

RELATÓRIO DO PROJETO

**INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE SÃO
PAULO - IFSP CAMPUS CAMPINAS**

**R. Heitor Lacerda Guedes, 1000 - Cidade Satélite Íris, Campinas - SP,
13059-581**

**ECOMAP - Estudo dos 3r's e mapeamento dos pontos de coleta de
recicláveis na região metropolitana de Campinas**

ALUNOS:

ANA BEATRIZ M. S. P. DIGROCCO

YASMIN ARAUJO DE BRITO

ORIENTADOR:

GLAUBER DA ROCHA BALTHAZAR

INÍCIO: 04/2025 - FIM: 10/2025

SUMÁRIO

1. RESUMO.....	1
2. INTRODUÇÃO.....	2
3. OBJETIVOS E RELEVÂNCIA DO TRABALHO.....	2
3.1. Fundamentação Teórica.....	3
3.1.1 Inteligência Artificial (IA).....	4
3.2. Objetivos.....	5
3.2.1. Objetivo Geral.....	5
3.2.2. Objetivos Específicos.....	5
4. CRONOGRAMA EXECUTADO.....	6
5. MATERIAIS E METODOLOGIA.....	7
5.1. Metodologia e Gestão do Projeto.....	7
5.2. Estudo de Tecnologias.....	7
5.2.1. Roboflow.....	7
5.2.2. YOLOv8.....	8
5.3. Resultados obtidos.....	9
5.3.1. Etapas pré-treinamento:.....	9
5.3.2. Primeiros modelos gerados pelo treinamento.....	9
5.3.3. Desenvolvimento da interface com a IA.....	10
6. CONCLUSÃO.....	11
7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	13

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Descarte de lixo de forma irregular em 2022.....	3
Figura 2: Dados sobre os municípios integrantes da Região Metropolitana de Campinas....	4
Figura 3: Resultados v1 dos testes.....	9
Figura 4: maP da v1 dos testes.....	10

1. RESUMO

Mesmo sendo considerada uma prática ilegal, é comum que milhões de toneladas de lixo sejam enviadas para os lixões que ainda existem no país. A reciclagem, nesse contexto, configura-se como uma prática fundamental para a preservação dos recursos naturais e a redução de impactos ambientais. A utilização das tecnologias digitais e da geolocalização tem se mostrado um importante aliado no incentivo à coleta seletiva e à participação cidadã. Este trabalho, portanto, apresenta um projeto digital que busca mapear pontos de coleta de recicláveis em Campinas e região por meio de um site interativo. A proposta tem como objetivo facilitar o acesso da população às informações sobre locais de descarte correto de materiais recicláveis, promovendo a educação ambiental e a logística reversa. Com base em dados colaborativos e georreferenciados, o site contribui para a conscientização sobre o consumo responsável, além de estimular práticas sustentáveis no cotidiano da comunidade. Dessa forma, o uso de ferramentas tecnológicas acessíveis permite ampliar o alcance das ações sustentáveis, fortalecendo a cultura da reciclagem e favorecendo a construção de uma sociedade mais comprometida com o meio ambiente.

Palavras Chaves: Reciclagem; sustentabilidade; descarte; mapeamento.

2. INTRODUÇÃO

O descarte incorreto de resíduos tem sido um dos principais desafios ambientais e urbanos nas grandes cidades brasileiras. Além de afetar a estética urbana, o lixo descartado inadequadamente pode obstruir sistemas de drenagem, aumentar a proliferação de doenças como dengue, leptospirose e chikungunya, e comprometer a fauna e flora locais. A ABRELPE (2022) apontou que apenas 61% dos resíduos sólidos urbanos no Brasil são encaminhados corretamente para aterros sanitários licenciados. Além disso, a crise ambiental global e o crescimento urbano acelerado têm exigido novas soluções para a gestão de resíduos sólidos. O descarte inadequado de lixo em vias públicas, cursos d'água e terrenos baldios causa danos irreversíveis ao meio ambiente e à saúde pública.

Buscando minimizar a poluição, reduzir a pressão sobre os recursos naturais e proteger o ecossistema, nota-se que é necessário adotar práticas responsáveis de gerenciamento de resíduos. É de fundamental importância a conscientização das pessoas quanto à separação do lixo em duas respectivas partes, as quais seriam o lixo orgânico e o lixo seco, sendo o último destinado às empresas de reciclagem e reaproveitamento (Chiusoli; Derhon, 2020). Cidadãos que reciclam mais materiais estão mais informados sobre os sistemas de gestão de resíduos (Martinho; Palma, 2011).

O Ecomap foi pensado para servir como apoio e incentivo a reciclagem na região de Campinas, buscando disponibilizar um mapeamento de pontos de coleta na região através de um site interativo, além de obter informações a respeito do descarte correto do lixo, com o auxílio de uma inteligência artificial capaz de identificar resíduos sólidos e indicar seu destino correto.

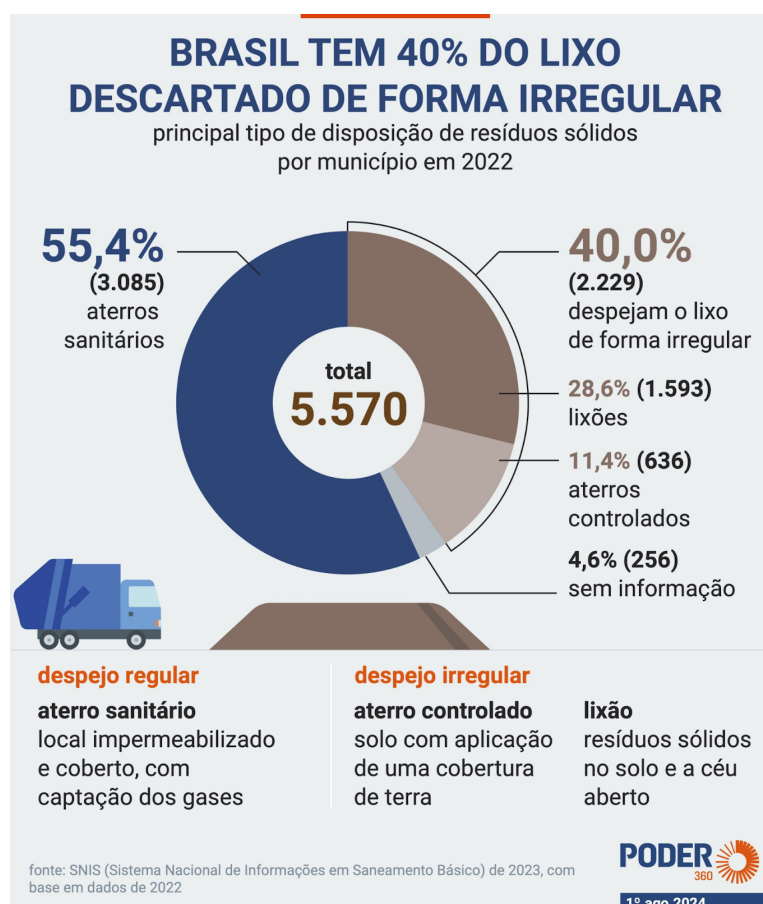
3. OBJETIVOS E RELEVÂNCIA DO TRABALHO

Para guiar o desenvolvimento do projeto e assegurar que o problema de pesquisa fosse abordado de forma estruturada, foi definida uma fundamentação que viabilizou e guiou os processos de desenvolvimento da solução, além do objetivo geral e uma série de objetivos específicos.

3.1. Fundamentação Teórica

Segundo o Panorama dos Resíduos Sólidos 2023, elaborado pela ABREMA - Associação Brasileira de Resíduos e Meio Ambiente, estima-se que o brasileiro tenha gerado uma média de 1,04 kg de RSU por dia em 2022. Ao aplicar esse valor à população brasileira divulgada pelo Censo Demográfico 2022, estima-se que aproximadamente 77,1 milhões de toneladas de RSU foram geradas no país em 2022. Isso corresponde a mais de 211 mil toneladas de resíduos geradas por dia, ou cerca de 380 kg/habitante/ano. Em relação a geração de resíduos entre 2012 e 2022, houve uma redução de 2% na geração de RSU per capita.

Figura 1: Descarte de lixo de forma irregular em 2022.



Fonte: Poder 360

Em 2009, foi publicado o Plano Diretor de Gestão dos Resíduos Sólidos da Região Metropolitana de Campinas (RMC), com metas para a redução da geração de resíduos e reciclagem, integração das alternativas para tratamento e destinação final dos resíduos sólidos e apoio à formação de consórcios intermunicipais

(AGEMCAMP, 2009). No entanto, tais diretrizes e metas não estão sendo cumpridas. Levando em conta esses dados associados a falta de acesso a informações a respeito do tema.

Figura 2: Dados sobre os municípios integrantes da Região Metropolitana de Campinas.

Município	Área (km ²)	Habitantes	Geração de RCC (t.dia ⁻¹) ²	Geração <i>per capita</i> (kg/hab./ano) ²	Consórcio
Americana	134	225.183	700	1119	-
Artur Nogueira	17	49.620	50	362	CONSAB
Campinas	795	1.142.620	2.027	638	-
Cosmópolis	155	66.478	73	396	CONSAB
Engenheiro Coelho	110	18.761	5	102	CONSAB
Holambra	66	13.335	54	1457	CONSAB
Hortolândia	62	215.281	166	277	CONSIMARES
Indaiatuba	312	229.256	252	396	-
Itatiba	322	111.835	276	772	-
Jaguariúna	141	51.248	37	257	CONSAB
Monte Mor	241	55.313	1,45	9	CONSIMARES
Morungaba	147	12.674	17	481	CISBRA
Nova Odessa	74	55.523	67	434	CONSIMARES
Paulínia	139	96.955	185	688	-
Pedreira	109	44.707	10	84	-
Sta. Bárbara D'Oeste	271	185.487	355	690	CONSIMARES
Sto. Antônio de Posse	154	22.006	17	278	CISBRA
Sumaré	154	267.313	245	330	CONSIMARES
Valinhos	145	118.947	65	196	-
Vinhedo	82	72.287	59	292	-
Total	3.630	3.054.829	4.661	-	-

Fonte: SciELO Brazil

3.1.1 Inteligência Artificial (IA)

Estamos usando tecnologias baseadas em Inteligência Artificial em um número crescente de sistemas e ferramentas. Nos últimos anos ocorreu um crescimento acelerado da presença da Inteligência Artificial no nosso cotidiano. Não são poucas as situações em que usamos, na maioria das vezes sem darmos conta, modelos criados por algoritmos de IA (Faceli, 2021). E usamos em atividades tão

rotineiras como ler mensagens enviadas por e-mail, lavar nossas roupas, dirigir um veículo autônomo ou semi autônomo e decidir a que filme ou episódio de uma série assistir em uma plataforma de *streaming*. O uso de inteligência artificial pode muitas vezes ser associado à praticidade, e pensando nisso, se torna uma ótima ferramenta quando se busca espalhar informações a respeito de determinado tema que necessita de mais atenção envolvida.

A construção desse novo território educacional com a presença de IA, demanda não apenas adaptação às tecnologias e ferramentas emergentes, mas também reflexão crítica e ética sobre sua influência nas práticas docentes, nas possibilidades de aprendizagem e na (re)constituição das identidades de todas as pessoas envolvidas nestas novas e complexas relações. Isso implica considerar também aspectos subjacentes a essas inovações e seus usos, quais interesses mobilizam, quais dinâmicas reproduzem e em que medida corroboram lógicas de distribuição desigual de recursos e formas de participação (Bezerra; Farias; Sousa, 2024).

Tendo isso em mente, esse projeto visa desenvolver uma inteligência artificial capaz de fazer o reconhecimento de resíduos sólidos através da análise de imagens, com o objetivo de informar o destino correto do material, assim como o ponto de coleta mais próximo do usuário onde ele pode descartá-lo, fazendo então, uso da tecnologia como forma de incentivar a reciclagem.

3.2. Objetivos

3.2.1. Objetivo Geral

Desenvolver um site interativo e com interface agradável, com informações sobre reciclagem e descarte correto na RMC, fazendo uso de inteligência artificial no incentivo à sustentabilidade.

3.2.2. Objetivos Específicos

- Disponibilizar um mapeamento dos pontos de coleta de recicláveis na cidade de Campinas;
- Desenvolver uma inteligência artificial capaz de analisar e classificar resíduos sólidos através de imagens, a fim de determinar seu descarte correto e ponto de coleta mais próximo do usuário;

- Desenvolver recursos a fim de disponibilizar o projeto ao público geral;
- Participar de feiras científicas.

4. CRONOGRAMA EXECUTADO

Etapa	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out
Definição do tema	x							
Pesquisa bibliográfica	x	x						
Planejamento da parte escrita do site			x	x				
Revisão do material escrito					x	x		
Planejamento do layout do site							x	
Treinamento da IA					x	x	x	
Pesquisa de API para mapeamento						x	x	
Implementação dos resultados obtidos em um site interativo							x	x
Apresentação na feira								x

5. MATERIAIS E METODOLOGIA

Esta seção descreve, com detalhes, todos os procedimentos adotados para o desenvolvimento do Ecomap. A metodologia foi dividida em etapas que abrangem desde os estudos de tecnologias utilizadas no projeto, até o desenvolvimento da Inteligência Artificial e do site.

5.1. Metodologia e Gestão do Projeto

Para garantir a organização e a eficiência do desenvolvimento, adotou-se como inspiração a metodologia ágil Scrum. O trabalho foi estruturado em sprints semanais, com as tarefas sendo definidas e atribuídas durante reuniões de planejamento que ocorriam todas as segundas-feiras, durante horário de aula. Além disso, em casos especiais, também houveram encontros durante o período contraturno, para alinhamento dos objetivos mensais.

5.2. Estudo de Tecnologias

O estudo de tecnologias foi essencial para o desenvolvimento do Ecomap, uma vez que o grupo não conhecia algumas plataformas e métodos que poderiam servir como agentes redutores de tempo para produzir o projeto.

5.2.1. Roboflow

Com auxílio do professor orientador da pesquisa, os estudos para o treinamento da IA foram focados na plataforma Roboflow.

A plataforma online de visão computacional simplifica a criação e implantação de aplicações de IA, permitindo a criação, o gerenciamento e o treinamento de modelos de aprendizado de máquina a partir de dados. Ela fornece ferramentas para rotulagem de imagens, aumento de dados e treinamento de redes neurais, além de um repositório de conjuntos de dados públicos e modelos pré-treinados, como os da série YOLO.

A plataforma também disponibiliza gráficos no final de cada etapa do treinamento, para auxílio na interpretação dos resultados obtidos:

- **Model Performance:**

- Curva mais escura → mAP em todas as IoUs (mAP@[0.5:0.95]), que é mais rigorosa.
- Curva mais clara → mAP@0.5, mais permissiva, que considera como acerto se a sobreposição for de pelo menos 50%.

O eixo **x**: épocas (epochs, número de vezes que todo o dataset foi processado pelo modelo).

O eixo **y**: valor da métrica (entre 0 e 1).

- **Box loss:**

- Mostra a evolução do erro relacionado à regressão das *bounding boxes* (as caixas delimitadoras que o modelo prevê em volta dos objetos).

- **Class loss:**

- Mostra o erro do modelo na classificação dos objetos dentro das caixas.

- **Object loss:**

- Mede o quanto o modelo está aprendendo a detectar se existe ou não um objeto em determinada região da imagem.

5.2.2. YOLOv8

O modelo YOLOv8 foi adotado como base para o treinamento da inteligência artificial utilizada no projeto. Essa arquitetura é uma evolução das versões anteriores da família YOLO, trazendo melhorias tanto na precisão quanto na velocidade de detecção de objetos. Ele é amplamente utilizado em aplicações de visão computacional devido à sua eficiência em tempo real, permitindo detectar e classificar múltiplos objetos em uma única imagem ou quadro de vídeo. Diferente de modelos mais pesados, o YOLOv8 se destaca por oferecer um bom equilíbrio entre desempenho e consumo de recursos computacionais, o que facilita sua aplicação em sistemas embarcados e dispositivos com menor capacidade de processamento.

Outro aspecto importante é a compatibilidade do YOLOv8 com o Roboflow, que simplifica o processo de treinamento, ajuste de hiperparâmetros e avaliação do desempenho do modelo. Assim, o uso dessa tecnologia foi essencial para que o grupo pudesse treinar e validar a inteligência artificial de forma mais acessível, sem a necessidade de infraestrutura complexa.

5.3. Resultados obtidos

Foi utilizada uma máquina remota disponibilizada para o grupo no campus do IFSP de Campinas para trabalhar no treinamento da IA de reconhecimento de resíduos sólidos.

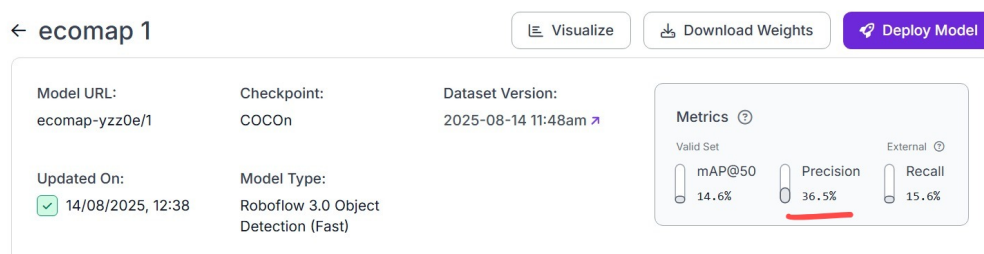
5.3.1. Etapas pré-treinamento:

- Busca pelo dataset;
 - O dataset foi obtido pela plataforma online Kaggle.
- Validação do dataset;
 - Apesar de já vir com os campos selecionados, o banco de dados apresentava muitas falhas e erros, o que levou o grupo a revisar todas as imagens antes de prosseguir para o treinamento.
- Divisão das imagens entre teste, validação e treino;
 - Padrão equilibrado: 80 / 10 / 10 → **800 treino, 100 validação, 100 testes.**
 - Espremer mais o treino: 85 / 10 / 5 → **850 treino, 100 validação, 50 teste.**

5.3.2. Primeiros modelos gerados pelo treinamento

- Resultados da v1 dos testes:
 - Após trabalhar com uma divisão de 70%, 5% e 25% entre as imagens do dataset, obtivemos somente 36,5% de precisão no reconhecimento dos resíduos sólidos.

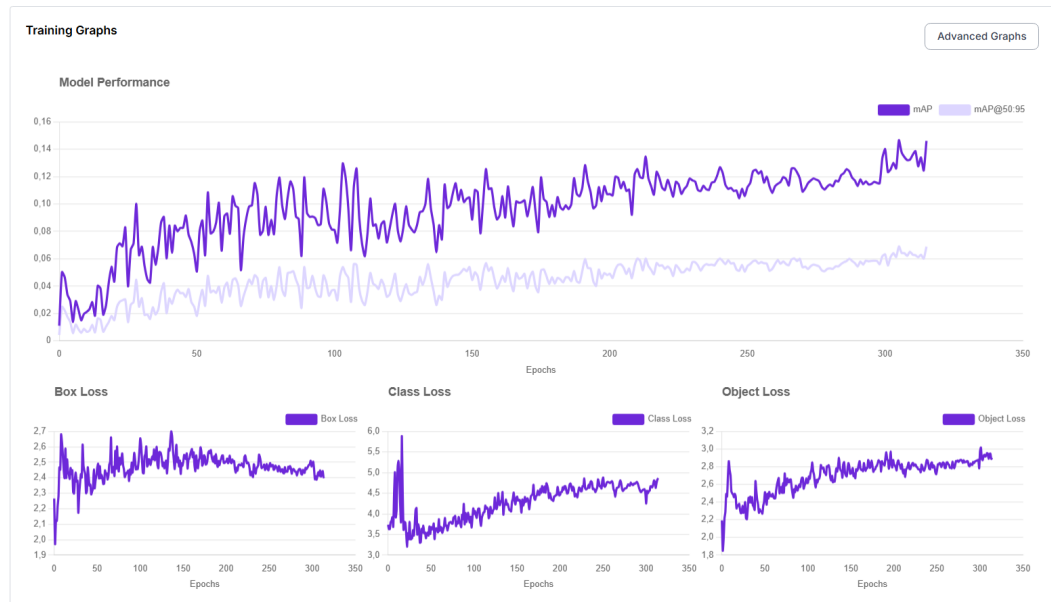
Figura 3: Resultados v1 dos testes



Fonte: Do autor

- O mAP aumentou lentamente, mas com bastante oscilação e valores ainda baixos (em torno de 0.12 na mais alta), o que sugere que o modelo está aprendendo, mas com desempenho ainda limitado.

Figura 4: maP da v1 dos testes



Fonte: Do autor

- Resultados da v2 dos testes:
 - Precisão (Precision) = 62.5%
 - Revocação (Recall) = 19.9%
 - Possíveis problemas:
 - Dataset com muita variação e difícil de generalizar;
 - Treinamento insuficiente (poucas épocas ou sub treinamento);
 - Classes ou objetos muito pequenos ou mal rotulados.

5.3.3. Desenvolvimento da interface com a IA

Para a implementação do sistema de reconhecimento de resíduos sólidos, foi utilizada uma rede de detecção baseada no modelo YOLOv8, treinada previamente para a identificação das classes de interesse. Após o treinamento e a validação do modelo, o arquivo resultante no formato .pt foi convertido para o formato TensorFlow

Lite (TFLite), visando à sua utilização em dispositivos móveis com sistema operacional Android.

A conversão do modelo foi realizada em ambiente Google Colab, onde se procedeu à instalação da biblioteca Ultralytics, responsável pela execução e manipulação do YOLOv8. Em seguida, o arquivo contendo os pesos do modelo foi carregado a partir do Google Drive, e a exportação para o formato TFLite foi efetuada.

Após a conversão, a etapa seguinte consistiu na integração do modelo ao ambiente de desenvolvimento Android. Para isso, foi instalado o Android Studio, no qual foi importado o projeto de detecção adaptado para YOLOv8 em TFLite, disponível publicamente no repositório:

<https://github.com/surendramaran/YOLOv8-TfLite-Object-Detector>

Dentro do projeto, foram realizadas as devidas modificações para adequar a aplicação às classes definidas no treinamento. Especificamente:

- No diretório app/assets, o arquivo labels.txt foi editado, substituindo-se pelas classes correspondentes aos resíduos sólidos treinados.
- O arquivo model.tflite foi atualizado com o modelo convertido anteriormente, mantendo-se o mesmo nome para garantir compatibilidade com a aplicação.

Concluídas as alterações, o aplicativo foi compilado e executado em dispositivo móvel Android. O sistema passou, então, a realizar a detecção em tempo real por meio da câmera do dispositivo, identificando os resíduos sólidos de acordo com as classes estabelecidas no processo de treinamento da IA.

6. CONCLUSÃO

Ao final desta fase de desenvolvimento do projeto Ecomap, é possível concluir que os objetivos delineados foram parcialmente alcançados, o que representa um avanço expressivo na validação da proposta inicial. O projeto demonstrou com sucesso sua hipótese fundamental de mitigar os problemas sobre a falta de acesso a informações claras e centralizadas como uma barreira para a reciclagem, e em como a aplicação de tecnologias como a inteligência artificial pode simplificar e incentivar o descarte correto de resíduos. Durante a fase de pesquisa e desenvolvimento, a dificuldade em treinar o modelo de IA com datasets públicos,

que exigiram extensa validação manual, valida a necessidade de uma ferramenta robusta e adaptada à realidade local.

O Ecomap, em sua primeira versão funcional, entrega uma solução promissora. Embora o modelo de reconhecimento de resíduos ainda não tenha atingido a precisão ideal para uma implementação em larga escala, a integração bem-sucedida com um aplicativo móvel (via TFLite) comprova a viabilidade técnica da proposta. O sistema já consegue identificar diferentes categorias de resíduos por imagem, eliminando a dúvida do usuário sobre o descarte correto e servindo como uma ponte para a informação. Portanto, o projeto estabeleceu com sucesso uma base tecnológica sólida, transformando uma ideia em uma ferramenta funcional que aborda diretamente o problema proposto.

Dados os problemas apontados anteriormente, instaurou-se um plano claro para as próximas etapas de evolução do sistema. Os trabalhos futuros estarão focados em aprimorar a precisão do modelo de IA e expandir as funcionalidades da plataforma:

- **Aprimoramento da Precisão da IA:** O foco principal será refinar o modelo de reconhecimento de resíduos. Isso incluirá o aumento e a diversificação do dataset com imagens próprias, o ajuste fino dos hiperparâmetros de treinamento e a experimentação com técnicas de aumento de dados para melhorar a capacidade de generalização do modelo.
- **Desenvolvimento e Integração do Mapeamento:** Implementar o mapa interativo no site, utilizando uma API de geolocalização para exibir os pontos de coleta de recicláveis em Campinas. O sistema permitirá que o usuário visualize o ponto mais próximo com base em sua localização atual.
- **Construção da Plataforma Web Completa:** Desenvolver a interface final do site, integrando a ferramenta de IA (permitindo o upload de imagens para análise) e a seção informativa sobre reciclagem, garantindo uma experiência de usuário intuitiva e agradável.
- **Expansão e Interação Comunitária:** Investigar a possibilidade de expandir o mapeamento para outras cidades da RMC. Além disso, planeja-se criar uma funcionalidade que permita aos próprios usuários sugerirem ou validarem novos pontos de coleta, tornando a plataforma colaborativa.

7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. *Resíduos sólidos urbanos*. Disponível em: <https://www.gov.br/mma/pt-br/assuntos/meio-ambiente-urbano-recursos-hidricos-qualidade-ambiental/residuos-solidos-urbanos>. Acesso em: 7 jun. 2025.

IBER BRASIL. *A importância do descarte correto de resíduos sólidos*. 18 ago. 2023. Disponível em: <https://iberbrasil.org.br/blog/2023/08/18/a-importancia-do-descarte-correto-de-residuos-solidos/>. Acesso em: 7 jun. 2025.

SILVA, A. et al. *[Título do artigo – substituir se souber]*. Revista Relise, [s.l.], [s.d.]. Disponível em: <https://www.relise.eco.br/index.php/relise/article/view/678/753>. Acesso em: 7 jun. 2025.

AGRICULTURAL RESEARCH INFORMATION SYSTEM. *[Título do documento – substituir se souber]*. AGRIS, [s.l.], [s.d.]. Disponível em: <https://agris.fao.org/search/en/providers/125163/records/67497b6f7625988a37223f9b>. Acesso em: 7 jun. 2025.

SciELO - Estudos Sociedade e Agricultura
FERREIRA, M. M. et al. *[Título do artigo – substituir se souber]*. Estudos Sociedade e Agricultura, [s.l.], [s.d.]. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/esa/a/NgJQqJwkW4RR6TMfvtVYSgL/>. Acesso em: 7 jun. 2025.

SciELO - Educação & Ambiente
PEREIRA, R. C. et al. *[Título do artigo – substituir se souber]*. Educação & Ambiente, [s.l.], [s.d.]. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/ea/a/ZnKyrclLVqzhZbXGgXTwDtn/?format=html>. Acesso em: 7 jun. 2025.

Revista Linguagem em Foco
MOURA, D. et al. *[Título do artigo – substituir se souber]*. Linguagem em Foco, [s.l.], [s.d.]. Disponível em: <https://revistas.uece.br/index.php/linguagememfoco/article/view/13212/12024>. Acesso em: 7 jun. 2025.

IA EXPERT. *Detecção de objetos com YOLO – uma abordagem moderna*. 13 out. 2020. Disponível em: <https://iaexpert.academy/2020/10/13/deteccao-de-objetos-com-yolo-uma-abordagem-moderna/>. Acesso em: 7 jun. 2025.

Basic AI
BASIC AI. *Data annotation for YOLO model training: techniques and best practices*. [s.l.], [s.d.]. Disponível em: <https://www.basic.ai/blog-post/data-annotation-for-yolo-model-training-techniques-and-best-practices>. Acesso em: 7 jun. 2025.

CAMPINAS. Prefeitura Municipal. *Aplicativos do Cidadão*. [s.l.], [s.d.]. Disponível em: <https://cidadao.campinas.sp.gov.br/aplicativos.php>. Acesso em: 7 jun. 2025.