

# Desenvolvimento de uma plataforma integrada para análise dos níveis de ruído rodoviário

Pedro Henrique Nunes Zanette, Vítor Kurth Vasconcellos Ferreira, Sara Rotenski Pereira, Wagner de Sousa Santos (Orientador), Gabriel Pelizzaro Pereira (Coorientador)

Escola SESI, Florianópolis - SC

## RESUMO

Este estudo propõe uma solução inovadora para o problema do ruído rodoviário por meio do desenvolvimento de uma plataforma computacional que utiliza inteligência artificial (IA) e visão computacional para automatizar a contagem e classificação de veículos em rodovias. A plataforma inclui uma calculadora que estima os níveis de ruído com base em modelos matemáticos de referência internacional, como Hanc e Johnson, focando na análise do impacto do tráfego de veículos na poluição sonora, que afeta a saúde da população. A metodologia envolve a aplicação de algoritmos de aprendizado profundo (*deep learning*) com a arquitetura YOLO V8 (*You Only Look Once*) para detecção de objetos em vídeos. A IA foi desenvolvida em Python, enquanto a plataforma foi implementada em TypeScript, garantindo robustez e segurança. A validação foi realizada com métricas de visão computacional, como precisão (*precision*), recall e mAP50. Os resultados indicam uma precisão média de 0.722%, um recall de 0.544 e um mAP50 de 0.608, refletindo bom desempenho na identificação de veículos, mas apontando a necessidade de melhorias na detecção de classes menos representadas, como vans e ônibus. A ferramenta final oferece uma solução acessível e eficaz para o monitoramento da poluição sonora, beneficiando áreas urbanas afetadas pelo tráfego.

Palavras-Chave: Ruído Rodoviário, Inteligência Artificial, Calculadora.

## I. INTRODUÇÃO

A poluição sonora causada pelo tráfego excessivo de veículos nas rodovias, estradas e ruas das cidades é um problema ambiental gravíssimo. O ruído gerado pelos veículos pode ter impactos negativos à saúde física e mental das pessoas, além de afetar a qualidade de vida e o bem-estar geral da população. Os efeitos do ruído de tráfego incluem distúrbios do sono, estresse, perda auditiva, problemas cardiovasculares e interferência nas atividades diárias.

Apesar da necessidade urgente de uma inovação que possa solucionar e ajudar na resolução da problemática, existe uma grande falta de atenção a essa questão e de ferramentas que de alguma forma ajudem na causa, muitas vezes não existindo ou sendo de difícil acesso por parte da população, acarretando em uma desistência para a procura de uma resolução. Essas

informações são essenciais para pesquisas acadêmicas e profissionais que buscam investigar o assunto e também para políticas públicas, já que para que elas aconteçam, a coleta de dados é necessária.

Com isso, propõe-se desenvolver essa plataforma com a utilização da inteligência artificial que permitirá de forma automatizada e precisa, a contagem e classificação de veículos em vídeos enviados pelo usuário da plataforma, utilizando métodos de visão computacional, *machine learning* (Brown, 2021), *deep learning* e ferramentas como YOLO V8. Dentro da plataforma, o usuário também encontrará a calculadora dos níveis de ruído rodoviário (SANTOS, 2023), que utilizará modelos matemáticos como Galloway, Hanc e outros, com cada um utilizando e reiterando diferentes parâmetros, como a quantidade total de veículos na rodovia e a porcentagem de veículos pesados em tráfego. Esses dados serão obtidos por meio da inteligência artificial. A validação da plataforma foi feita por métricas como Recall (RODRIGUES, 2019), *Precision*, mAP 50 e mAP 50-95, obtendo um desempenho robusto e preciso da ferramenta.

## II OBJETIVO E QUESTÃO PROBLEMA

O objetivo principal deste trabalho é desenvolver uma plataforma que utiliza inteligência artificial e visão computacional para automatizar a contagem e classificação de veículos em rodovias, além de fornecer uma calculadora dos níveis de ruído rodoviário. A plataforma visa oferecer uma análise precisa e acessível da poluição sonora causada pelo tráfego. A pesquisa está estruturada com os seguintes objetivos:

1. Desenvolver uma inteligência artificial de aprendizado profundo para a contagem e classificação automática de veículos em vídeos, utilizando a arquitetura YOLO V8.
2. Implementar uma calculadora de níveis de ruído baseada em modelos matemáticos reconhecidos, como Hanc e Johnson, para estimar a poluição sonora gerada pelo tráfego.
3. Validar a precisão da plataforma por meio de métricas de visão computacional, como precisão (*precision*), recall e mAP50, assegurando um desempenho eficaz na identificação de diferentes classes de veículos.

A questão problema que orienta a pesquisa é: como integrar técnicas de inteligência artificial, visão computacional e modelos matemáticos de ruído para fornecer uma análise automatizada, eficiente e precisa dos veículos e dos níveis de poluição sonora nas rodovias?

### III DESCRIÇÃO DOS MATERIAIS E MÉTODOS

Nesta seção, é apresentado sobre o método de engenharia, no qual atende as necessidades de proporcionar a solução do ruído rodoviário, que impacta a vida das pessoas no espaço urbano e das comunidades que, como a resolução para o problema se concretizou depois de discussões do desenvolvimento da plataforma de análise de ruído rodoviário, que inclui a contagem e classificação de veículos por meio de inteligência artificial e uma calculadora dos níveis de ruído baseada em modelos matemáticos, que poderá solucionar o problema do ruído rodoviário proporcionando a plataforma para pesquisas acadêmicas, uso pessoal e viabilizando a criação e políticas públicas. Nesta seção inclui também a pesquisa bibliográfica, contextualização, coleta de dados e desenvolvimento. O projeto de pesquisa também engloba 3 ODS (Objetivos de Desenvolvimento Sustentável), boa saúde e bem-estar, já que há preocupação com a saúde das pessoas impactadas com o ruído rodoviário, indústria inovação e infraestrutura já que há a produção de uma possível nova inovação do problema do ruído rodoviário e como principal ODS cidades e comunidades sustentáveis, já que o maior foco é melhorar o ruído urbano das grandes cidades e rodovias, que é o maior objetivo do projeto.

#### A. Pesquisa Bibliográfica

Para entender melhor como desenvolver da maneira mais eficaz a plataforma e a inteligência artificial, foram revisados artigos, livros e estudos científicos que abordavam temas como o que é acústica e ruído, visão computacional, *deep learning*, *machine learning* e outros.

#### B. Contextualização

A Acústica é a ciência do som, incluindo sua geração, transmissão e efeitos (BISTAFA, 2011), e nela encontra-se o ruído, que é qualquer som indesejado ou perturbador que pode causar desconforto e impactar negativamente a saúde e o bem-estar. Obviamente nem sempre o ruído vai ser algo necessariamente ruim, sinais de ambulância, carros de bombeiro e polícia que estão atrelados ao ruído rodoviário desempenham um papel importante para avisar os veículos da pista a abrir caminho, mas de resto o ruído provindo das rodovias atrapalham de diversas maneiras, na saúde e vida da população. Por isso, existe a urgência de encontrar um controle desse ruído, e com o desenvolvimento da plataforma percebe-se que para preencher todos os requisitos dos modelos matemáticos que medem o ruído rodoviário é necessário desenvolver também uma inteligência artificial para contar e classificar os veículos e obter os dados necessários. Inteligência artificial (IA) é um conceito que se refere à capacidade de uma máquina de executar uma tarefa que anteriormente exigiria inteligência humana (DIAZ, 2023),

Inteligências artificiais se utilizam de assuntos como *deep learning* e *machine learning*, que, respectivamente, representam um subcampo de aprendizado profundo baseado em redes neurais complexas para reconhecer padrões em grandes volumes de dados, e um método mais amplo de aprendizado de máquina que permite que algoritmos aprendam e façam previsões ou decisões baseadas em dados sem serem explicitamente programados para cada tarefa, essas foram temáticas utilizadas para compreender melhor como desenvolver uma IA que desempenhasse o papel necessário.

#### C. Modelos Matemáticos escolhidos

Os modelos selecionados para implementação na plataforma calculadora incluem:

1. *HANC - Handbook of Acoustic Noise Control (1952)*
2. *Griffiths and Langdon Method (1968)*
3. *Johnson e Saunders (1968)*
4. *Galloway et al. (1969)*
5. *CSTB - Centre Scientifique et Technique du Bâtiment (1991)*
6. *Burguess (1977)*
7. *Bolt, Beranek e Newman (1952)*

Esses modelos são essenciais para a calculadora de níveis de ruído da plataforma, que se baseia em dados obtidos pela inteligência artificial. O modelo de Bolt, Beranek e Newman, por exemplo, é crucial para a predição do nível de pressão sonora, com aplicabilidade específica para diferentes velocidades e distâncias de medição.

#### D. Coleta de dados e desenvolvimento

Para treinar a IA foram realizadas pesquisas de campo na beira mar em Florianópolis - SC coletando dados para o treinamento dos modelos, analisando atentamente os dados coletados representados no Gráfico (1) durante o treinamento da inteligência artificial, destaca-se uma notável predominância de instâncias que estão relacionadas a veículos automotores no conjunto de treino. Tal predominância suscita reflexões significativas sobre a influência dessa representatividade majoritária de carros nos resultados obtidos. Em particular, é possível inferir que a prevalência desse tipo de dado pode ter impactos substanciais na precisão e demais métricas associadas às diferentes classes do modelo. Além disso, é relevante considerar como a presença predominante de carros pode contribuir para a complexidade do ambiente acústico, influenciando diretamente o nível de ruído ambiental.

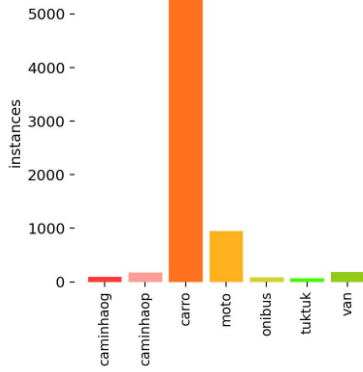


Gráfico 1 - Instâncias de cada classe.  
Autor (2024)

Após a coleta de dados, foi iniciado o desenvolvimento do primeiro protótipo, com o objetivo principal de selecionar quais tecnologias e linguagens de programação seriam utilizadas para a primeira versão. A linguagem de programação escolhida para a IA foi Python, devido à sua versatilidade com outras tecnologias e à facilidade de desenvolver sistemas de IA com detecção de objetos, uma tecnologia utilizada para a detecção dos objetos nos vídeos foi o YOLO (*You Only Look Once*) (CHABLANI, 2017) que é uma arquitetura de detecção de objetos em imagens baseada em redes neurais convolucionais (CNNs). Ao contrário de outros métodos que realizam detecção em várias propostas de região, o YOLO divide a imagem de entrada em uma grade e gera previsões para cada célula da grade, depois foi feita a implementação do protótipo utilizando as tecnologias selecionadas para efetuar a contagem e classificação dos veículos. Após realizar uma contagem e classificação manual de veículos, foram feitas comparações com os dados obtidos com o modelo para validar o protótipo, a partir da comparação da contagem manual e da validação da IA com vídeos e métricas como observado na Figura (1).

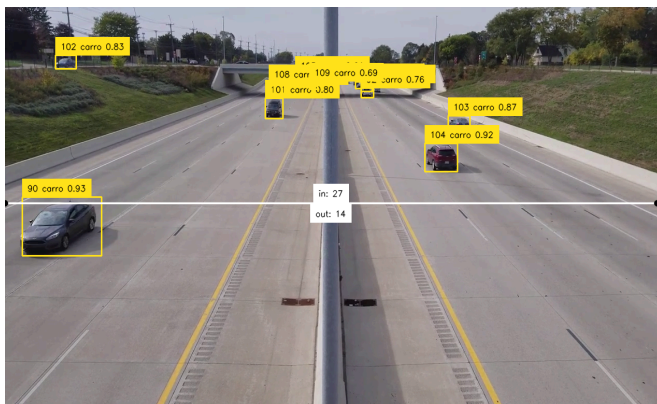


Figura 1 - Modelo de Contagem e Classificação  
Autor (2024)

Além do desenvolvimento da IA, também foi desenvolvido a plataforma calculadora dos níveis de ruído rodoviário

representada na Figura (2), desenvolvendo ela com TypeScript que é uma linguagem de programação que oferece uma combinação poderosa de tipagem estática e ferramentas avançadas que aumentam a segurança e a robustez do código. A tipagem estática permite identificar erros durante o desenvolvimento, antes mesmo da execução, o que facilita a manutenção e escalabilidade da plataforma, o que proporciona flexibilidade, enquanto melhora a clareza e previsibilidade do código, especialmente em um projeto complexo como o uso de inteligência artificial e visão computacional para análise de tráfego e ruído rodoviário.

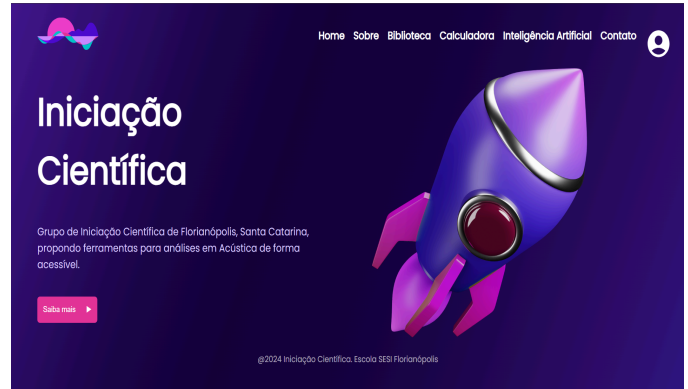


Figura 2 - Tela Inicial do Site  
Autor (2024)

#### IV RESULTADOS E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

Os resultados obtidos por meio de treinamento e testes refletem a qualidade da IA, os testes foram feitos em um campo de modelo de visão computacional (IBM, 2023) para a contagem e classificação de veículos em vídeos, a avaliação dos testes e do treinamento foram realizados a partir de algumas métricas reconhecidas e confiáveis no meio da visão computacional.

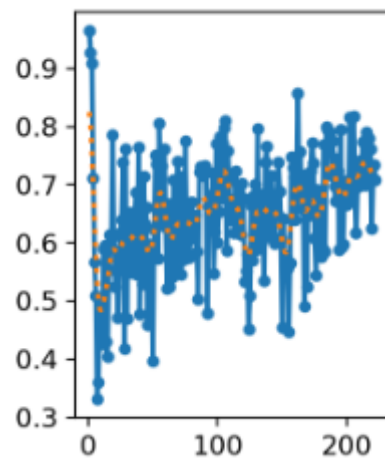


Gráfico 2 - Precision  
Autor (2024)

Uma das métricas usadas para testes assim é a precisão (*precision*), observada no Gráfico (2), ela avalia a proporção de detecções corretas em relação ao total de detecções, ela é calculada pela divisão do número de verdadeiros positivos pelo número total de detecções, incluindo verdadeiros positivos e falsos positivos, a Equação (1) é representada da seguinte forma:

Equação(1)

$$TP / (TP + FP)$$

A métrica de precisão do modelo, com uma média de 0.722% para todas as classes, conforme ilustrado no Gráfico (2), fornece uma medida confiável da capacidade do modelo em identificar corretamente os objetos de interesse nas imagens. Esse valor reflete a precisão das detecções feitas e é um indicador importante do desempenho em tarefas de visão computacional. No entanto, para uma avaliação mais completa, é essencial considerar outras métricas, como o recall, para obter uma visão mais abrangente sobre o desempenho geral do sistema.

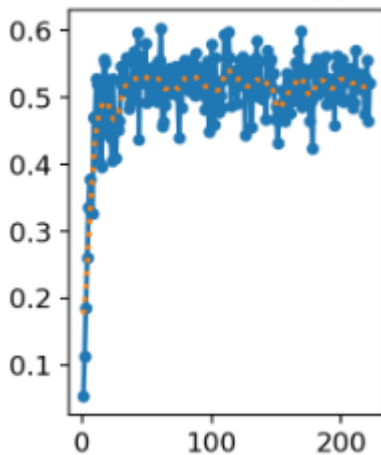


Gráfico 3 - Recall

Autor (2024)

O recall é uma métrica fundamental que mede a proporção de objetos reais corretamente detectados pelo sistema. Para calcular essa métrica, divide-se o número de verdadeiros positivos pelo número total de objetos reais presentes na cena, conforme exemplificado na Equação (2).

Equação (2)

$$TP / (TP + FN)$$

O modelo apresentou um recall de 0,544, de acordo com o Gráfico (3). Essa métrica ajuda a entender como o sistema consegue identificar todos os objetos importantes em uma cena e mostra se o modelo consegue evitar que objetos reais

fiquem sem ser detectados. Para uma análise completa do desempenho da solução de visão computacional, é importante combinar o recall com a precisão, para obter uma visão mais clara da eficácia do modelo.

O mAP50 (*mean average precision at 50*) (Hui, 2018) é uma métrica observada no Gráfico (4) que abrange e desempenha um papel fundamental na avaliação do desempenho de modelos de visão computacional. Ela representa uma combinação equilibrada entre precisão e recall, calculada em uma variedade de limiares (thresholds) para garantir uma análise completa do sistema.

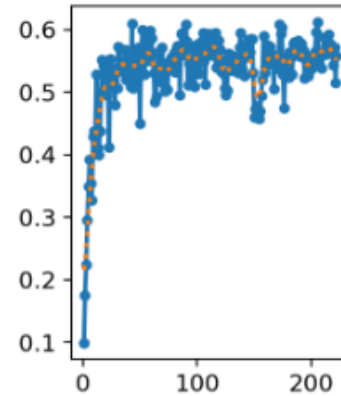


Gráfico 4 - mAP50

Autor (2024)

A métrica de mAP50 oferece uma visão abrangente da capacidade do modelo em lidar com diferentes níveis de recall, proporcionando uma compreensão sólida de como o sistema se comporta em várias situações. Ela é particularmente valiosa em cenários onde é necessário um equilíbrio entre a detecção de objetos e a minimização de falsos positivos. O valor de 0.608 obtido reflete a eficiência do modelo em manter uma alta precisão enquanto mantém um nível adequado de recall.

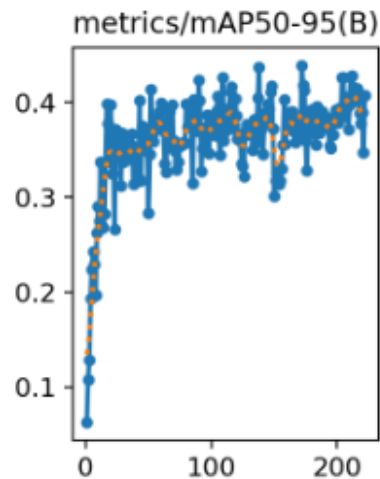


Gráfico 5 - mAP50-95

Autor (2024)



O mAP50-95 (*mean Average Precision from 50% to 95% recall*) representada pelo Gráfico (5) é uma métrica ainda mais abrangente que considera um intervalo mais amplo de valores de recall, variando de 50% a 95%. Isso permite uma análise minuciosa do desempenho do sistema em uma ampla gama de situações, garantindo que o modelo seja consistente em detectar objetos em diferentes condições.

Agora para um melhor entendimento do desempenho do modelo em relação a cada classe de veículos, nos quais são:

- 1) Carro
- 2) Moto
- 3) CaminhãoP
- 4) CaminhãoG
- 5) Van
- 6) Onibus
- 7) TukTuk

Pode-se observar outros gráficos para melhor visualização dos resultados alcançados em comparação com cada veículo e assim compreender a eficiência e limitações da nossa Inteligência Artificial em cada classe de veículo nos treinamentos de validação do modelo.

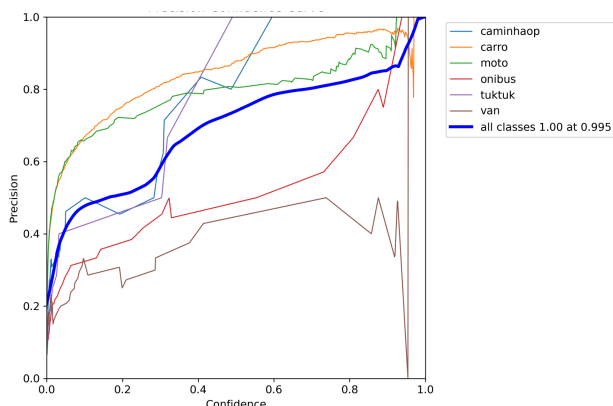


Gráfico 6 - Curva de Precisão do Modelo  
Autor (2024)

Com o gráfico (6) é possível observar mais atentamente cada instância de veículo e tirar algumas conclusões do primeiro modelo da inteligência artificial, ela apresenta um comportamento insatisfatório em classes com menos dados do Gráfico (1), como na classe Van que apresenta picos e quedas mais expressivos que a classe carro que possui uma curva mais suave, demonstrando que o modelo possui maior dificuldade em classificar Vans ou ônibus e mais facilidade em classificar carros e motos, então se compreende que para a eficácia do modelo deve-se aperfeiçoar a IA alimentando o banco de dados para satisfazer os parâmetros requeridos na calculadora de níveis de ruído rodoviário, como por exemplo na porcentagem de veículos pesados, o qual impacta no resultado de um dos modelos de cálculo de ruído da calculadora.

## V. CONCLUSÕES

Este estudo demonstra a viabilidade de uma plataforma computacional que integra inteligência artificial e visão computacional para enfrentar o problema do ruído rodoviário, uma questão ambiental crítica que afeta a saúde e o bem-estar da população. Através da automatização da contagem e classificação de veículos, combinada com uma calculadora de níveis de ruído baseada em modelos matemáticos reconhecidos, a plataforma se mostra uma ferramenta eficaz e acessível para o monitoramento de poluição sonora. Os resultados obtidos durante o desenvolvimento indicam que a plataforma possui um desempenho robusto, com métricas de precisão e recall que, embora satisfatórias, revelam a necessidade de um aprimoramento contínuo, especialmente nas classes de veículos menos representadas. Essa limitação destaca a importância de uma coleta de dados diversificada e representativa para otimizar a eficácia da inteligência artificial. Além de contribuir para o entendimento do impacto do tráfego de veículos na poluição sonora, a plataforma pode servir como um recurso valioso para formuladores de políticas públicas e pesquisadores, oferecendo dados concretos que fundamentam ações para a mitigação do ruído nas áreas urbanas e suburbanas. Em suma, a solução proposta não só avança na análise da poluição sonora, mas também representa um passo significativo em direção a um ambiente urbano mais saudável e sustentável.

## VI. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BISTABA, S. R. *Acústica Aplicada ao Controle do Ruído*. 2. ed. São Paulo: Editora Edgard Blucher, 2011.
- Brown, S. (2021, 21 de abril). *Machine learning, explained*. Disponível em <[https://mitsloan.mit.edu/ideas-made-to-matter/machine-learning-explained?gad=1&gclid=Cj0KCQjwwISIBhD6ARIsAESAmP6wNOvh8vn8G-VxDI74jR3y2kV-aQz2rb2B1JUP-wsNm3RCoezXfnAaAnmGEALw\\_wcB](https://mitsloan.mit.edu/ideas-made-to-matter/machine-learning-explained?gad=1&gclid=Cj0KCQjwwISIBhD6ARIsAESAmP6wNOvh8vn8G-VxDI74jR3y2kV-aQz2rb2B1JUP-wsNm3RCoezXfnAaAnmGEALw_wcB)>. Acesso em: 10 de abr. de 2024.
- CHABLANI, Manish. *YOLO. You only look once, real time object detection explained*. Towards Data Science, v. 21, 2017.
- Diaz, M. (2023, 21 de abril). *What is AI? Everything to know about artificial intelligence*. Disponível em <<https://www.zdnet.com/article/what-is-ai-heres-everything-you-need-to-know-about-artificial-intelligence>>.
- RODRIGUES, V. *Métricas de Avaliação: acurácia, precisão, recall... quais as diferenças?* Disponível em: <<https://vitorborbarodrigues.medium.com/m%C3%A9tricas-de-avalia%C3%A7%C3%A3o-acur%C3%A1cia-precis%C3%A3o-recall-quais-as-diferen%C3%A7as-c8f05e0a513c>>. Acesso em: 10 de abr. de 2024.
- Hui, J. (2018). *mAP (mean Average Precision) for Object Detection*. Disponível em <<https://jonathan-hui.medium>>

um.com/map-mean-average-precision-for-object-detection-45c121a31173>. Acesso em: 10 de abr. de 2024

IBM (2023). What is computer vision?. Disponível em: <<https://www.ibm.com/topics/computer-vision>>. Acesso em: 03 de abr. de 2024.

SANTOS, W. S. Desenvolvimento de uma plataforma calculadora para análise dos níveis de ruído rodoviário. Revista Científica Multidisciplinar Núcleo do Conhecimento, v. 01, n. 03, p. 74–89, 8 mar. 2024.

#### BIOGRAFIAS



**Pedro Henrique Nunes Zanette** nasceu em Florianópolis em 2006, atualmente é estudante do 3º ano no curso técnico em desenvolvimento de sistemas no Sesi, se interessa na área de investimentos e administração, pretende ingressar na Universidade Federal de Santa Catarina no curso de ciência da computação para aumentar seu conhecimento e seguir carreira.

O estudante já participou da FEBIC (Feira Brasileira de Iniciação Científica) com o projeto de mesmo nome do desenvolvimento de uma plataforma para análise dos níveis de ruído rodoviário, onde foi premiado com o prêmio de melhor banner (exposição) e um credenciamento para a Copa Science em Guadalajara no México. Esse mesmo trabalho também recebeu um credenciamento para a FENIC 2024 (Feira Nacional de Iniciação Científica), em Salvador, capital da Bahia.



**Vitor Kurth V. Ferreira** nasceu em Florianópolis em 2007, atualmente é estudante do 3º ano no curso técnico em Desenvolvimento de Sistemas na Escola Sesi, se interessa em entrar na Universidade Federal de Santa Catarina no curso de ciência da computação e seguir a carreira.

O estudante já participou da FEBIC (Feira Brasileira de Iniciação Científica) com o projeto de mesmo nome do desenvolvimento de uma plataforma para análise dos níveis de ruído rodoviário, onde foi premiado com o prêmio de melhor banner (exposição) e um credenciamento para a Copa Science em Guadalajara no México. Esse mesmo trabalho também recebeu um credenciamento para a FENIC 2024 (Feira

Nacional de Iniciação Científica), em Salvador, capital da Bahia.



**Sara Rotenski Pereira** nasceu em Florianópolis em 2007, atualmente é estudante do 2º ano no curso técnico em Desenvolvimento de Sistemas na Escola Sesi, se interessa em entrar na Universidade Federal de Santa Catarina no curso de medicina e seguir a carreira como médica.

A estudante já participou da FEBIC (Feira Brasileira de Iniciação Científica) com o projeto de mesmo nome do desenvolvimento de uma plataforma para análise dos níveis de ruído rodoviário, onde foi premiada com o prêmio de melhor banner (exposição) e recebeu um credenciamento para a Copa Science em Guadalajara, no México. Esse mesmo trabalho também recebeu um credenciamento para a FENIC 2024 (Feira Nacional de Iniciação Científica), em Salvador, capital da Bahia. Além disso, Sara possui uma menção honrosa na OBMEP 2022 (Olimpíada Brasileira de Matemática).