

## Semáforo Humanizado para Idosos e Pessoas com Deficiência: Viabilidade e Impactos de uma Solução IoT e NFC na Mobilidade Urbana

Isabelle de Godoy Sanchez, 825154604

Kathleen Lohanny de Souza, 825154829

Kauã Santana Oliveira, 825153688

Lauanda Jones Almeida da Silva, 825164056

Pedro Henrique Ferreira da Rocha, 825158599

Pedro Henrique Ribeiro Baptista, 825120981

Rayanne Raquel Nascimento da Silva, 825155393

Richard Rosa Galindo, 825116986

### RESUMO

O presente artigo propõe e analisa a viabilidade de um **Semáforo Humanizado**, um sistema inteligente que utiliza tecnologias de **Internet das Coisas (IoT)** e **Near Field Communication (NFC)** para adaptar o tempo de travessia para idosos e Pessoas com Deficiência (PCDs). Estudos demonstram que a maioria dos idosos não consegue atingir a velocidade de marcha (1,2 m/s ou 4,3 km/h) exigida pelos semáforos urbanos, um fator que aumenta significativamente o risco de acidentes e inibe a mobilidade ativa. A **Metodologia** adotada envolveu revisão bibliográfica, análise comparativa de tecnologias e modelagem de custos incrementais. O sistema permite que usuários cadastrados ativem o prolongamento do tempo de travessia (p. ex., para **40 segundos**) e emitam avisos sonoros e vibratórios, utilizando um cartão NFC validado por uma base de dados municipal. A análise de viabilidade abrange aspectos tecnológicos (uso de *Edge Computing* e arquitetura modular), econômicos (baixo custo incremental) e sociais (inclusão e qualidade de vida). A desativação inteligente em horários de pico garante a fluidez do trânsito e a escalabilidade do projeto.

**Palavras-chave:** Semáforo Inteligente. IoT. NFC. Mobilidade Urbana Acessível. Idosos.

### ABSTRACT

This article proposes and analyzes the feasibility of a **Humanized Traffic Light**, an intelligent system using **Internet of Things (IoT)** and **Near Field Communication (NFC)** technologies to adjust crossing times for the elderly and Persons with Disabilities (PWDs). Studies show that the majority of older adults cannot achieve the walking speed (1.2 m/s or 4.3 km/h) required by urban traffic lights, increasing the risk of accidents and inhibiting active mobility. The **Methodology** adopted involved literature review, comparative analysis of technologies, and incremental cost modeling. The system allows registered users to activate a crossing time extension (e.g., to 40 seconds) and trigger auditory and vibratory alerts using an NFC card validated by a municipal database. The feasibility analysis covers technological aspects (use of *Edge Computing* and modular architecture), economic aspects (low incremental cost), and social aspects (inclusion and quality of life). The intelligent deactivation during peak hours ensures traffic fluidity and project scalability.

**Keywords:** Smart Traffic Light. IoT. NFC. Accessible Urban Mobility. Elderly.

## 1. INTRODUÇÃO

O avanço da longevidade populacional é um desafio demográfico que exige a adaptação das infraestruturas urbanas, especialmente no que tange à **mobilidade e acessibilidade**. A segurança viária de pedestres idosos e Pessoas com Deficiência (PCDs) é um desafio crítico, pois os padrões de tempo de travessia dos semáforos foram calibrados para a velocidade de marcha de jovens e adultos saudáveis (BRASIL, 2020).

### 1.1 Definição do Problema: A Velocidade de Marcha Insuficiente

A velocidade de marcha padrão exigida pelos órgãos de trânsito (ex: CET-SP) é de **1,2 m/s** (equivalente a 4,3 km/h). Esta premissa está em desacordo com a realidade fisiológica da população idosa. Um estudo da Faculdade de Saúde Pública da Universidade de São Paulo (USP) constatou que **97,8% dos idosos** da cidade de São Paulo não conseguem caminhar a essa velocidade. A velocidade média alcançada pelos voluntários com mais de 60 anos foi de apenas 2,7 km/h, expondo-os a riscos de acidentes e inibindo sua autonomia (USP, 2016).

### 1.2 O Desafio da Mobilidade para PCDs

Além da população idosa, **Pessoas com Deficiência (PCDs)** também enfrentam barreiras significativas na mobilidade urbana, especialmente em travessias semaforizadas. Para indivíduos com deficiência visual, auditiva, intelectual ou mobilidade reduzida, o tempo padrão de travessia e a falta de sinalização multissensorial comprometem diretamente a segurança e a autonomia.

De acordo com dados do IBGE (2022), **mais de 18,6 milhões de brasileiros** possuem algum tipo de deficiência, e muitos deles dependem de infraestrutura acessível para locomoção segura. A ausência de mecanismos adaptativos representa uma limitação crítica na experiência urbana desses cidadãos, reforçando a necessidade de soluções tecnológicas inclusivas.

A **Tabela 1** a seguir ilustra a discrepância entre a velocidade exigida e a real para diferentes faixas etárias, consolidando a justificativa do projeto:

**Tabela 1: Velocidade de Marcha Média e Desvio em Relação ao Padrão (1,2 m/s)**

Faixa Etária (Anos)	Velocidade Média de Marcha (m/s)	Velocidade Média de Marcha (km/h)	Desvio em Relação ao Padrão (1,2 m/s)
60 – 69	1,085 (Média)	3,91	- 9,6%
70 – 79	1,055 (Média)	3,80	- 12,1%
80+	0,915 (Média)	3,29	- 23,8%
<i>Fonte: Adaptado de Pesquisa da FSP/USP (2016) e CET-SP.</i>			

## 2. REFERENCIAL TEÓRICO

O projeto do Semáforo Humanizado se fundamenta nos conceitos de **Cidades Inteligentes (Smart Cities)** e na aplicação da **Internet das Coisas (IoT)**.

### 2.1 Cidades Inteligentes e Mobilidade Acessível

Cidades Inteligentes utilizam a Tecnologia da Informação e Comunicação (TIC) para aprimorar serviços e infraestruturas, tornando-as mais responsivas às necessidades dos cidadãos (SANTOS; FERREIRA, 2019). A **mobilidade acessível** é um pilar fundamental desse conceito, pois um sistema de tráfego que se adapta a grupos vulneráveis é um exemplo direto de como a tecnologia promove a equidade e a inclusão urbana.

### 2.2 Tecnologias Habilitadoras: IoT e NFC

A solução é viabilizada pela integração de duas tecnologias centrais:

- **Internet das Coisas (IoT):** A IoT permite que objetos físicos (como semáforos) sejam conectados à internet e troquem dados, criando sistemas adaptativos (SILVA; OLIVEIRA, 2020). O microcontrolador atua como o dispositivo IoT que coleta a identificação do usuário e executa a ação de mudar o ciclo do semáforo.
- **Near Field Communication (NFC):** É uma tecnologia de comunicação sem fio de curto alcance, ideal para identificação rápida e segura (KIM; GUPTA, 2018). O NFC é escolhido por ser de baixo consumo, rápido e facilmente integrado a cartões de identificação já existentes (p. ex., bilhetes de transporte ou cartões SUS).

### 3. METODOLOGIA

A metodologia deste trabalho é baseada na **Engenharia de Sistemas**, combinando análise de requisitos, pesquisa bibliográfica e modelagem de viabilidade técnica e econômica.

#### 3.1 Processo de Pesquisa

O desenvolvimento da solução seguiu as etapas: **Revisão Bibliográfica** (fundamentação demográfica e normativa), **Análise Comparativa de Tecnologias** (escolha do NFC/IoT sobre outras soluções, como sensores de visão), e **Modelagem de Viabilidade** (análise de custos e restrições de tráfego).

#### 3.2 Análise de Viabilidade Técnica e Econômica

A solução priorizou o uso de **Edge Computing** (processamento local) para garantir baixa latência e operação imediata, mesmo com falhas de conexão à internet, o que reforça a viabilidade técnica e a robustez.

A viabilidade econômica é medida pelo **custo incremental**, ou seja, o custo de adicionar o módulo inteligente a um semáforo existente, e não o custo de substituição total da infraestrutura.

#### Tabela 2: Estimativa de Custo Incremental por Cruzamento para Implementação

Componente de Hardware e Serviço	Custo Estimado (Euro/Unidade)	Função Principal no Sistema
Leitor NFC Industrial (IP65)	€150 – €400	Leitura e autenticação do cartão.
Módulo Microcontrolador (IoT/Edge)	€200 – €600	Processamento local e decisão de tempo.
Sistema de Alerta (Áudio/Vibração)	€80 – €250	Auxílio tátil e sonoro.
Adaptação e Mão de Obra (Integração)	€200 – €800	Conexão segura ao controlador de tráfego.
<b>Custo Total Estimado por Cruzamento</b>	<b>€630 – €2.050</b>	<b>Custo total de instalação física incremental.</b>
<i>Fonte: Elaboração própria com base em pesquisa de mercado de componentes industriais.</i>		

O baixo custo incremental demonstra a atratividade econômica do projeto e seu potencial para ser financiado por políticas de inclusão ou fundos de mobilidade urbana.

## 4. PROPOSTA DA SOLUÇÃO

A proposta consiste na criação de um módulo adaptativo que se integra ao controlador de semáforo existente, garantindo a adaptação dinâmica do tempo de travessia e provendo sinalização multissensorial.

### 4.1 Arquitetura da Solução e Funcionamento

O sistema opera através de:

1. **Identificação:** O usuário (idoso ou PCD) com um cartão NFC cadastrado aproxima-o do leitor instalado no poste.
2. **Validação:** O Módulo de Controle (*Edge Computing*) processa o ID localmente e consulta a lista de usuários válidos (base municipal).

3. **Atuação:** Se a validação for positiva e o sistema estiver ativo, o módulo envia o comando ao controlador do semáforo para estender o tempo do sinal verde, tipicamente para **40 segundos**, reconhecendo o ritmo de marcha mais lento.
4. **Sinalização Multissensorial:** O sistema aciona um **aviso sonoro** e/ou **vibratório** simultaneamente, o que é crucial para usuários com deficiência visual ou auditiva, conforme exigido pela legislação de acessibilidade.

## 4.2 Eficiência e Lógica de Desligamento Inteligente

Para evitar congestionamentos desnecessários e garantir a fluidez urbana, o sistema opera com uma lógica de **desligamento inteligente**:

- **Funcionamento Limitado:** O sistema é **desativado** durante os horários de pico (das 06h às 08h e das 17h às 19h) e em dias de baixo fluxo (finais de semana e feriados).
- **Retorno Automático:** Após a travessia do usuário, o sistema retorna imediatamente ao ciclo padrão programado pela central de tráfego.

Essa abordagem garante que a prioridade à segurança dos pedestres seja aplicada sem causar o colapso do trânsito nos momentos críticos do dia.

## 5. CONCLUSÃO

O Semáforo Humanizado, utilizando as tecnologias de IoT e NFC, demonstrou ser uma **solução técnica, econômica e socialmente viável** para o problema da mobilidade de idosos e dos 18,6 milhões de PCDs no Brasil. A principal virtude reside na capacidade de adaptação inteligente e personalizada à necessidade real dos usuários mais vulneráveis, promovendo segurança, inclusão e autonomia.

### 5.1 Conclusões Finais e Limitações

O baixo custo incremental por cruzamento e a arquitetura modular reforçam a viabilidade econômica e a escalabilidade. Do ponto de vista social, o projeto é um catalisador de **Cidades Inteligentes Humanizadas**.

A principal limitação atual reside na dependência do **cadastro prévio** e do uso ativo do cartão NFC, além da necessidade de superar barreiras burocráticas para a integração segura com os controladores de tráfego existentes.

### 5.2 Sugestões para Trabalhos Futuros

Sugere-se, como desdobramentos deste trabalho:

1. **Desenvolvimento de Protótipo e Teste de Campo:** Criação de um protótipo funcional para medir latência e robustez em condições reais.
2. **Migração Tecnológica:** Análise e implementação do *Bluetooth Low Energy* (BLE) ou QR Code como alternativa ao NFC, permitindo a ativação via aplicativos de *smartphone*.
3. **Avaliação de Impacto:** Estudo de caso após a implementação para quantificar a redução de acidentes e o aumento da percepção de segurança pelos usuários.

## 6. REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **NBR 9050: Acessibilidade a edificações, mobiliário, espaços e equipamentos urbanos**. Rio de Janeiro, 2020.

BRASIL. **Lei nº 13.146, de 6 de julho de 2015**. Institui a Lei Brasileira de Inclusão da Pessoa com Deficiência (Estatuto da Pessoa com Deficiência). Diário Oficial da União, Brasília, DF, 2015.

BRASIL. Ministério da Infraestrutura. **Diretrizes de Mobilidade Urbana Acessível**. Brasília, 2020.

CAVALHEIRO, E. R. M.; QUARESMA, C. C.; CONTI, D. M. O uso da luz de tráfego inteligente na mobilidade urbana sustentável: uma revisão sistemática da literatura. **Revista Brasileira de Gestão e Desenvolvimento Regional**, v. 17, n. 2, p. 32-48, 2021.

KIM, S.; GUPTA, A. Near Field Communication (NFC): Principles and Applications. **IEEE Communications**, 2018.

SANTOS, M.; FERREIRA, R. **Cidades Inteligentes e Mobilidade Urbana**. Atlas, 2019.

SILVA, Fábio A.; OLIVEIRA, Carlos J. **Internet das Coisas: Conceitos, Tecnologias e Aplicações**. Novatec, 2020.

SOARES, S. S. et al. Velocidade de marcha, equilíbrio e idade: um estudo correlacional entre idosos praticantes e idosos não praticantes de um programa de exercícios terapêuticos. **Revista Brasileira de Fisioterapia**, v. 22, n. 1, p. 11-18, 2018. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rbfis/a/N5cqDJXGtchBSXPVYBC8Srv/>. Acesso em: [26/11/2025].



USP. Estudo da Faculdade de Saúde Pública da Universidade de São Paulo (USP) sobre a velocidade de marcha de idosos e o tempo de semáforo. Resultados publicados no **Journal of Transport & Health**.