

Capítulo I – Desenvolvimento de um Triciclo Elétrico Adaptado para Cadeirantes como estratégia para a melhoria da acessibilidade integrando recursos de Inteligência Artificial

Prof. MS.c. Renato Kazuo Miyamoto¹

Prof. Esp. Fabio Rodrigo Milanez²

Prof. Dr. Rodolfo A. Hildebrandt³

Prof. Vicente de Lima Gongora⁴

Prof. Esp. Wesley Candido da Silva⁵

RESUMO

Segundo dados publicados no Censo 2020, apurados pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), para o ano base de 2019 um percentual de aproximadamente 25% da população brasileira têm algum tipo de deficiência. Desse montante, os que apresentam deficiência física nos membros inferiores se aproximam de 3,8%, que reflete em quase 7,8 milhões de pessoas. Nesse sentido, a proposta deste trabalho direciona-se ao desenvolvimento de um triciclo elétrico adaptado para cadeirantes, como uma estratégia que possa contribuir para a melhoria da acessibilidade de pessoas deficientes físicas de membros inferiores. Para isso, um triciclo elétrico sustentável que utiliza fonte renovável de energia foi construído. Posteriormente, algumas adaptações mecânicas estão previstas para que seja possível que um cadeirante possa transitar entre locais e realizar atividades rotineiras, tal qual faria com o auxílio de um veículo automotivo. Para que um cadeirante utilize um veículo automotivo para se locomover, geralmente são necessárias adaptações no veículo e ainda a ação de montar/desmontar a cadeira de rodas. O protótipo dispensa essas necessidades, e pode promover a melhoria da qualidade de vida dessas pessoas. Adicionalmente, recursos de Inteligência Artificial podem auxiliar em uma solução digital como tecnologia assistiva.

¹ Docente Faculdade da Indústria SENAI Londrina.. E-mail: renato.miyamoto@sistemafiep.org.br

² Docente Faculdade da Indústria SENAI Londrina.. E-mail: fabio.milanez@sistemafiep.org.br

³ Docente Faculdade da Indústria SENAI Londrina.. E-mail: Rodolfo.hildebrandt@sistemafiep.org.br

⁴ Docente Faculdade da Indústria SENAI Londrina.. E-mail: vicente.gongora@sistemafiep.org.br

⁵ Docente Faculdade da Indústria SENAI Londrina. e-mail: wesley.candido@sistemafiep.org.br

Palavras-chave: Tecnologia Assitiva, Acessibilidade, Triciclo elétrico, Inteligência Artificial.

1. INTRODUÇÃO

De acordo com o Estatuto da Pessoa com Deficiência sancionada através da Lei n.13.146/2015, no art.º.53 fica previsto a acessibilidade, ou seja, o direito que favorece a pessoa com deficiência ou mobilidade reduzida de viver de modo independente e exercer os plenos direitos de cidadão. Para garantir esses direitos, pode-se empregar alguns recursos de tecnologia assistiva, por meio de adoções de soluções digitais, ou da utilização de produtos e serviços (LEITE; RIBEIRO; FILHO, 2019).

Nesse cenário, as pessoas que têm deficiência física nos membros inferiores representam aproximadamente 3,8% da população brasileira (IBGE, 2021). Em contrapartida, em vias de comparação, nas cidades brasileiras, apenas 4,8% das calçadas são adaptadas para pessoas com deficiência física (FILHO, 2021). Esse fato pode contribuir com a redução da mobilidade urbana dessas pessoas.

Assim, diante dessa problemática, destaca-se a importância de uma análise de metodologias para a melhoria da mobilidade urbana destinada a essas pessoas. O transporte público pelo ônibus é utilizado por cerca de 96% das pessoas com deficiência física nos membros inferiores para se locomover dentro das cidades. Os demais 4% são representados pela mobilidade empregando outros tipos de transportes, tais quais metrô, táxi e veículos próprios (PHILIPPI, BRUNA, 2019). Para realizar uma adaptação em um veículo automotivo, os custos podem se aproximar de R\$20 mil, e em alguns casos, há a necessidade de montar e desmontar a cadeira de rodas durante o processo de locomoção (BRANCO; SZWARC; BRANCO, 2012).

Alguns fabricantes de bicicletas elétricas incluíram em seus catálogos de venda, modelos de triciclos elétricos adaptados para cadeirantes. O valor de venda parte de R\$ 11,2mil, e ainda há a necessidade da movimentação da pessoa entre a cadeira de rodas convencional até o assento do triciclo elétrico, e em alguns casos, há a necessidade do auxílio de uma segunda pessoa nesse processo (SUPERFISIO, 2022).

Assim, a proposta desse trabalho destina-se a desenvolver um triciclo elétrico adaptado para cadeirantes, em que não haja a necessidade da troca entre os

assentos. Deste modo, uma cadeira de rodas convencional pode ser acoplada na estrutura. Este fato pode contribuir para uma maior independência do cadeirante. Adicionalmente, há a preocupação relacionada ao desenvolvimento sustentável, através de estratégias de geração de energia elétrica a partir da fonte renovável solar operando em conjunto com o armazenamento de energia elétrica em baterias.

Outro diferencial deste protótipo, está relacionado a aplicação de recursos de Inteligência Artificial (IA) destinada a visão computacional, como solução digital para a melhoria da segurança do triciclo. Para isso, um microcontrolador opera em conjunto com um módulo de uma câmera de alta resolução posicionada no triciclo. Através de recursos computacionais de aprendizagem, é possível identificar se a cadeira de rodas está posicionada de modo seguro que garanta a segurança do usuário (ROBERTS, 2010). Ainda, esse recurso pode ser utilizado na identificação facial, contribuindo com uma segurança adicional ao usuário. Todo esse recurso opera em conjunto com sensores e atuadores, que estabelecem as condições ideais para que o usuário possa locomover-se com o triciclo (FACELI et al., 2021).

Ainda, sistemas de freio eletrônico são previstos para o protótipo, garantindo segurança durante a locomoção e em posição de repouso. Por fim, a proposta possui um viés financeiro através de estratégias de sensoriamento eletrônico e adaptações mecânicas visando uma redução de custos, se tornando competitivo aos triciclos elétricos comerciais existentes no mercado. Vale ressaltar, que em primeiro momento, não há viés comercial, a depender da validação dos critérios e normas estabelecidos pelo INMETRO.

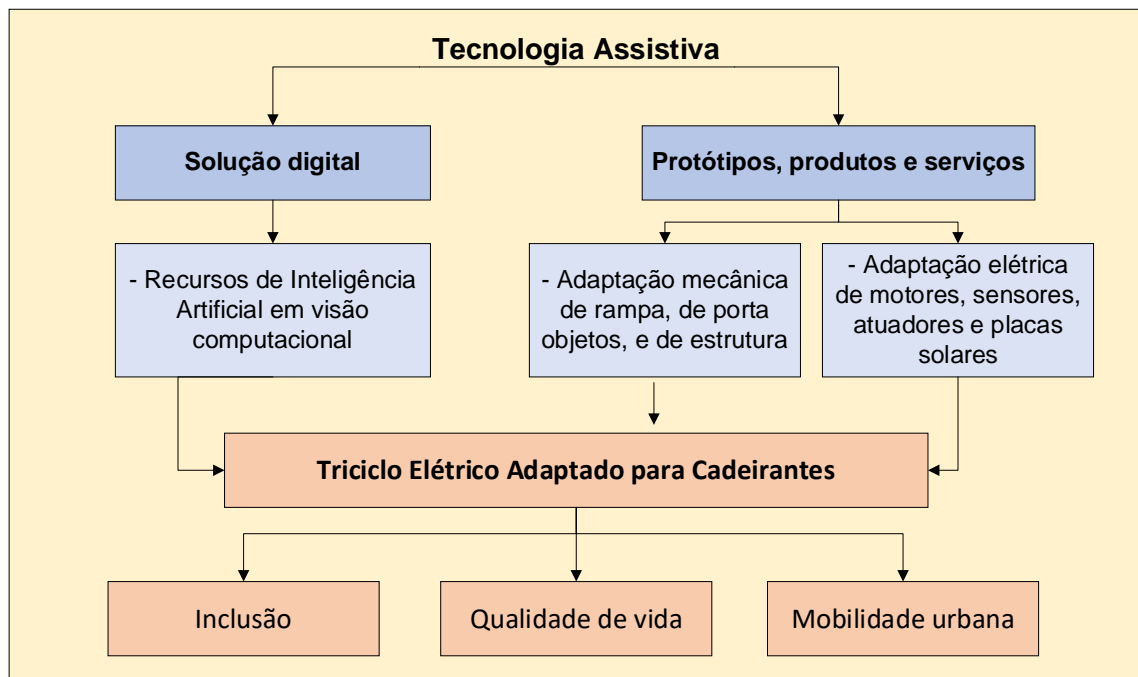
2. JUSTIFICATIVA

Para garantir a acessibilidade de pessoas que apresentam deficiência física nos membros inferiores são necessários um conjunto de ações, recursos e de tecnologias que promovam uma ampliação das habilidades funcionais dessas pessoas e conseqüentemente a melhoria da qualidade de vida. Esses recursos, também são conhecidos como tecnologias assistivas, e podem ser: i) de caráter físico, através do desenvolvimento de protótipos ou produtos; e ii) de caráter digital, através

da aplicação de inovação em tecnologias digitais, como por exemplo a inteligência artificial e internet das coisas.

Do ponto do desenvolvimento de protótipos, esse trabalho utiliza de adaptações mecânicas e elétricas em um triciclo, através da inserção de motores elétricos, de uma placa solar, de sensores e atuadores, e de uma rampa para o cadeirante entrar no triciclo. Do ponto de vista das tecnologias digitais, esse trabalho utiliza recursos de inteligência artificial para a identificação de objetos contribuindo com a segurança do usuário. Ainda, recursos de internet das coisas podem ser utilizados, para envio de informações sobre a autonomia do triciclo, e dos sinais dos sensores e atuadores, diretamente a nuvem. A Figura 1 ilustra a aplicação dessas tecnologias.

Figura 1 – Aplicação da tecnologia assistiva



Fonte: elaborado pelo autor.

Nesse sentido, pensando em proporcionar uma maior independência na mobilidade urbana dessas pessoas, esse trabalho pode contribuir para a melhoria da problemática da acessibilidade de pessoas com deficiência física nos membros inferiores e promover uma maior inclusão, qualidade de vida e mobilidade urbana.

3. OBJETIVOS

Este trabalho tem como objetivo o desenvolvimento de um triciclo elétrico adaptado para cadeirantes, de modo a contribuir com a mobilidade urbana através de recursos de tecnologia assistiva. Os objetivos específicos desse trabalho são apresentados a seguir:

1. Construir um triciclo elétrico adaptado a cadeirantes, que possua um sistema de instrumentação e de segurança;
2. Implementar recursos de Inteligência Artificial de identificação de objetos como estratégia para a melhoria da segurança do usuário;
3. Utilizar a fonte alternativa renovável solar para promover uma eficiência energética e maior autonomia do triciclo;
4. Garantir a segurança do usuário a partir de recursos eletrônicos de freio, sensores de posição e de velocidade.

4. METODOLOGIA

A metodologia utilizada nesse trabalho está fundamentada em uma interdisciplinaridade das áreas de engenharia elétrica, engenharia mecânica e engenharia de software. Assim, para o desenvolvimento do protótipo, utiliza-se da sinergia entre as referidas áreas de pesquisa.

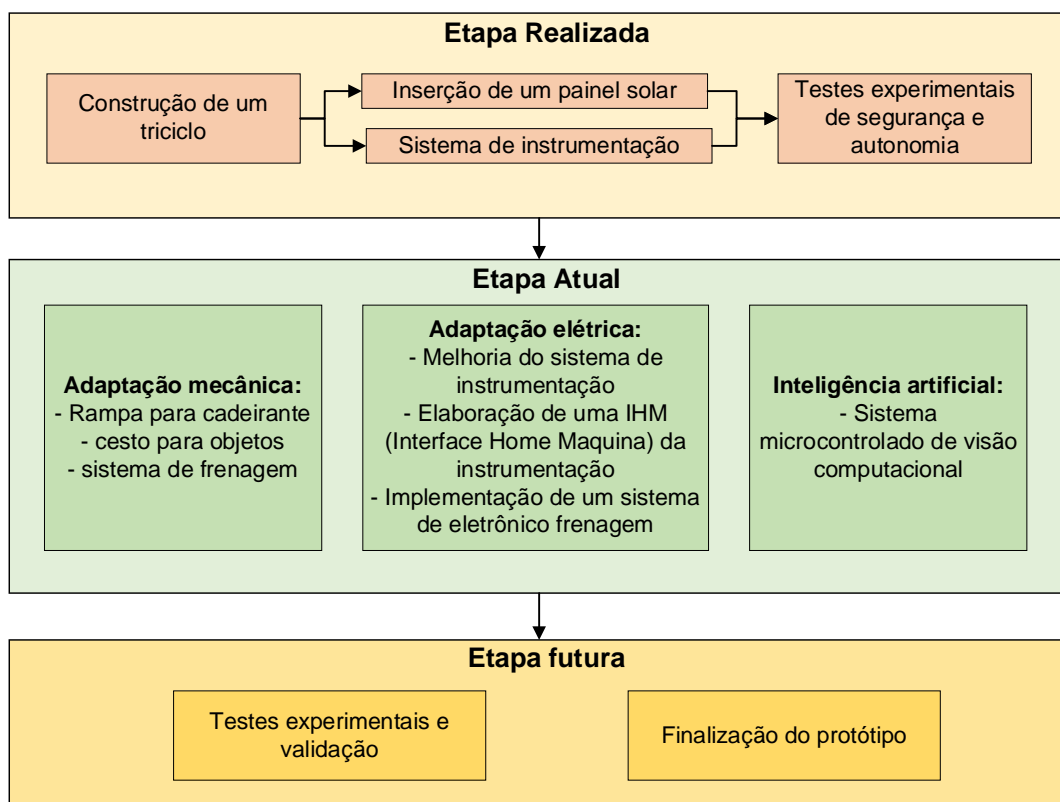
A primeira etapa, já concluída, aconteceu em duas frentes: i) construção de um triciclo utilizando materiais que seriam descartados em empresas da região, como por exemplo ferragem, rodas e guidão, e ii) adaptações elétricas no triciclo. Ambas as frentes não necessitaram de recursos de mão de obra, pois foram realizados por alunos da instituição de ensino, sob orientação de um professor responsável a uma jornada de aprendizagem.

Após o término da construção mecânica do triciclo, as adaptações elétricas para a inserção de motores, do sistema de carregamento de bateria a partir de um painel solar e de um sistema de instrumentação, foi realizado. A ideia de inserir um painel solar destacou-se devido ao cenário atual de sustentabilidade e da aplicação de fontes alternativas renováveis de energia. Assim, embora empregue-se um banco

de baterias, que possui alguns impactos ambientais em seu descarte, a estratégia pode contribuir com uma economia de energia elétrica e uma maior autonomia do triciclo.

Ainda, um sistema de instrumentação, para o monitoramento da velocidade e autonomia do triciclo foi implementado. Ao término das duas primeiras etapas, uma validação experimental foi realizada a partir de uma coleta de informações sobre a segurança e a autonomia do triciclo elétrico. A Figura 2 ilustra as etapas do projeto.

Figura 2 – Etapas do projeto



Fonte: elaborado pelo autor.

Após a validação da primeira etapa, o projeto encontra-se atualmente em três frentes de pesquisa: adaptação mecânica, adaptação elétrica e inteligência artificial. Do ponto de vista mecânico, o objetivo principal é definir uma estratégia de adaptação do triciclo já existente, tornando apto para a acessibilidade aos cadeirantes. Assim, um sistema com uma rampa hidráulica está sendo desenvolvida. Ainda, algumas melhorias no sistema de frenagem estão sendo testadas, bem como a inserção de um cesto para transporte de pequenos objetos.

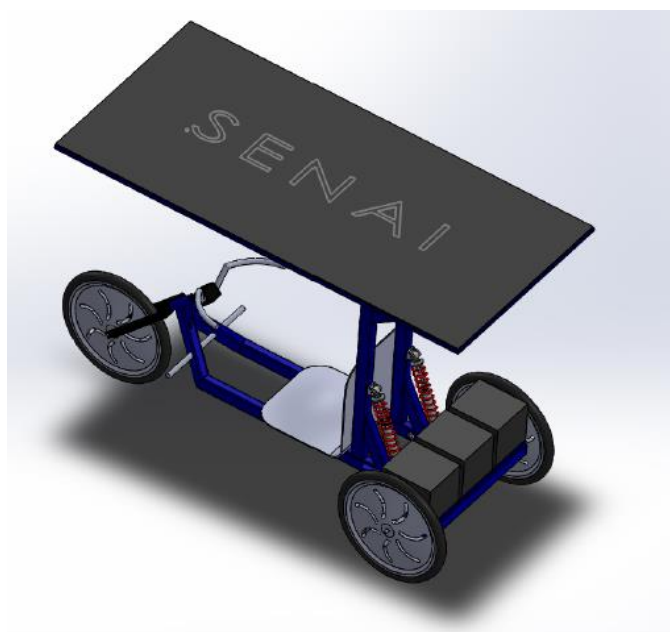
Do ponto de vista elétrico, em conjunto com a melhoria do sistema de frenagem, a comunicação e o controle eletrônico dos freios está sendo desenvolvido. Adicionalmente, uma melhoria do sistema de instrumentação será realizada, de modo a propiciar uma personalização do sistema instrumentado através de uma Interface Homem Máquina. Do ponto de vista da Inteligência Artificial, um sistema microcontrolado de visão computacional encontra-se em etapa de testes, para operar em conjunto com o sistema de instrumentação e de segurança do triciclo.

Como etapa futura, estão previstos a realização de novos ensaios experimentais, para a validação e a finalização do protótipo. A seguir, são apresentados os resultados parciais do trabalho.

5. RESULTADOS PARCIAIS

Nessa seção, são analisados os resultados parciais obtidos nesse trabalho. Assim, inicia-se apresentando as características da etapa que já foi realizada. O primeiro passo está relacionado com o processo de fabricação do triciclo. A Figura 3 ilustra o desenvolvimento do projeto mecânico a partir de uma ferramenta computacional.

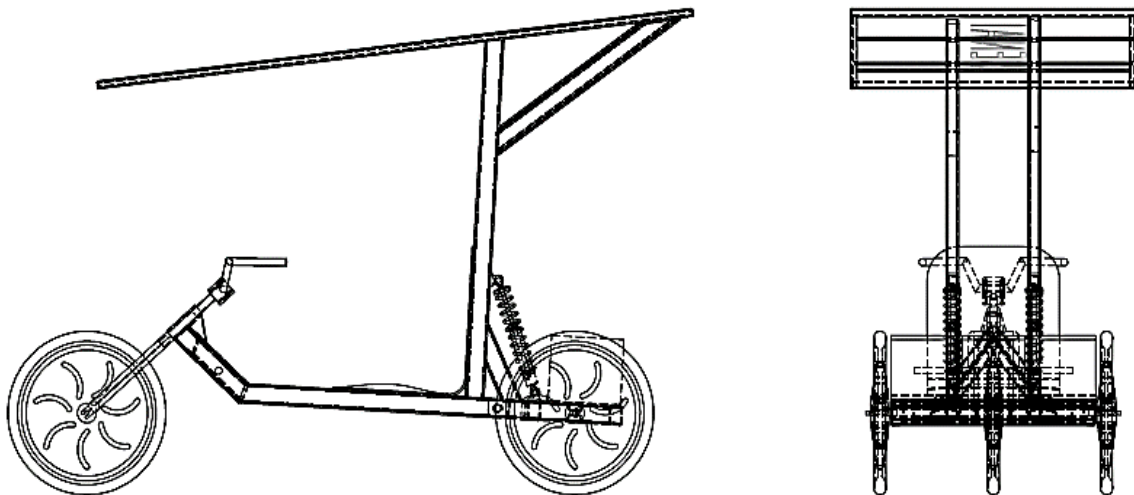
Figura 3 – Projeto do protótipo inicial do triciclo



Fonte: elaborado pelo autor.

Para os testes iniciais, foi previsto a construção de um triciclo a partir de recursos materiais doados por empresas parceiras. Por esse motivo, todo o processo mecânico de construção obteve crescente avanço de acordo com o aumento dos materiais adquiridos. A Figura 4, ilustra as vistas laterais do protótipo inicial. Assim, destaca-se a projeção para a inserção de uma placa solar em cima do triciclo e de um banco de baterias na parte traseira.

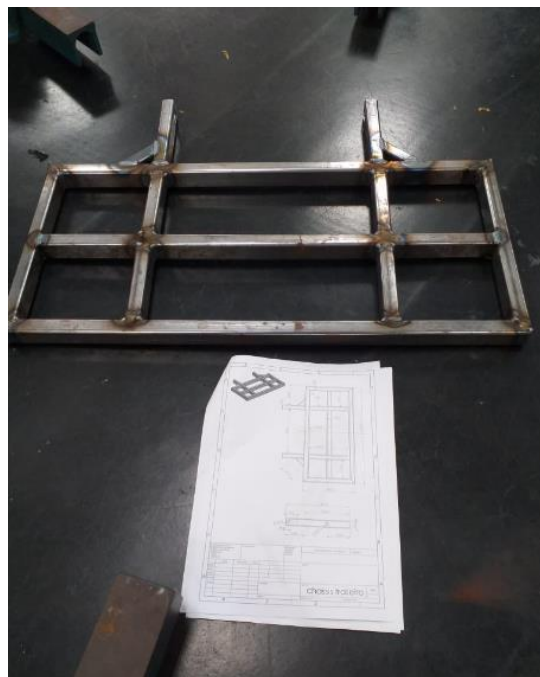
Figura 4 – Projeto do protótipo: vistas laterais



Fonte: elaborado pelo autor.

Posteriormente, iniciou-se a construção do protótipo conforme ilustra a Figura 5.

Figura 5 – Desenvolvimento do protótipo



Fonte: acervo do autor.

Após o término da etapa mecânica, iniciou-se a primeira etapa de adaptações elétricas, por meio da inserção do sistema de instrumentação e da implementação do sistema de baterias, motores e placa solar. A Figura 6, ilustra a estrutura do protótipo, após o término da primeira etapa.

Figura 6 – Estrutura do protótipo, ao término da primeira etapa



Fonte: acervo do autor.

Após testes experimentais, foi identificado uma autonomia de 20km para uma velocidade máxima de 14km/h. A autonomia da bateria pode ser justificada pelo fato de sua vida útil reduzida, haja vista que a bateria foi reutilizada a partir da doação de uma empresa parceira.

Para a continuidade do projeto, observou-se a necessidade de melhoria em instrumentação e em segurança, além da adaptação requerida aos cadeirantes. Desse modo, uma rampa hidráulica deve ser projetada. A Figura 7 ilustra um exemplo de rampa adaptada a cadeirantes. Para adaptá-la ao triciclo elétrico, alguns reforços mecânicos devem ser previstos, e ainda, travas e sensores de segurança para o posicionamento da cadeira pelo usuário.

Figura 7 – Adaptação do triciclo



Fonte: Soluções Industriais. Disponível em:
<<https://acessibilidade.solucoesindustriais.com.br/>>.

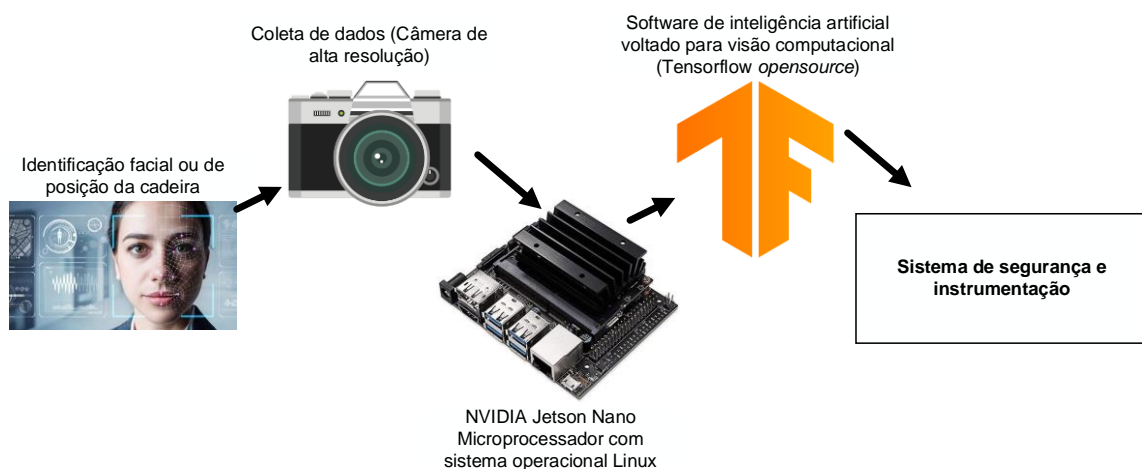
Acesso em 4 fev. 2022.

Com o objetivo da melhoria da segurança ao usuário, um sistema de intertravamento utilizando sensores na base da rampa são previstos. Adicionalmente, um sistema de reconhecimento de imagem através de recursos de inteligência artificial, foi desenvolvida para esse projeto. A ferramenta utiliza eletrônica embarcada e um sistema de visão computacional utilizando algoritmos de inteligência artificial que pode ser utilizado para a classificação e detecção de objetos (NORVIG, 2013).

Para isso, é utilizada uma plataforma de desenvolvimento *opensource* Jetson Nano, que dispõe de um *chip* de alto processamento desenvolvido pela NVIDIA, e possibilita a aplicação de algoritmos de Inteligência Artificial, voltada para visão computacional aplicando a metodologia *Deep Learning* através de redes neurais convolucionais. Assim, pode-se aplicar essa ferramenta para a detecção do correto posicionamento da cadeira na rampa, instruído em conjunto com os sensores. Ainda, há a possibilidade de aplicação de identificação facial para a liberação do usuário. A Figura 8, ilustra a referida ferramenta desenvolvida.

O campo de processamento digital de imagens se refere ao processamento de imagens digitais por auxílio computacional. Assim, uma imagem digital é composta de um número finito de elementos, cada um com uma localização e valores específicos. Esses elementos são chamados de pixel, termo utilizado para a representação de uma imagem digital ou binária (GONZALEZ; WOODS, 2009).

Figura 8 – Sistema de reconhecimento de imagem

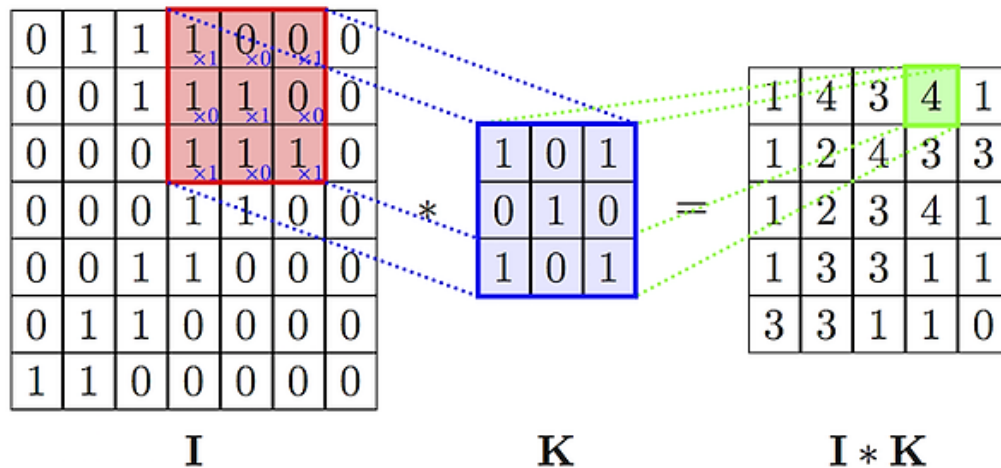


Fonte: elaborado pelo autor.

A classificação de imagem pode ser definida como um modelo binário, no qual o retorno do algoritmo informa se há uma imagem do objeto inserido no treinamento do modelo. Uma das formas de realizar uma classificação de objetos utilizando visão computacional, aplica as Redes Neurais Convolucionais (RNC), que utiliza recursos de filtros de convolução para extrair as características de um objeto a partir de uma

filtragem, resultando em uma menor matriz de pixel, conforme ilustra a Figura 9 (BRANDIZZI, 2020).

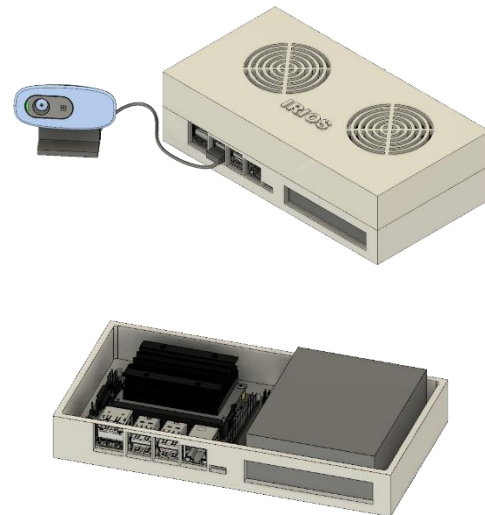
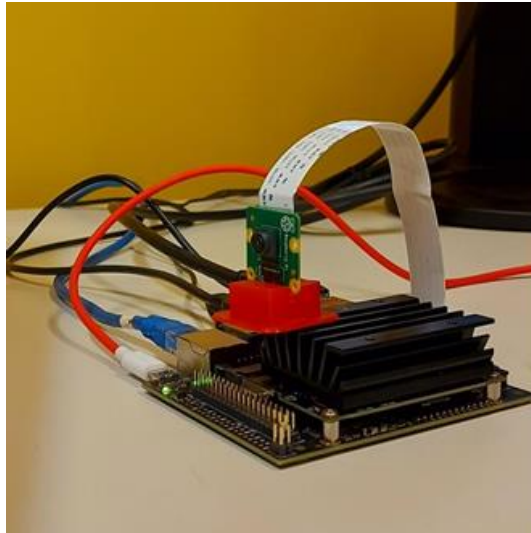
Figura 9 – Filtro de convolução



Fonte: Adaptado de Brandizzi (2020).

Após o treinamento da RNC realizado a partir de um banco de dados, a validação ocorreu com dados nunca treinados anteriormente. O sistema de reconhecimento de imagem apresentou uma taxa de acerto de aproximadamente 74,5%, em ambiente laboratorial controlado. Assim, novos ensaios devem ser realizados para diferentes condições luminosas e de nitidez, garantindo um ambiente com variáveis suficientes para uma melhor precisão durante o treinamento da rede neural aplicada no sistema de visão computacional. O protótipo embarcado está ilustrado na Figura 10.

Figura 10 – Protótipo do sistema de identificação de objetos



Fonte: elaborado pelo autor.

O Quadro 1 apresenta a estimativa de custos majoritário para o protótipo. A coluna “valor real” informa o custo efetivo gasto para cada situação, considerando que alguns recursos e equipamentos foram doados. A coluna “valor orçamento” apresenta um orçamento do tipo balcão, realizado em empresas especializadas com referência 01/2022.

Quadro 1 – Estimativa de custos

Descrição	Valor Real	Valor orçamento
Estrutura mecânica		
Ferro	-	R\$ 200,00
Conjunto de rodas 20” com pneu	-	R\$ 344,00
Elétrica		
Painel solar 450W	-	R\$ 1.300,00
Bateria Estacionária Solar 12v 50ah	-	R\$ 399,00
Controlador universal de triciclos elétricos	R\$839,00	R\$839,00
Sistema farol, seta e freio	R\$ 301,00	R\$ 301,00
Inteligência artificial		
Camera alta resolução	-	R\$ 900,00

NVIDIA Jetson Nano	-	R\$ 2.100,00
Total	R\$ 1.140,00	R\$ 6.382,00

Fonte: elaborado pelo autor.

Do total obtido no quadro de custos, destaca-se a ausência de valores de mão de obra, bem como ferramentarias e peças já existentes na oficina de montagem. Ainda, vale notar o baixo custo relacionado a esse projeto, se comparado aos triciclos elétricos comerciais no mercado. Dessa gama comercial existente, esse projeto pode contribuir com a inovação relacionada a aplicação de painel solar e de sistema de inteligência artificial, promovendo uma elevação da qualidade de vida do usuário e o avanço em pesquisas na área de acessibilidade e inovação.

O quadro 2 apresenta o cronograma previsto para a finalização desse projeto. Nota-se que algumas atividades devem ocorrer paralelamente, de modo a otimizar o tempo do desenvolvimento do protótipo em sua versão final.

Quadro 2 – Cronograma: ano 2022

Atividade	Meses											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Adaptação da rampa de acesso ao cadeirante	X	X	X	X	X	X	X					
Sistema de segurança para o posicionamento da cadeira			X	X	X	X	X					
Testes nos recursos de reconhecimento de imagem	X	X	X									
Implementação de sistema de freio eletrônico			X	X	X	X	X					
Unificação do recurso de reconhecimento de imagem ao protótipo								X	X	X	X	
Testes e validação											X	X

Fonte: elaborado pelo autor.

A partir do cronograma apresentado, estima-se que o protótipo em sua versão final esteja concluído em dezembro de 2022. Nesse sentido, espera-se que o desenvolvimento do protótipo possa auxiliar na melhoria da acessibilidade ao cadeirante, integrando recursos de inteligência artificial contribuindo para uma personalização para cada perfil de usuário.

6. CONCLUSÕES PARCIAIS

Uma proposta de desenvolvimento de um triciclo elétrico adaptado para cadeirantes foi apresentado nesse trabalho. A ideia de promover uma maior independência aos deficientes físicos de membros inferiores para desempenhar tarefas que envolvem a mobilidade urbana pode contribuir com aspectos relacionados a qualidade de vida e mobilidade urbana.

Para isso, a primeira etapa consiste na fabricação de um triciclo elétrico que utiliza energia renovável para a melhoria da autonomia do conjunto. Posteriormente, estratégias de adaptações mecânicas e elétricas são estudadas visando garantir a segurança, mobilidade e a satisfação do usuário.

Em paralelo, estudos envolvendo inteligência artificial para o reconhecimento de objetos obtiveram uma taxa de acerto de aproximadamente 74,5%. Assim, é previsto uma melhoria do software de análise, para uma taxa superior a 90%. Após essas adequações, o sistema deve ser direcionado a identificação correta da cadeira de rodas no triciclo.

Por fim, observa-se a contribuição em tecnologia assistiva, como solução digital e no desenvolvimento de protótipos e/ou produtos. Ainda, a proposta desse trabalho possui alguns diferenciais, tais quais: a utilização de energia solar para a melhoria da autonomia, tecnologia de reconhecimento de objetos, sistema eletrônico de freio e instrumentação, e um relativo baixo custo se comparado a modelos comerciais.

REFERÊNCIAS

- BRANCO, G. M.; SZWARC, A.; BRANCO, F. C. **Programa ambiental de inspeção e manutenção veicular**: princípios, fundamentos e procedimentos de teste. São Paulo: Blucher, 2012.
- BRANDIZZI, L. E. N. Visão computacional: O que é? Como funciona?, 2020. Disponível em: <https://www.serpro.gov.br/menu/noticias/noticias-2020/o-que-eh-visao-computacional>. Acesso em: 02 de janeiro 2022.
- FACELI, K.; LORENA, A. C.; GAMA, J.; ALMEIDA, T. A.; CARVALHO, A. C. P. L. **Inteligência artificial**: uma abordagem de aprendizado de máquina. 2 ed. Rio de Janeiro: LTC, 2021
- FILHO, E. T. **Os direitos civis da pessoa com deficiência**. São Paulo: Almedina, 2021.
- GONZALEZ, R. C.; WOODS, R. E. **Processamento Digital de Imagens**. [S.l.: s.n.], 2009.
- NORVIG, Peter. **Inteligência Artificial**. 3a ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2013.
- IBGE, Censo. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, 2021. Disponível em: < <https://www.ibge.gov.br/>>. Acesso em: 11 fev. 2022.
- LEITE, F. P. A.; RIBEIRO, L. L. G.; FILHO, W. M. C. **Comentários ao estatuto da pessoa com deficiência**. 2a ed. São Paulo: Saraiva Educação, 2019.
- PHILIPPI, A. J.; BRUNA, G. C. **Gestão urbana e sustentabilidade**. São Paulo: Manole, 2019.
- ROBERTS, M. J. **Fundamentos em sinais e sistemas**. Porto Alegre: AMGH, 2010.
- SUPERFISIO, 2022. Disponível em: < <https://superfisio.com.br/product/scooter-eletrica-triciclo-freedom-mirage-sx-vinho/>>. Acesso em: 11 fev. 2022.