

32^a

**SEMANA DE
TECNOLOGIA
METROFERROVIÁRIA**

**[MONITORAMENTO
DE AVIFAUNA NA
LINHA 15-PRATA]**

Sérgio Francisco dos Passos
Natália Salmazzo

APRESENTAÇÃO



Sérgio Francisco dos Passos

Técnico Metroviário III na Coordenadoria Técnica dos Sistemas de Gestão
Metrô de São Paulo

Atua com Auditoria de Sistemas de Gestão da Qualidade, Ambiental, Segurança do Trabalho e Energia.



Natália Salmazzo

Analista II na Coordenadoria Tecnologias Analíticas
Metrô de São Paulo

Atua na construção de soluções utilizando tecnologias emergentes e Inteligência Artificial.

AGENDA

① Introdução

- Monotrilho no Metrô de São Paulo
- Monitoramento Ambiental
- Visão Computacional

② Solução Proposta

- Diagnóstico
- Análise dos Resultados

③ Conclusão

INTRODUÇÃO

MONOTRILHO NO METRÔ DE SÃO PAULO

Linha 15-Prata¹



Linha 17-Ouro²



- Licença Ambiental de Operação
 - Secretaria do Verde e Meio Ambiente (SVMA)
 - Monitoramento Ambiental

Fontes: ¹Companhia do Metropolitano Metrô SP, foto de Márcia Alves (2021). Disponível em: <<https://www.flickr.com/photos/metropoficial/53782336380/>>. Acesso em: 16 ago. 2026.

²Companhia do Metropolitano Metrô SP, foto de Márcia Alves (2026). Disponível em: <<https://www.flickr.com/photos/metropoficial/55191675185/>>. Acesso em: 16 ago. 2026.

MONITORAMENTO AMBIENTAL

- Avifauna
 - Conjunto de aves de uma região / habitat
 - Indicador de qualidade ambiental
- Monitoramento de Avifauna
 - Dinâmica das espécies em ambiente urbano
 - Licenciamento Ambiental

LICENÇA AMBIENTAL DE OPERAÇÃO

Condicionante:

Implementar o Plano de Monitoramento de Avifauna durante a operação e apresentar anualmente os respectivos relatórios.

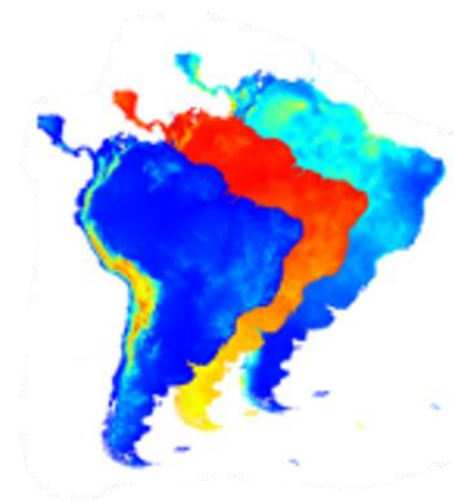
Objetivo:

Identificar possíveis choques de aves com as fachadas envidraçadas.

MONITORAMENTO AMBIENTAL



Trajeto da Linha 15



Camadas Ambientais¹



Características Morfológicas²

Fontes: ¹OpenModeller (2014), adaptado. Disponível em: <<https://openmodeller.sourceforge.net/overview.html>>. Acesso em: 15 ago. 2026.

²GBIF. Global Biodiversity Information Facility. Copenhagen: GBIF Secretariat, [s.d.]. Disponível em: <<https://www.gbif.org/>>. Acesso em: 15 ago. 2026.

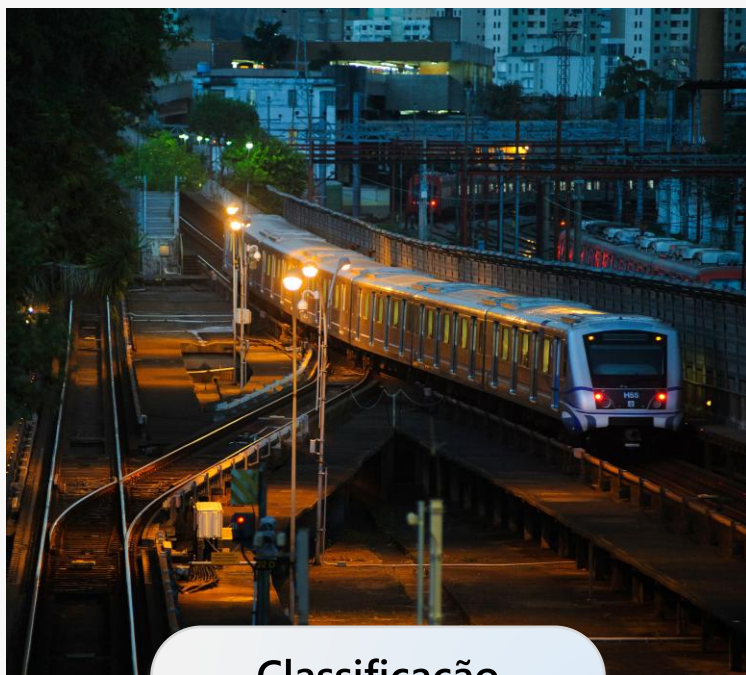
DESAFIO

- Linha 15-Prata
 - 11 estações distribuídas ao longo de 14,6 Km de extensão
- Construir ferramenta de apoio / triagem de conteúdo
 - Formato das aves
 - Escala dos objetos
 - Diferentes planos de fundo

VISÃO COMPUTACIONAL

VISÃO COMPUTACIONAL

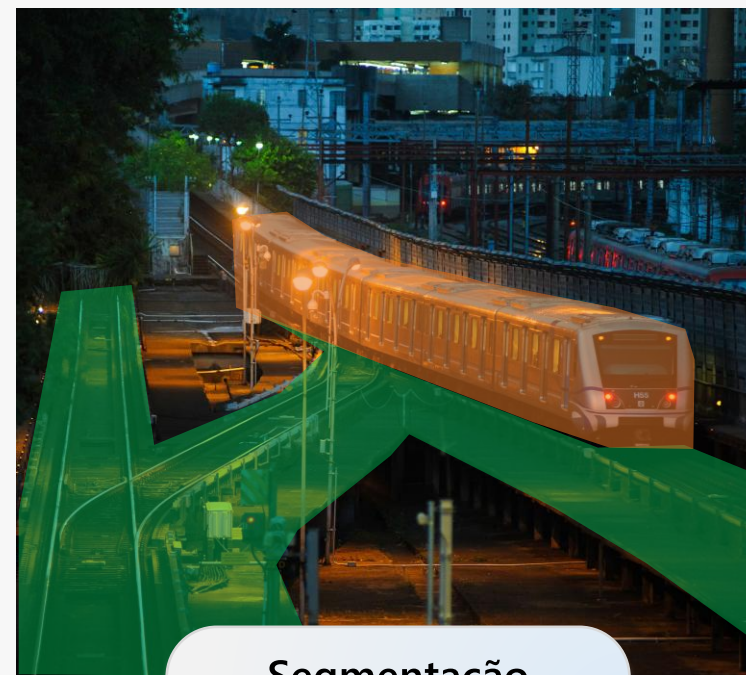
Capacidade de “enxergar” e interpretar imagens



Classificação



Classificação + Detecção



Segmentação

REDES NEURAIS CONVOLUCIONAIS (CNN)

0	0	0			
0	0	-200			
0	0	-200			

Imagem (6x6)

Um único canal

1	0	-1
1	0	-1
1	0	-1

Filtro (3x3)



-400	-20	200	380
-400	-40	220	400
-380	-420	200	600
-180	-400	0	400

Saída (4x4)

REDES NEURAIS CONVOLUCIONAIS (CNN)

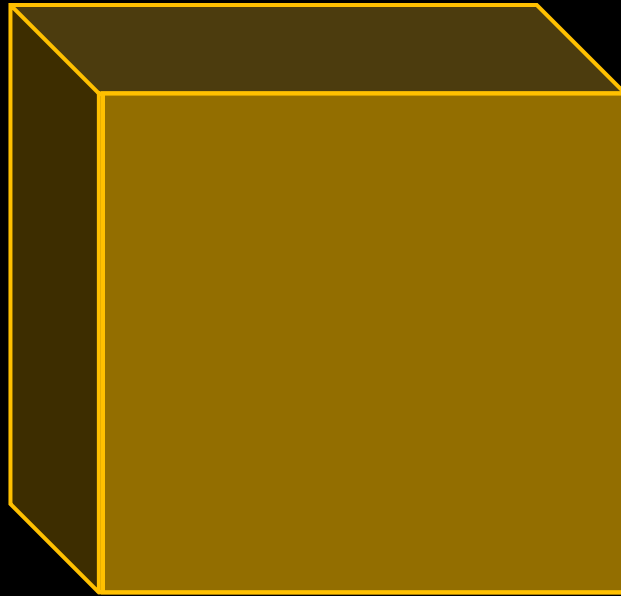
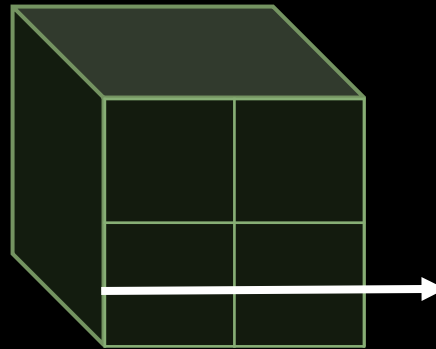
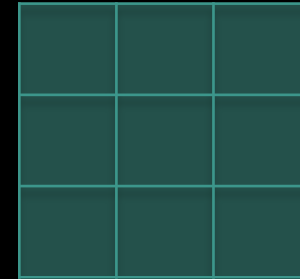


Imagem
Um único canal
Dimensões
(Largura, Altura, Canais)

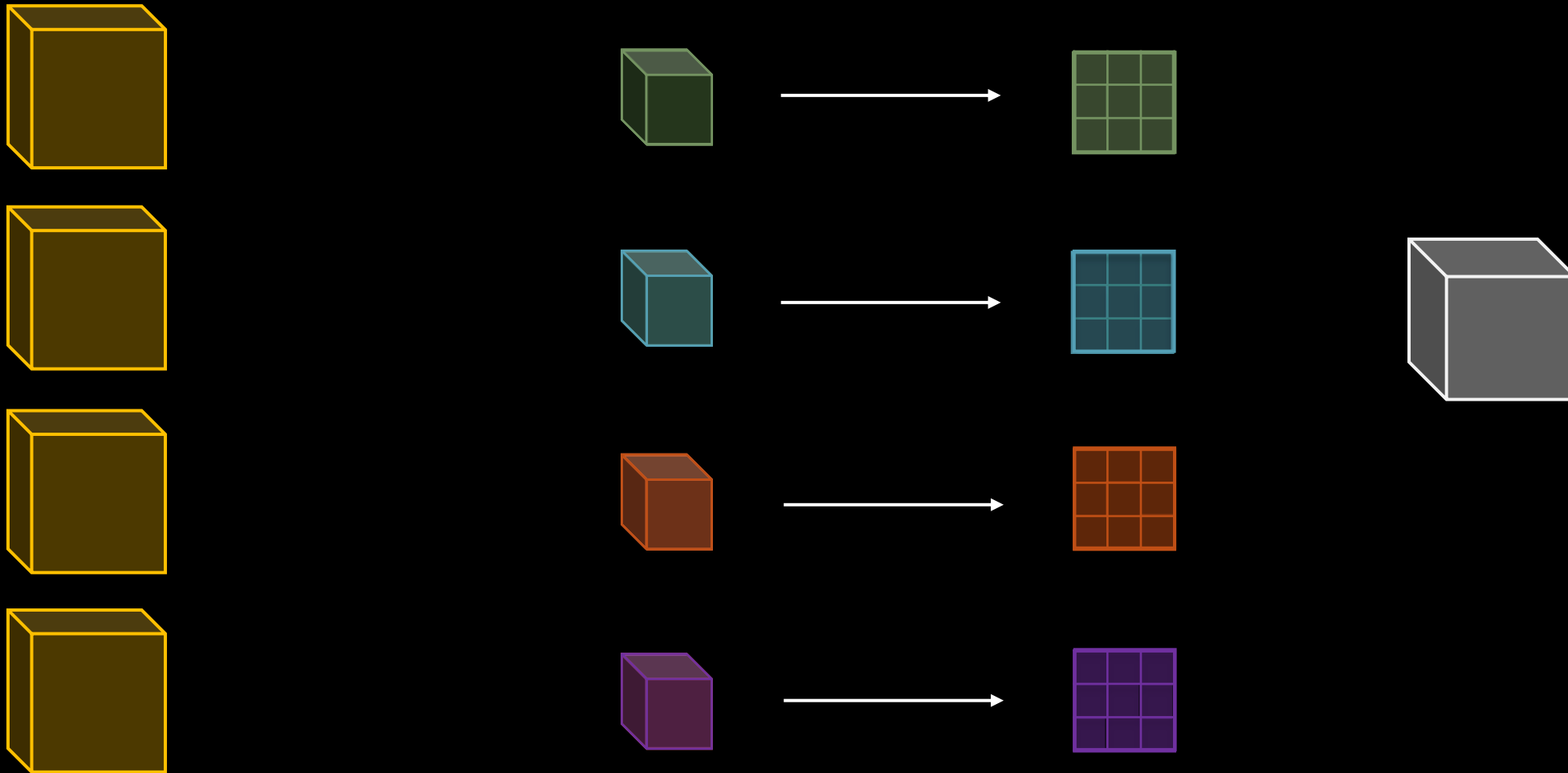


Filtro (2x2x3)

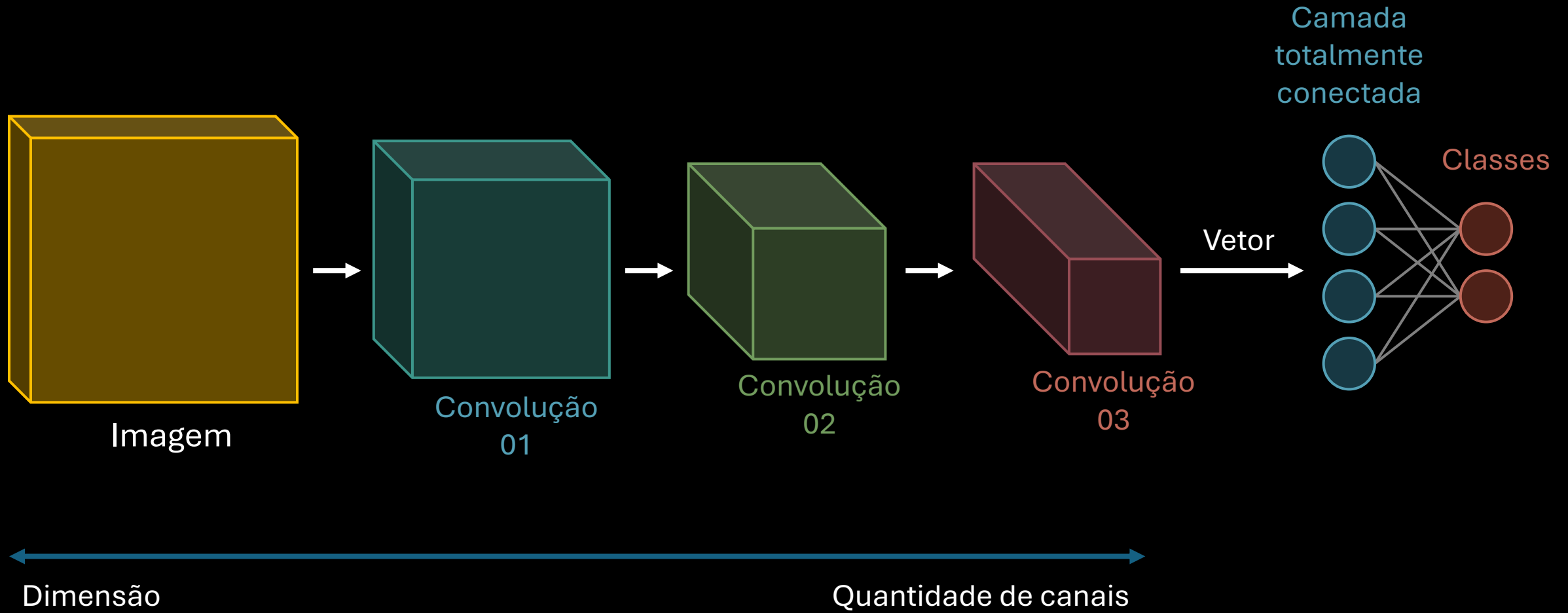


Saída

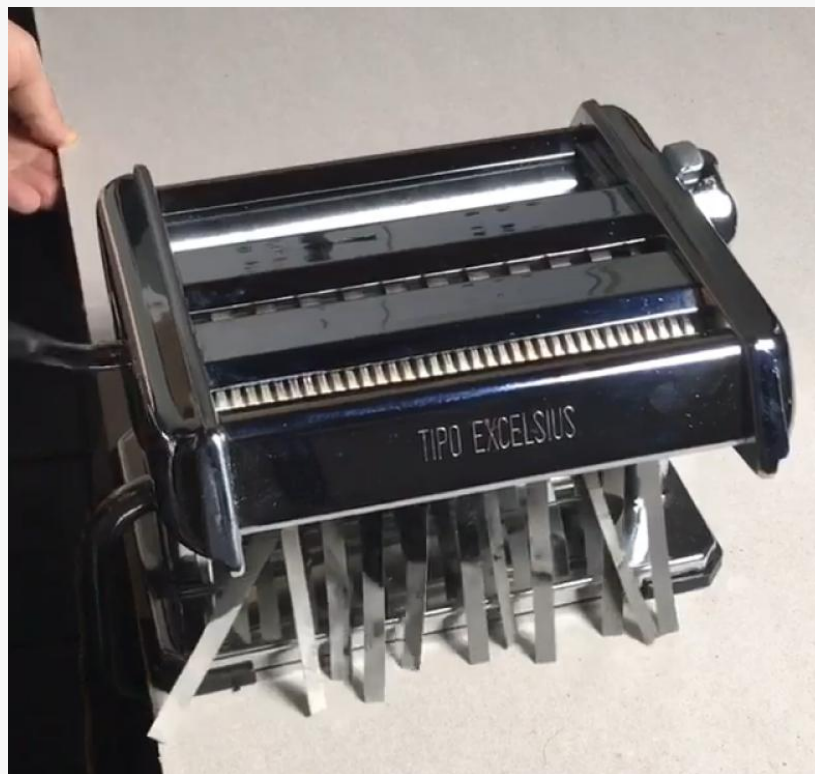
REDES NEURAIS CONVOLUCIONAIS (CNN)



REDES NEURAIS CONVOLUCIONAIS (CNN)



REDES NEURAIS CONVOLUCIONAIS (CNN)



DIAGNÓSTICO

DIAGNÓSTICO

- Câmera instalada
31 *frames*/segundo
Resolução 1920x1080
- Duas gravações
00:17:25 de duração
62.670 *frames* cada
- Vila Prudente e Jardim Colonial



ABORDAGEM PROPOSTA

- Liu et al. (2024)
- Muzammul et al. (2025)
- Estratégias
 - Detectar pequenos objetos
 - Imagens de alta resolução

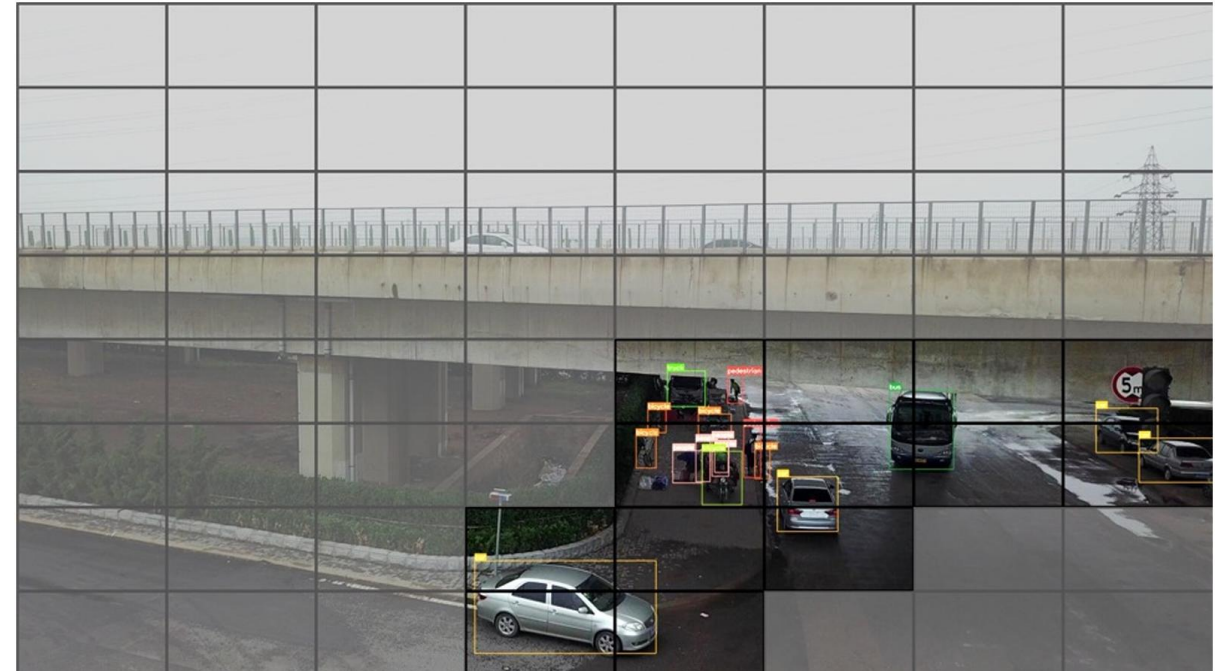
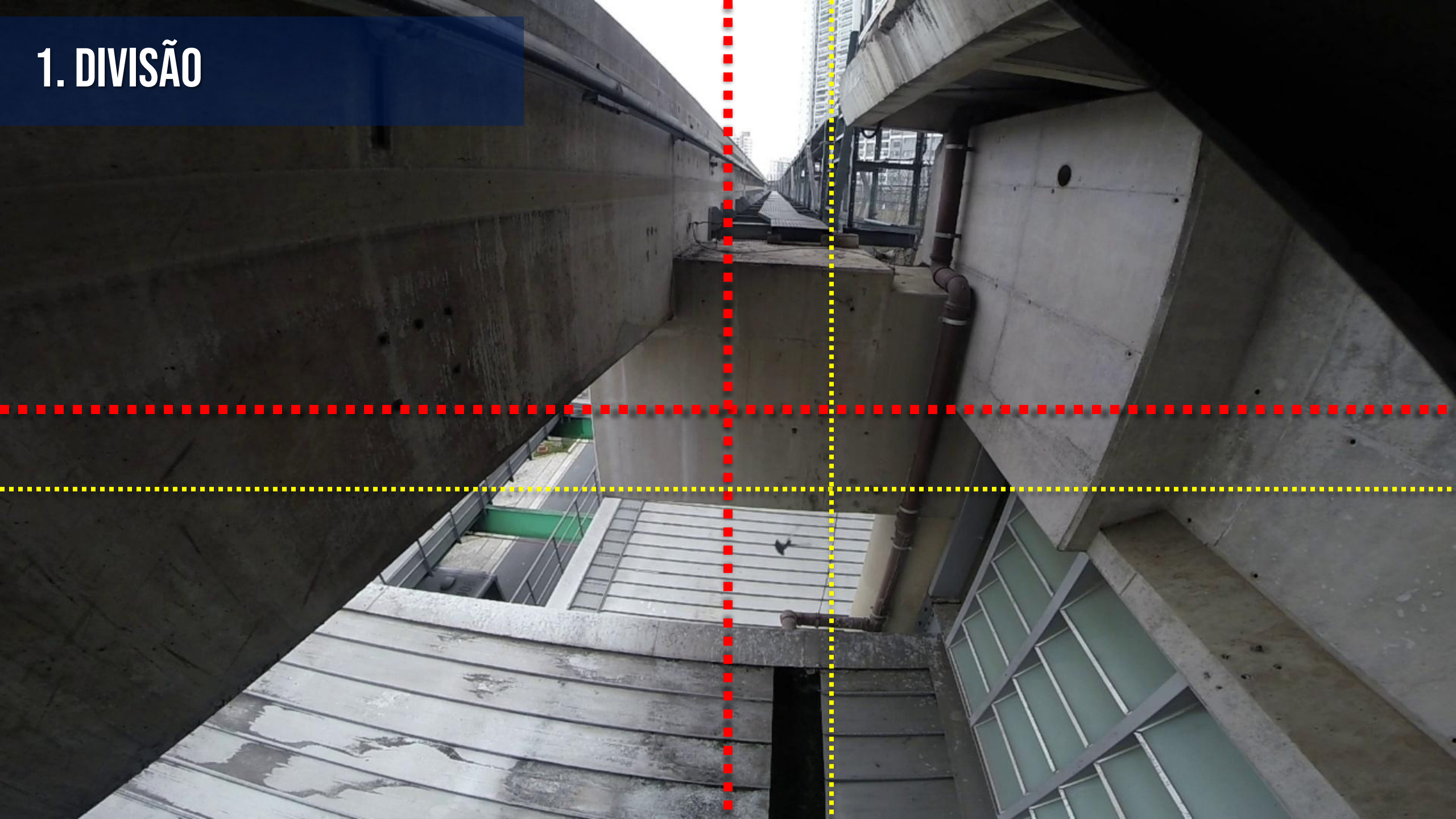
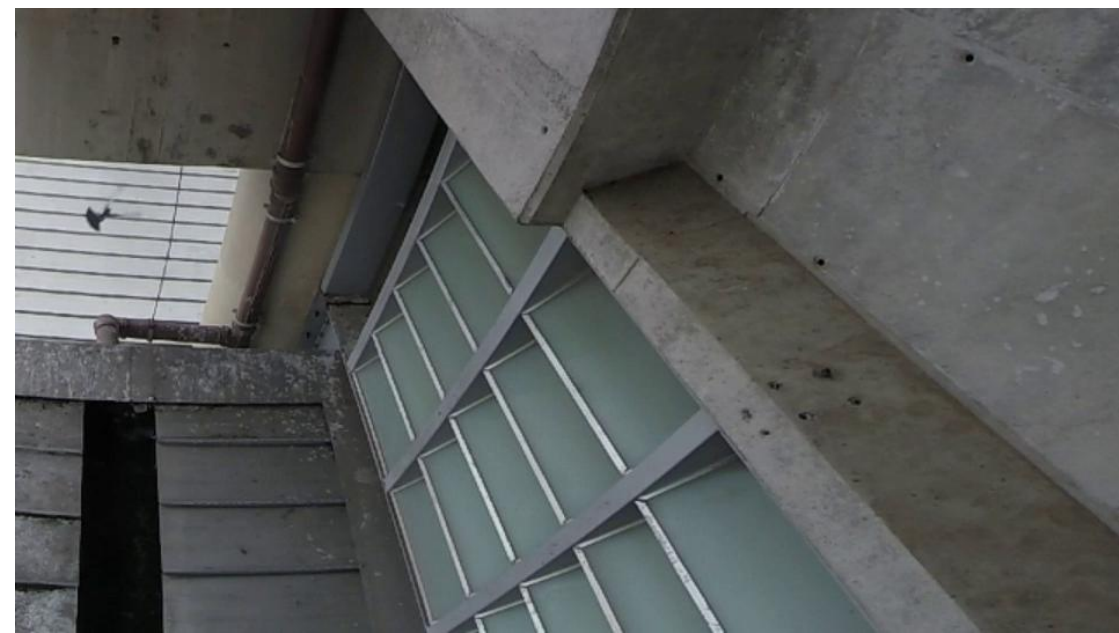


Imagem contendo distribuição de objetos. Fonte: Liu et al. (2024).

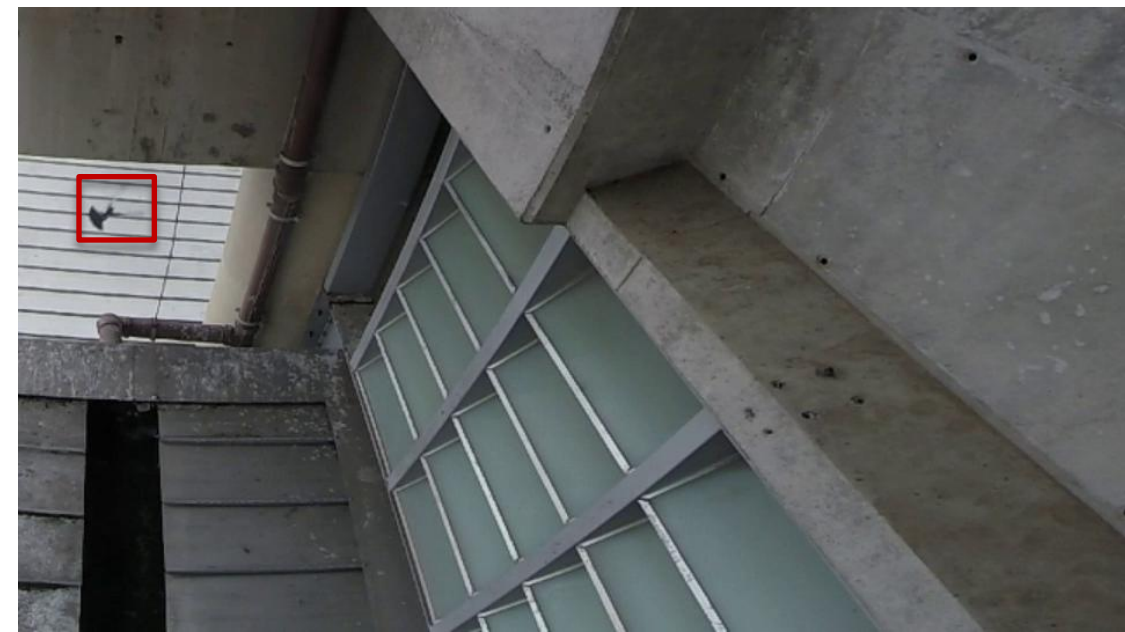
1. DIVISÃO



1. DIVISÃO



2. DETECÇÃO



3. COMBINAÇÃO



4. GRAVAÇÃO DOS EVENTOS



ANÁLISE DE VÍDEO

Detecção de aves

Gravação de trechos da Linha-15 Prata, visando identificar presença de aves ao longo do trajeto.

Os vídeos analisados possuem 31 frames por segundo de gravação.

Painel_Resumo

Vídeos	Objetos detectados	Total de frames
2	5,36 Mil	4,669 Mil

Painel de Filtros

Nome do Vídeo

GP013039

GP023039

Filtro por Tempo

▼ Inserir tempo

→

Classe

bird

Ocorrências por vídeo

Vídeo	Tempo	Nº frame	Nome do frame	Classe
GP013039	00:00:01	86	000001_00000086.jpg	bird
GP013039	00:00:02	100	000002_00000100.jpg	bird
GP013039	00:00:02	102	000002_00000102.jpg	bird
GP013039	00:00:02	103	000002_00000103.jpg	bird
GP013039	00:00:02	112	000002_00000112.jpg	bird
GP013039	00:00:02	128	000002_00000128.jpg	bird
GP013039	00:00:02	129	000002_00000129.jpg	bird
GP013039	00:00:02	130	000002_00000130.jpg	bird
GP013039	00:00:02	131	000002_00000131.jpg	bird
GP013039	00:00:02	138	000002_00000138.jpg	bird
GP013039	00:00:02	139	000002_00000139.jpg	bird
GP013039	00:00:02	140	000002_00000140.jpg	bird

Objetos detectados

Frames por segundo

Tempo	Qtde detecções
00:00:00	3
00:00:01	12
00:00:02	17
00:00:03	14
00:00:04	12
00:00:05	3
00:00:06	2
00:00:07	1
00:00:08	1
00:00:10	5
00:00:11	2
00:00:18	1
00:00:19	4
00:00:20	7
00:00:27	5
00:00:31	1
00:00:33	2
00:00:34	9
Total	5360



ANÁLISE DOS RESULTADOS

ANÁLISE DOS RESULTADOS

- 62.670 *frames* analisados
- 4.669 *frames* com objetos

Vídeo	Frames destacados	Quantidade detecções	Falso Positivo	Verdadeiro Positivo ¹
Vídeo 01	3.268	3.583	3.433	150
Vídeo 02	1.401	1.777	1.680	97
Total	4.669	5.360	5.113	247

¹Nota: são 3 momentos onde ocorrem aves

VERDADEIRO POSITIVO - 01



VERDADEIRO POSITIVO - 02



VERDADEIRO POSITIVO - 03



FALSO POSITIVO



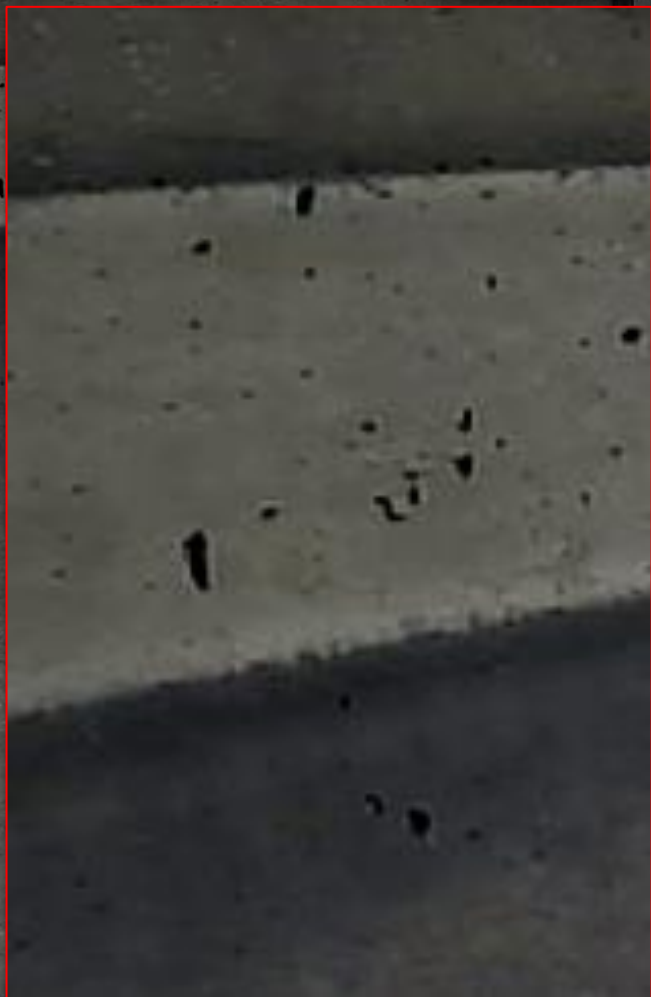
bird

bird

bird

bird

FALSO POSITIVO



PONTOS DE ATENÇÃO

bird



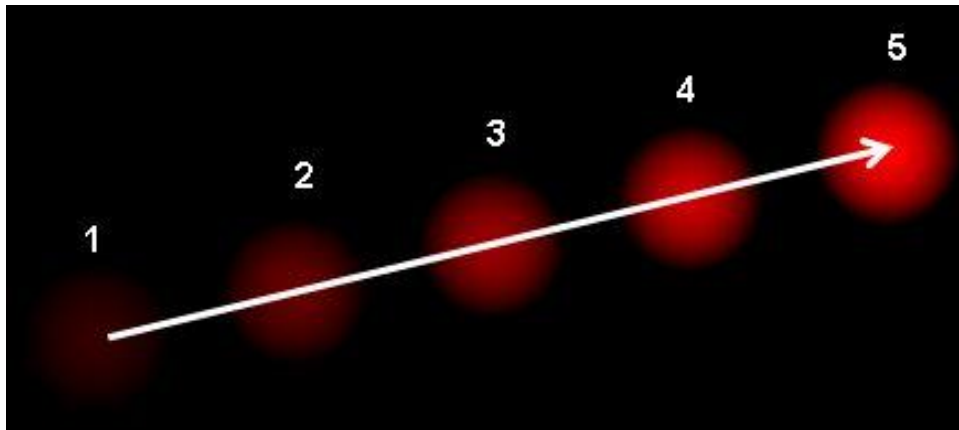
CONCLUSÃO

CONCLUSÃO

- Os resultados demonstraram potencial para uso de recursos de IA no Monitoramento de Avifauna
- Redução de esforço operacional
- Padronização das inspeções
 - Base de dados histórica
 - Apoio à tomada de decisão

TRABALHOS FUTUROS

- Aprimorar a abordagem
 - Modelo personalizado de classificação de aves
 - Analisar comportamento de *pixels* entre os *frames*



Objects: 0
Avg Time: 7.2ms



32^a

SEMANA DE TECNOLOGIA METROFERROVIÁRIA

OBRIGADO(A)!

Sérgio Francisco dos Passos

sergio_passos@metrosp.com.br

Natália Salmazzo

nsalmazzo@metrosp.com.br



13ª Edição
Prêmio
Tecnologia &
Desenvolvimento
Metroferroviários

TIC TRENS

ANP **TRILHOS**
Associação Nacional dos Transportadores
de Passageiros sobre Trilhos

 **AEAMESP**
ASSOCIAÇÃO DOS ENGENHEIROS E ARQUITETOS DE METRÔ