

Sistema de Supervisão de rampas de acesso – aplicado para avaliação de acessibilidade em edificações e meio urbano.

J. V. de Faria, D. Bianchini

Resumo— A presença de rampas espalhadas por diversos pontos das cidades são determinações arquitetônicas importantes para todos que têm dificuldade em se locomover por escadas ou altos degraus. Entretanto, ao mesmo tempo, podem se constituir em problemas para os que dela necessitam para ter acesso a locais específicos, quando a sua inclinação incorreta se torna um obstáculo intransponível. Buscando solucionar este problema, este trabalho em Iniciação Científica tem como objetivo apresentar um método que seja capaz de mensurar o grau de inclinação de rampas de acesso. A partir de um acelerômetro posicionado sob a superfície de uma rampa, o mesmo será capaz de calcular o valor do ângulo de inclinação e enviá-lo a um *software* que o exibirá ao usuário final junto com uma mensagem informando se a rampa é acessível ou não. Para determinar o valor de inclinação máxima de uma rampa, tomou-se por referência a Norma ABNT 9050, que estabelece critérios relacionados à acessibilidade. Utilizando-se, então, da plataforma Rádiuino e de um acelerômetro de três eixos, construiu-se um sistema de monitoração de rampa que disponibiliza para o usuário a inclinação da mesma tão logo se posicione sobre ela.

Palavras chaves—Acelerômetro, acessibilidade, fiscalização, rampas de acesso.

I. INTRODUÇÃO

No mundo contemporâneo o tema “acessibilidade” vem se difundindo amplamente em nossa sociedade. Pessoas usuárias de cadeiras de rodas se deparam diariamente com limitações em sua vida cotidiana. Segundo o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), em 2013, no Brasil, das 146,3 milhões de pessoas com 18 anos ou mais, 2,5% usavam algum tipo de ajuda como muleta, bengala, cadeira de rodas ou outro equipamento para auxiliar sua locomoção. Mesmo com o uso desses recursos, 2,7% das pessoas não conseguiam ou tinham grande dificuldade para se locomover [1]. Além disso, em 2010, um estudo realizado pelo mesmo instituto, analisou as condições no entorno de residências em 5.565 municípios brasileiros constatando, no entanto, que desse número total, apenas 4,7% possuíam rampas para cadeirantes [2]. Além de ser esta uma pequena parcela, a esse dado se permite realizar uma nova indagação: dessas rampas, quais delas estariam, realmente, acessíveis para a locomoção de cadeirantes?

Em muitos casos, verifica-se que mesmo a rampa estando disponível, o transporte por cadeiras de rodas torna-se impossível de ser realizado. Isso se deve pela falta de segurança, comodidade ou até mesmo imperfeições na construção do acesso. O não atendimento dos requisitos mínimos pode resultar na exclusão de pessoas com necessidades especiais, também, ser fator determinante para a geração de acidentes [3].

Apesar dessa realidade difícil, a acessibilidade de pessoas portadoras de deficiência física é um direito e seu oferecimento se regulamenta pela Norma Técnica – NBR 9050/2004. Esta Norma estabelece os critérios e parâmetros técnicos a serem observados quanto ao projeto, construção, instalação e adaptação de edificações, mobiliário, espaços e equipamentos urbanos às condições de acessibilidade [4].

Devido à forte carência na fiscalização das rampas pelos setores responsáveis pela segurança da locomoção de cadeirantes, compreende-se que não se deve ignorar um problema dessa importância. Não se pode permitir que um cadeirante deixe de realizar suas atividades diárias por não conseguir chegar aos locais desejados ou tenha risco de se locomover com segurança. Além disso, e não menos importante, é fundamental que as rampas construídas facilitem o acesso, caso contrário será apenas mais um ornamento e mas o trajeto continuará inacessível.

Diante de tal situação, a finalidade deste artigo é apresentar uma proposta que seja simples e eficaz para supervisionar o ângulo de inclinação de rampas de acesso.

II. ORIENTAÇÕES DA NORMA ABNT 9050

Diante da necessidade de se conhecer maiores detalhes a respeito de rampa de acesso, a pesquisa se iniciou buscando na Norma ABNT 9050 os critérios e parâmetros técnicos a serem observados. A mesma é utilizada como referência quando do projeto, construção, instalação e adaptação de edificações, mobiliário, espaços e equipamentos urbanos às condições de acessibilidade [4]. Mais especificamente, a seção 6.5 “Rampas”, indica que é permitida uma inclinação máxima de 8,33%. Vale ressaltar que este valor é indicado em porcentagem, isto significa que para 100 cm de comprimento, a rampa deve possuir 8,33 cm de altura. A Figura 1 exemplifica essa teoria:

J. V. de Faria é graduando em Engenharia Elétrica pela Universidade Católica de Campinas (e-mail: jose.vf@puccamp.edu.br)

D. Bianchini é engenheiro eletricitista pela E.E.Mauá, doutor em Educação pela UNICAMP e docente na Faculdade de Engenharia Elétrica e Faculdade de Análise de Sistemas da Pontifícia Universidade Católica de Campinas (e-mail: davidb@puc-campinas.edu.br)

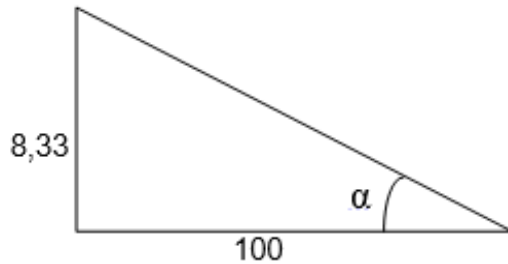


Figura 1 - Modelo de rampa ideal

Por relações trigonométricas é possível descobrir o ângulo do triângulo acima. Para isso, basta encontrarmos a tangente inversa de $(8,33/100)$. Deste modo, encontra-se um valor de $4,76^\circ$ ao ângulo α , ou seja, o ângulo máximo de inclinação de uma rampa de acesso.

III. METODOLOGIA

Na perspectiva de construir um dispositivo que propiciasse a supervisão desejada, a análise da questão mostra, de forma objetiva, que o problema do projeto consistiria na captura de um dado fundamental, o ângulo de inclinação. Depois, este valor precisaria ser analisado de alguma maneira para se transformar em informação útil para o usuário final tomar uma decisão.

Para a supervisão do ângulo de inclinação, pesquisando as tecnologias disponíveis, optou-se pela utilização de um acelerômetro cujos dados coletados podem ser capturados por uma plataforma de processamento pela qual é enviado o valor medido a um *software* supervisor e este o apresenta amigavelmente ao usuário.

IV. PLATAFORMA ARDUINO E RADIUINO

A. Sistema que mede inclinação

Diante da necessidade de enviar e receber dados oriundos de um sensor buscou-se uma plataforma cujos requisitos contemplassem: baixo custo, ampla biblioteca, acessível para suporte ao trabalho e código-fonte aberto. A partir dessas premissas, a escolha se deu sobre a plataforma Rádiuino. O processo para domínio do Rádiuino exigiu, primeiramente, o entendimento do Arduino, plataforma mais simples e de princípios elementares. Ao acrescentar-se o recurso de rádio é que se chega à plataforma Rádiuino. Os projetos desenvolvidos nessa plataforma se dividem em *hardware*, *firmware* e *software*, onde estruturados da seguinte maneira: o *software* exerce a função de gerência, já o *firmware* é responsável por orientar o *hardware* a executar os comandos solicitados pelo *software*.

B. Hardware – Acelerômetro e placa de aplicação

Visto então a necessidade de se determinar o ângulo de uma superfície, foi utilizado um acelerômetro do tipo capacitivo. Trata-se de um dispositivo micro eletromecânico (MEMS) capaz de medir a aceleração em objetos. A Figura 2 ilustra o modelo utilizado.



Figura 2 - Acelerômetro utilizado

Pelo fato deste modelo ser do tipo capacitivo, seu funcionamento é baseado na variação da capacitância entre duas placas paralelas. Dessa forma, a aceleração é medida de acordo com a capacitância entre estas placas, ou seja, a cada movimento no componente tem-se um valor de aceleração relacionado a um dos eixos. O modelo utilizado possui 3 eixos e utiliza a comunicação digital I2C. Também, opera em uma faixa 3,0 V e 5,0 V. Sua saída fornece seis valores de aceleração, sendo que três deles indicam a aceleração estática e os demais a aceleração dinâmica. Para encontrar o valor da inclinação foram utilizados os valores da aceleração dinâmica, uma vez que estes indicam que houve variação de movimento do sensor em relação a uma posição anterior. Partindo do princípio de que para existir uma aceleração é necessária também uma força e que esta pode ser representada por um vetor. Dessa maneira torna-se possível encontrar o ângulo entre eles.

A placa de aplicação foi desenvolvida no *software* EAGLE. Trata-se de um programa capaz de criar placas eletrônicas a partir de um esquema elétrico. A placa utilizada na aplicação do projeto possui o seguinte *layout*, conforme visualizado na Figura 3:

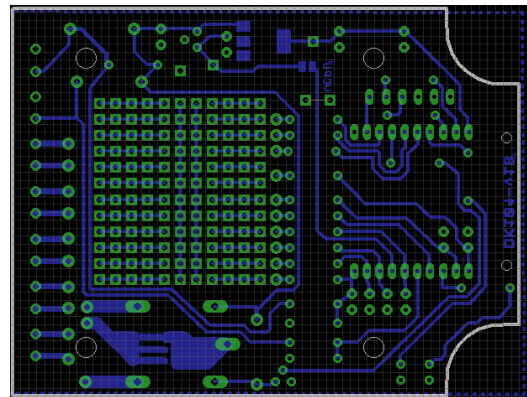


Figura 3 - Layout da placa

Além de possuir um espaço físico destinado ao acelerômetro a placa contempla, além de outros componentes, um soquete para acoplar o rádio utilizado, a Figura 4 exibe a placa finalizada:

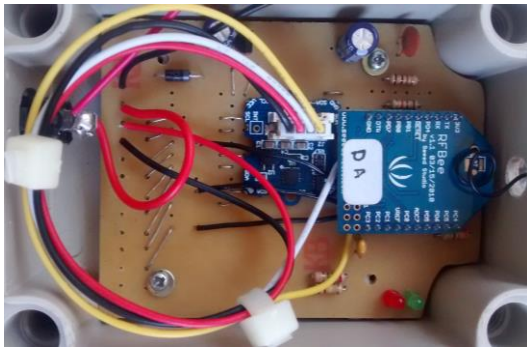


Figura 4 - Placa finalizada

C. Firmware

O *firmware* do Rádiumo se encontra estruturado em camadas de protocolo baseadas no protocolo TCP/IP utilizado na *Internet*. A Figura 5 mostra sua estrutura:

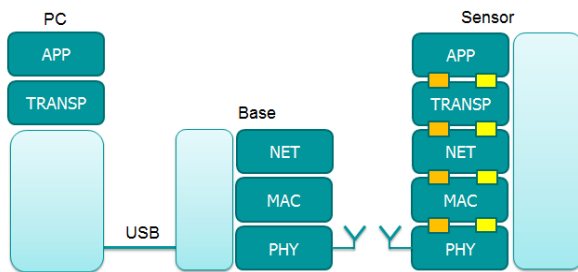


Figura 5 - Estrutura da pilha de protocolo

O *firmware* desenvolvido para o projeto foi construído a partir dos exemplos disponibilizados na biblioteca do Rádiumo.

A Figura 6 apresenta o trecho de código do *firmware* responsável por calcular o ângulo de inclinação.

```

angulo = atan ((double)ay / (double)az); // por trigonometria, encontra-se o angulo
angulo = angulo * (57.29577951); // conversão de radiano para grau
angulo1 = angulo*100; // eliminação das casas decimais
Serial.print(angulo);
final=angulo1;
Serial.println(" graus");
delay(500);
Serial.println(final);
    
```

Figura 6 - Cálculo do ângulo de inclinação

D. Software

Visto a necessidade de solicitar, e monitorar os valores de inclinação oriundos do acelerômetro, pensou-se em um *software* que atendesse essa aplicação e fosse compatível com a plataforma Rádiumo.

A solução encontrada, mais aderente as premissas do trabalho foi o software ScadaBR (Figura 7). Trata-se de um software supervisor capaz de monitorar e controlar desde simples sistemas de sensores como complexas aplicações no âmbito da automação. Além disso, é considerado um software *Open Source*, sendo assim, possui licença de uso gratuito.



Figura 7 - Tela inicial ScadaBR

O fato de se utilizar esse *software* possibilitou a criação de uma interface que fosse amigável e compreensível a qualquer tipo de usuário. Com isto se permite, a partir dela, que qualquer pessoa seja capaz de saber se a rampa se encontra, ou não, de acordo com a norma, ou de forma prática, exigirá maior esforço, ou não, para vencê-la.

A interface desenvolvida para a aplicação do projeto pode ser contemplada na Figura 8:

Fiscalizador de rampas de acesso



A Norma ABNT 9050 determina que rampas de acesso devam possuir no máximo 8,33% de inclinação. Dessa maneira, inclinações superiores a 4,76° estão inacessíveis.

Figura 8 - Interface do projeto

Os dois LEDs, exibidos na interface, indicam a situação em que a rampa em análise se encontra. Se o LED de cor vermelha ligar, a rampa não se encontra acessível ao uso, ou seja, não está de acordo com a inclinação máxima permitida pela Norma ABNT 9050. Já o LED verde indica que a rampa está cumprindo o que a Norma estabelece.

Além dos LEDs indicadores, a interface contempla ainda o ângulo da rampa, obtido na medição. É a partir desse valor que um dos LEDs será acionado.

V. RESULTADOS OBTIDOS

Esta seção irá apresentar, primeiramente, o sistema obtido a partir dos itens que foram apresentados nos tópicos anteriores. Posteriormente serão apresentados testes que foram realizados com o projeto desenvolvido. Como produto final, chegou-se ao resultado exibido na Figura 9:

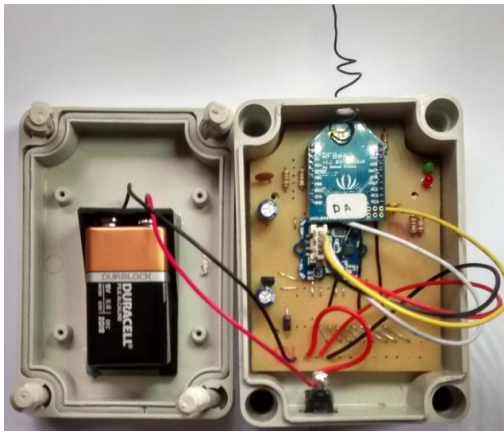


Figura 9 - Sistema que mede inclinação

A Figura 9 ilustra, em detalhes, os componentes que foram fixados na placa de aplicação. É importante destacar que a alimentação é fornecida por uma bateria de 9V, e pelo fato do acelerômetro operar em uma tensão máxima de 5V, foi utilizado um regulador para alimentar o sensor.

O mecanismo é acionado por uma chave, “liga-desliga”, que se encontra embutida na parte externa do gabinete que envolve o sistema. Quando a chave é acionada, o acelerômetro começa a realizar as medidas e enviá-las ao ScadaBR via rede de sensores sem fio (RSSF). No *software* de monitoração, os valores que se referem ao ângulo chegarão a cada segundo. Por esse motivo, o ângulo indicado ao usuário, será um valor médio das medições realizadas nos últimos trinta segundos, conforme indicado na Figura 10.

Dessa forma, após o sistema ser colocado sobre a superfície da rampa, ele levará este tempo para indicar ao usuário o ângulo obtido.

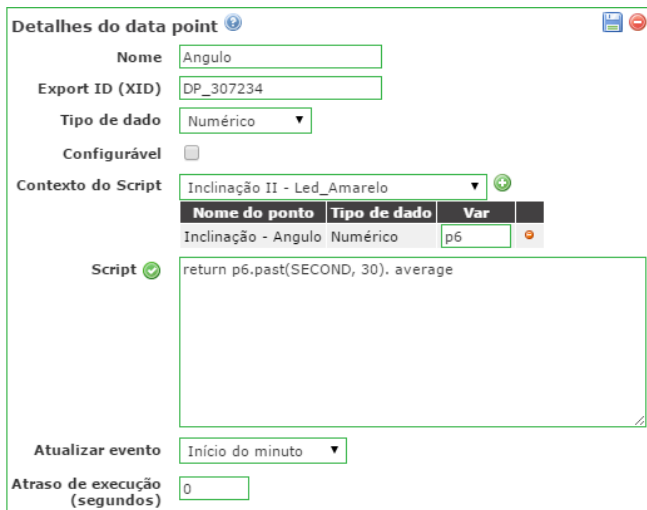


Figura 10 - Cálculo do valor médio

Além do valor do ângulo, a interface, contempla ainda dois LEDs indicadores (Figura 8), que auxiliam na compreensão do estado em que se encontra a rampa. Na Figura 11 é apresentado um teste realizado em uma superfície, que simula uma rampa de cadeirante:



Figura 11 - Teste simulando uma situação real

Pode-se observar (Figura 11) que, além do sistema sob a superfície da rampa, há também um rádio que se encontra conectado a uma base, o qual via USB se comunica com o *notebook*. A base apenas recebe e transmite as informações que chegam a ela. Diante disso, o sensor irá enviar, o valor do ângulo à base, que, via serial, chegará ao ScadaBR. Neste teste, o resultado encontrado está ilustrado na Figura 12:

Fiscalizador de rampas de acesso



A Norma ABNT 9050 determina que rampas de acesso devam possuir no máximo 8,33% de inclinação. Dessa maneira, inclinações superiores a 4,76° estão inacessíveis.

Figura 12 - Resultado do teste realizado

Como se pode ser observado na Figura 12, o teste realizado apontou um ângulo de 19,29°, e conseqüentemente, o LED vermelho foi acionado indicando que, se fosse uma rampa de cadeirante, esta demandaria dele um esforço maior, ou mesmo poderia estar inacessível ao uso. Vale ressaltar a simplicidade da interface que o usuário final irá visualizar no computador.

Como forma de confirmar a veracidade das informações disponibilizadas pelo sistema desenvolvido nesta pesquisa, pesquisou-se soluções similares para este tipo de problema e encontrou-se um o aplicativo de celular denominado *Clinometer*, disponível para *download* em sistemas do tipo *Android*.

Uma vez instalado o aplicativo no aparelho celular, este foi colocado sob a mesma superfície do teste anterior, e o valor indicado pelo dispositivo pode ser visto na Figura 13:



Figura 13 - Medição com aplicativo *Clinometer*

A partir deste teste inicial, outros foram realizados com medições em superfícies com diferentes níveis de inclinação. Os resultados encontrados serão exibidos na próxima seção.

VI. ANÁLISE DE RESULTADOS

Os testes desta seção foram realizados com o objetivo de identificar qualquer falha no dispositivo criado e verificar a funcionalidade do sistema de medição desenvolvido. A Tabela 1 exibe os resultados comparativos:

TABELA 1 - TESTES REALIZADOS

Teste	Sistema (°)	Clinometer (°)	Diferença (%)
1	19,29	19,20	0,469
2	5,45	5,90	7,627
3	2,48	2,70	8,148
4	7,27	6,80	6,912
5	5,12	4,90	4,490
6	6,12	6,00	2,000
7	4,25	3,90	8,974
8	9,12	8,70	4,828
9	1,41	1,30	8,462

Conforme a Tabela 1, os valores obtidos com o aplicativo e com sistema obtiveram uma diferença máxima de 8,97%. Essa variação pode ser explicada pela sensibilidade do acelerômetro, isso se deve pelo fato deste sensor ser capaz de detectar pequenas variações de movimento. Por conta desta instabilidade, recomenda-se que as execuções sejam realizadas duas vezes pelo usuário para que seja obtida uma maior confiabilidade no resultado.

Outro fator importante a ser comentado, diz respeito à confiabilidade do aplicativo para *Android* utilizado. Pelo fato de sua programação não ser disponibilizada ao usuário, não se pode afirmar que possui um nível de 100% de confiança. No entanto, diante dos testes realizados, notou-se que os

resultados, oriundos dele, obtiveram muita semelhança com os do sistema desenvolvido.

É importante ressaltar os testes de número 2, 5 e 7 pelo fato de se serem valores bastante próximos ao ângulo máximo permitido, 4,73°. Se essas medições estivessem sendo realizados em uma fiscalização de rampas, por exemplo, apenas a medida do teste 7 estaria em conformidade com a norma regulamentadora.

VII. CONCLUSÃO

Diante da análise de todos os ensaios e considerando que a máxima diferença encontrada entre os dois métodos não ultrapassou 10%, é possível concluir que o projeto desenvolvido oferece condições suficientes para atender à proposta inicial do trabalho que foi realizar a avaliação da rampa de acesso informando ao usuário se a mesma está, ou não, de acordo com a Norma ABNT 9050, no que se diz respeito à inclinação.

Como trabalhos futuros o projeto pesquisará a adequada adaptação do sistema de forma que, ao colocar-se na subida de uma rampa, um cadeirante veja em uma interface (celular, *tablet*) se a rampa em que se coloca para subir oferece ou não a suavidade que a norma lhe garante para subida.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à Pontifícia Universidade Católica de Campinas – PUCAMP, pela disponibilidade dos equipamentos utilizados no desenvolvimento do projeto, e ao CNPq pela bolsa PIBIC/CNPq. Agradecem ao arquiteto Fernando Ruzene Rodrigues, funcionário da "Secretaria Municipal dos Direitos da Pessoa com Deficiência e Mobilidade Reduzida".

REFERÊNCIAS

- [1] IBGE 2013. Ajuda para locomoção [Online]. Disponível em: < <http://teen.ibge.gov.br/noticias-teen> > Acesso em 20 de mar. 2015.
- [2] IBGE 2010. Censo Demográfico 2010 – Características urbanísticas do entorno dos domicílios. [Online] Disponível em: < http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/populacao/censo2010/entorno/default_entorno.shtm.> Acesso em 20 de mar. 2015.
- [3] BALERA, V. M. R. P. Guia Prático de Acessibilidade: critérios e especificações técnicas para avaliação de acessibilidade em edificações, mobiliários e espaços. Website. Disponível em: < <http://www.mpsp.mp.br/portal/page/portal/Cartilhas/GuiaPraticoDeAcessibilidade.pdf>> Acesso em 10 de mar. 2014.
- [4] Acessibilidade a edificações, mobiliário, espaços e equipamentos urbanos, ABNT NBR 9050, 2004.
- [5] SEEDSUTIO Home Page Grove – 3 - Axis Digital Accelerometer. [Online]. Disponível em: < [http://www.seedstudio.com/wiki/Grove_-_3-Axis_Digital_Accelerometer\(%C2%B11.5g\)](http://www.seedstudio.com/wiki/Grove_-_3-Axis_Digital_Accelerometer(%C2%B11.5g))> Acesso em 20 nov. 2014.