbanas onde houve transformação de pavimentação para vegetação. Esses dados permitirão que o modelo aprenda a relação entre as características iniciais e os resultados ambientais obtidos após a implementação das áreas verdes.

**5.3** Aplicação para Previsão: Com o modelo treinado, poderemos prever os resultados em novas áreas, estimando o impacto ambiental potencial de nossas intervenções. Por exemplo, ao inserir dados de uma área altamente pavimentada, o modelo de regressão linear poderá projetar a redução de temperatura média e a melhoria na retenção de água que poderão ser esperadas após o aumento de cobertura verde.

## 6. RESULTADOS



**Figura 1:** À esquerda, está o diagrama de temperatura para Curitiba em dezembro de 2023. À direita, encontra-se a temperatura prevista pelo modelo treinado com dados de São Paulo.



**Figura 2:** Gráfico apresentando o MSE e o  $R^2$  durante o treinamento de um modelo desenvolvido com dados de Curitiba.



---

## 7. FUTURO

O futuro do UrbanReleaf envolve a ampliação e aprimoramento das técnicas de análise e predição para otimizar o uso de áreas verdes e a mitigação dos efeitos urbanos adversos. A utilização de regressões lineares continuará sendo uma ferramenta fundamental, principalmente para identificar padrões simples e eficazes entre variáveis como temperatura, cobertura vegetal e densidade de pavimentação. No entanto, à medida que o projeto avança, é possível integrar modelos mais sofisticados, como redes neurais convolucionais (CNNs), que podem capturar relações mais complexas e não lineares nos dados.

Além disso, a diversificação dos índices de vegetação será uma prioridade. Índices como MSAVI2 (Modified Soil-Adjusted Vegetation Index 2), NDRE (Normalized Difference Red Edge Index) e GNDVI (Green Normalized Difference Vegetation Index) oferecem insights mais detalhados sobre a saúde da vegetação, especialmente em áreas urbanas onde a vegetação pode ser escassa ou fragmentada. O uso desses índices permitirá uma avaliação mais precisa da cobertura verde, fornecendo uma base robusta para decisões de planejamento urbano sustentável.

O futuro do projeto também incluirá a análise de índices de poluição, como o Índice de Qualidade do Ar (AQI), e variáveis ambientais como umidade do solo e níveis de dióxido de carbono. Esses dados adicionais ajudarão a criar um modelo mais completo, capaz de avaliar o impacto de áreas verdes na qualidade do ar e no conforto térmico das cidades. Com esses avanços, o UrbanReleaf será capaz de fornecer recomendações mais precisas e customizadas para cada região, apoiando a criação de cidades mais resilientes e sustentáveis.