

# AUDITORIA AMBIENTAL EM USINAS HIDRELÉTRICAS



## Asseguração Independente de Relatórios ESG via Dados Exógenos (Imagens de Satélite)

CONTEXTO		METODOLOGIA																														
<b>B3</b> BRASIL BOLSA BALCÃO		<p>The methodology flowchart is divided into three main phases: PLANEJAMENTO (Planning), EXECUÇÃO (Execution), and CONTROLE (Control).  <b>PLANEJAMENTO:</b> Includes Configuration (Ambient), Installation (Libraries), Authentication (Planet Lab), and Implementation (Spatial Recurrence). A Sentinelhub box is connected to the first four steps.  <b>EXECUÇÃO:</b> Subdivided into two parallel paths:      Path A (Pre-Processing (Tests)) leads to Organization (Dataset Metadados) and then to Evaluation Quality (Dataset Metadados). This path also receives feedback from the Control phase.      Path B (Abordagem Clássica) uses K-Means + Mahalanobis and Path C (Abordagem Aprendizado Profundo) uses YOLO 8. Both lead to Application (Dataset of Images) and then Analysis of Metrics.  <b>CONTROLE:</b> An Analysis Comparative (Cross-validation) step receives input from the execution phase and provides feedback to the planning and execution phases.</p>																														
<p>O que as empresas listadas na B3 declaram nos relatórios ESG é realmente verdade?</p> <p> </p> <p>Desenvolver e validar um artefato de auditoria automatizada para asseguração independente em hidrelétricas.</p>																																
EXECUÇÃO		MATERIALIDADE	AMOSTRA																													
<p><b>A</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Pré-Processamento (Testes)</li> <li>Organização (Dataset Metadados)</li> <li>Avaliação Qualidade (Dataset Metadados)</li> <li>Baixar Imagens (Dataset de Imagens)</li> </ul> <p>2021: 2021-09-23 → 2021-12-21 (✓ Disponível); 2021-12-22 → 2022-03-20 (✓ Disponível); 2021-03-21 → 2021-06-20 (✓ Disponível); 2021-06-21 → 2021-09-22 (✓ Disponível).</p> <p>2025: 2025-09-23 → 2025-10-31 (✓ Disponível); 2025-03-21 → 2025-06-20 (✓ Disponível); 2025-06-21 → 2025-09-22 (✓ Disponível).</p> <p>● Inspeção Visual: Garantir que as imagens não têm nuvens (&lt;20%).      ☑ Cobertura Temporal: integridade dos dados na série histórica.</p>																																
EXECUÇÃO		IMAGEM BRUTA   OTIMIZADA	IMAGEM GeoTIFF																													
<p><b>A</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Pré-Processamento (Testes)</li> <li>Organização (Dataset Metadados)</li> <li>Avaliação Qualidade (Dataset Metadados)</li> <li>Baixar Imagens (Dataset de Imagens)</li> </ul>	<p>S2B_MSIL2A_20250322T133149_N0511_R081_T22JEQ_20250322T170533_6bands</p> <p>Download Seletivo: Economiza tempo e armazenamento.      Organização Hierárquica: Pastas por Ano e Estação (Auditoria).      Duplo Formato: GeoTIFF (6 bandas): Análise matemática.      PNG (Visual): Imagem Relatórios humanos.</p>																															
VISÃO CLÁSSICA			APRENDIZAGEM PROFUNDA																													
EXECUÇÃO		TESTE DE SEGMENTAÇÃO	DETEÇÃO DE ANOMALIAS																													
<p><b>B</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Abordagem Clássica</li> <li>K-Means + Mahalanobis</li> <li>Aplicação (Dataset de Imagens)</li> <li>Análise de Métricas</li> </ul>	<p>IMAGEM ORIGINAL: 400x400 pixels, PNG original, 160.000 pixels, 10m/pixel (Sentinel-2), Área aproximada: 1600.0 hectares.</p> <p>CLASSIFICAÇÃO K-MEANS (k=4): Dimensions: 400 x 400 pixels, Type: PNG original, Pixels total: 160.000 px, Resolution: 10m/pixel (Sentinel-2), Area approximated: 1600.0 hectares.</p> <p>ANOMALIAS MAHALANOBIS: Pixel anômalo (detetado): 8.002 px (5.0%), Cor de fundo (classes K-Means): 67.968 px (42.5%), Vegetação densa: 53.134 px (31.2%), Vegetação rasteira: 26.325 px (16.5%), Solo exposto: 160.000 px (100.0%).</p> <p>● Aprendizado Não Supervisionado: K-Means agrupa pixels semelhantes e cria um "gabarito estatístico".</p>	<p>EXECUÇÃO: Abordagem Clássica, K-Means + Mahalanobis, Aplicação (Dataset de Imagens), Análise de Métricas.</p> <p>TESTE DE SEGMENTAÇÃO: IMAGEM ORIGINAL, CLASSIFICAÇÃO K-MEANS (k=4), ANOMALIAS MAHALANOBIS.</p> <p>DETEÇÃO DE ANOMALIAS: Anomalias detectadas: 8.002 px (5.0%), Percentual da imagem: 5.0%, Límite de detecção: 8.002 px, Método estatístico: Mahalanobis.</p> <p>Interpretar: Pontos vermelhos indicam pixels estatisticamente anômalos, sugerindo erros de classificação do K-Means ou áreas de transição entre classes.</p>	<p><b>C</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Abordagem Aprendizado Profundo</li> <li>YOLO 8</li> <li>Aplicação (Dataset de Imagens)</li> <li>Análise de métricas</li> </ul>	<p>GABARITO: S2B_MSIL2A_20250322T133149_N0511_R081_T22JEQ_20250322T170533_6bands</p> <p>PREDIÇÃO: S2B_MSIL2A_20250322T133149_N0511_R081_T22JEQ_20250322T170533_6bands</p> <p>● Teste Cego: Inferência sobre os 20% de dados de validação.      ● Máscaras: O preenchimento colorido delinea com exatidão as bordas irregulares do rio e da mata ciliar.      ● Alta Fidelidade: A predição (Direita) apresenta consistência visual quase idêntica ao gabarito de controle (Esquerda).</p>																												
EXECUÇÃO		VALIDAÇÃO	CONTROLE DE QUALIDADE																													
<p><b>B</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Abordagem Clássica</li> <li>K-Means + Mahalanobis</li> <li>Aplicação (Dataset de Imagens)</li> <li>Análise de Métricas</li> </ul>	<p>EVOLUÇÃO TEMPORAL DA COBERTURA DO SOLO</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>Ano</th> <th>Aqua (%)</th> <th>Vegetação Densa (%)</th> <th>Vegetação Rasteira (%)</th> <th>Solo Exposto (%)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>2021</td> <td>41.9%</td> <td>30.5%</td> <td>19.7%</td> <td>7.9%</td> </tr> <tr> <td>2022</td> <td>43.1%</td> <td>29.8%</td> <td>19.1%</td> <td>7.9%</td> </tr> <tr> <td>2023</td> <td>38.5%</td> <td>33.8%</td> <td>18.3%</td> <td>8.3%</td> </tr> <tr> <td>2024</td> <td>41.2%</td> <td>31.6%</td> <td>18.5%</td> <td>8.6%</td> </tr> <tr> <td>2025</td> <td>40.6%</td> <td>31.9%</td> <td>18.8%</td> <td>7.4%</td> </tr> </tbody> </table> <p>RECOMENDAÇÕES PARA AUDITORIA:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>Verificar imagens com anomalias &gt; 6.0%</li> <li>Nenhuma estação com anomalias excessivas detectada</li> <li>Analisa variações sazonais na distribuição das classes</li> <li>Validar manualmente 6 imagens aleatórias</li> </ol> <p>● K-Means (Não-Supervisionado):      ✓ Apresentou a melhor relação custo-benefício imediato.      ✓ Segmentou corretamente os corpos hídricos pela estatística dos pixels, sem necessidade de treinamento prévio ou anotação manual.</p>	Ano	Aqua (%)	Vegetação Densa (%)	Vegetação Rasteira (%)	Solo Exposto (%)	2021	41.9%	30.5%	19.7%	7.9%	2022	43.1%	29.8%	19.1%	7.9%	2023	38.5%	33.8%	18.3%	8.3%	2024	41.2%	31.6%	18.5%	8.6%	2025	40.6%	31.9%	18.8%	7.4%	<p>VALIDAÇÃO: RECOMENDAÇÕES PARA AUDITORIA.</p> <p>CONTROLE DE QUALIDADE: EVOLUÇÃO TEMPORAL DA COBERTURA DO SOLO.</p>
Ano	Aqua (%)	Vegetação Densa (%)	Vegetação Rasteira (%)	Solo Exposto (%)																												
2021	41.9%	30.5%	19.7%	7.9%																												
2022	43.1%	29.8%	19.1%	7.9%																												
2023	38.5%	33.8%	18.3%	8.3%																												
2024	41.2%	31.6%	18.5%	8.6%																												
2025	40.6%	31.9%	18.8%	7.4%																												
EXECUÇÃO		TREINAMENTO	APRENDIZADO																													
<p><b>C</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Abordagem Aprendizado Profundo</li> <li>YOLO 8</li> <li>Aplicação (Dataset de Imagens)</li> <li>Análise de métricas</li> </ul>	<p>train/box_loss, train/seg_loss, train/cls_loss, train/dfl_loss, val/box_loss, val/seg_loss, val/cls_loss, val/dfl_loss.</p> <p>● identificando o ponto ótimo entre treino e generalização.</p>	<p>YOLOv8-Seg (Supervisionado):      ✓ Demonstrou potencial de aprendizado, mas esbarrou no desafio de escassez de dados rotulados.      ✓ Evidenciou que, para superar a precisão dos métodos clássicos neste contexto, é necessário um dataset massivo e curadoria humana.</p>																														
<p> <a href="https://github.com/renatogo-sc/Visao_computacional">https://github.com/renatogo-sc/Visao_computacional</a> <a href="https://www.youtube.com/@contador_renatogo">https://www.youtube.com/@contador_renatogo</a></p>																																
<p>Disciplina Visão Computacional   PPGCC   USFC 2025.2      Renato G.O.   Mestrado em Contabilidade - PPGC   UFSC      08-dez-25   renato.go@posgrad.ufsc.br</p>																																