

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA MARIA
COLÉGIO TÉCNICO INDUSTRIAL DE SANTA MARIA
CURSO SUPERIOR DE TECNOLOGIA EM REDES DE
COMPUTADORES

Juliano Stefanello Bizello

**PISO TÁTIL COM TECNOLOGIA NFC PARA
ACESSIBILIDADE DE DEFICIENTES VISUAIS EM
AMBIENTES PÚBLICOS**

Santa Maria, RS
2016

Juliano Stefanello Bizello

**PISO TÁTIL COM TECNOLOGIA NFC PARA ACESSIBILIDADE DE
DEFICIENTES VISUAIS EM AMBIENTES PÚBLICOS**

Trabalho de Conclusão de Curso (TCC) do Curso Superior de Tecnologia em Redes de Computadores, da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM, RS), como requisito parcial para obtenção do grau de **Tecnólogo em Redes de Computadores.**

Orientador: Prof. Dr. Claiton Pereira Colvero

Santa Maria, RS
2016

Juliano Stefanello Bizello

**PISO TÁTIL COM TECNOLOGIA NFC PARA ACESSIBILIDADE DE
DEFICIENTES VISUAIS EM AMBIENTES PÚBLICOS**

Trabalho de Conclusão de Curso (TCC) do Curso Superior de Tecnologia em Redes de Computadores, da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM, RS), como requisito parcial para obtenção do grau de **Tecnólogo em Redes de Computadores**.

Aprovado em 5 de julho de 2016:

Claiton Pereira Colvero, Dr. (UFSM)
(Orientador)

Viviane Köhler, Dra. (UFSM)

Miguel Augusto Bauermann Brasil, Msc. (UFSM)

Santa Maria, RS
2016

DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho à minha mãe Madalena Stefanello Bizello que foi mãe e pai e nunca deixou que viesse a faltar algo em nossa casa. Dedico também a minha madrinha Alita Anna dos Santos e meu padrinho Paulo Roberto dos Santos, como forma de agradecimento pela dedicação em minha formação moral e ética.

AGRADECIMENTOS

Este trabalho só foi possível graças a compreensão, apoio e dedicação de várias pessoas que fazem parte da minha vida pessoal e acadêmica. Agradeço a todos que, de alguma forma, contribuíram para conclusão desta jornada e, de maneira especial, agradeço:

- à minha mãe Madalena Stefanello Bizello que nos momentos difíceis, em que as dificuldades eram maiores, nunca criticou meus resultados. Esse ato de apoio sempre me fez querer continuar e superar os obstáculos;

- ao meu orientador Claiton Pereira Colvero pela oportunidade de ser seu orientado, pelo ensinamento como professor do curso, pela confiança nos resultados do trabalho, pela dedicação em dispor de tempo e por não medir esforços para auxiliar;

- aos meus amigos, de longa data e aqueles que tive a honra de fazer amizade em minha vida acadêmica, que sempre demonstraram apoio e compreensão e pelo auxílio na manutenção de minha vida social;

- à todos os professores do Curso Superior de Tecnologia em Redes de Computadores pela dedicação em ensinar, formar profissionais e tornar o curso cada vez melhor;

- ao Colégio Técnico Industrial de Santa Maria e à Universidade Federal de Santa Maria pela oportunidade, pela infraestrutura adequada e pela forma humanizadora que seus profissionais tem de trabalhar;

- ao Centro de Processamento de Dados (CPD/UFSM) pelas oportunidades, pelo aprendizado e pelas amizades que fiz enquanto bolsista da instituição;

Enfim a todos àqueles que fazem parte da minha vida e que contribuem na minha jornada e trajetória.

Eu adoraria acreditar que quando eu morrer, eu vou viver outra vez. Que alguma parte pensante, sensível e memorável de mim continuará. Mas por mais que eu queira acreditar nisso, e apesar de antigas tradições culturais mundiais falarem sobre vida após a morte, eu não sei de nada que possa sugerir que isso é mais do que simplesmente pensamento positivo. O mundo é tão primoroso, com tanto amor e profundidade moral que não há razão para nos enganarmos com histórias bonitas para as quais existem poucas evidências boas. Parece muito melhor para mim, em nossa vulnerabilidade olhar a morte nos olhos. E ser grato todos os dias pela breve, mas magnífica oportunidade que a vida nos dá.

(Carl Sagan)

RESUMO

PISO TÁTIL COM TECNOLOGIA NFC PARA ACESSIBILIDADE DE DEFICIENTES VISUAIS EM AMBIENTES PÚBLICOS

AUTOR: Juliano Stefanello Bizello
ORIENTADOR: Claiton Pereira Colvero

Atualmente os ambientes onde existe uma grande circulação de pedestres estão sendo adaptados no intuito de oferecer melhores condições de acessibilidade para pessoas portadoras de deficiência física. Neste conceito, para a sinalização segura do caminho que os deficientes visuais devem seguir está sendo utilizado um modelo padronizado de pisos táteis, que através de símbolos em alto relevo permitem sinalizar os obstáculos de forma antecipada. Como a quantidade de informações transmitidas é muito restrito neste modelo de sinalização, este trabalho foi proposto com o objetivo de desenvolver uma solução completa para facilitar o deslocamento e a localização destas pessoas com deficiência visual nestes ambientes. O sistema se baseia na utilização de pisos táteis inteligentes, instrumentados com *tags* da tecnologia NFC (*Near Field Communications*) para manter um baixo custo de implantação e utilização. Esta tecnologia foi selecionada por já estar embarcada em grande parte dos *smartphones* e *tablets* disponíveis no mercado. Nestes pisos inteligentes é possível gravar além das informações dos obstáculos do caminho, outras informações relevantes, como a localização que ele se encontra. Para a leitura destas informações, o usuário pode utilizar seu próprio dispositivo de comunicação *mobile*, acoplado a uma extensão de antena no formato de uma bengala, especialmente desenvolvida para este projeto. Um aplicativo para a plataforma Android® lê as informações do piso e efetua a transdução em voz audível para o deficiente visual, através da ferramenta *text-to-speech* (TTS). As funcionalidades do sistema foram amplamente testadas após a implementação prática e os resultados corresponderam aos esperados no projeto original.

Palavras-chave: Android®. NFC. Deficiência Visual. Pisos Táteis.

ABSTRACT

TACTILE PAVING WITH NFC TECHNOLOGY FOR VISUALLY IMPAIRED ACCESSIBILITY IN PUBLIC ENVIRONMENT

AUTHOR: JULIANO STEFANELLO BIZELLO

ADVISOR: CLAITON PEREIRA COLVERO

Currently the environments where there is a large movement of pedestrians are being adapted in order to provide better accessibility conditions for people with physical disabilities. In this concept, for secure signaling of the path that the visually impaired must follow there are a standardized model of tactile flooring begin used, which through high relief symbols allow to warn about obstacles in advance. As the amount of information transmitted is very limited in this signaling model, this work was proposed with the aim of developing a complete solution to facilitate the movement and location of these visually impaired people in these environments. The system is based on the use of intelligent tactile flooring, instrumented with tags NFC (Near Field Communications) to maintain a low cost of deployment and use. This technology was selected because it is already embedded in most smartphones and tablets available in the market. These smart floors can be recorded in addition to the information of the way obstacles other relevant information such as the location it is. To read this information, you can use your own mobile communication device coupled to an antenna extension in the shape of a stick, especially developed for this project. An application for Android® platform reads the floor information and performs transduction in an audible voice to the visually impaired through the text-to-speech tool (TTS). The system features have been widely tested after the practical implementation and the results corresponded to those expected in the original design.

Keywords: Android®. NFC. Visual Impairment. Tactile Floors.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Modelos de pisos táteis comerciais.....	18
Figura 2 – Modelo de campo magnético na antena do dispositivo NFC	22
Figura 3 – Tag Dispatch System	26
Figura 4 – Camadas do sistema operacional Android®	28
Figura 5 – Modelo da tag utilizada no projeto	32
Figura 6 – Informações da tag utilizada apresentadas pelo NFC Tools	33
Figura 7 – Reprodução de duas antenas clonadas do smartphone	35
Figura 8 – Formato final das antenas do extensor e cabo de ligação	36
Figura 9 – Conector para montagem simplificada do extensor de antena	37
Figura 10 – Instalação da tag sob o piso tátil	39
Figura 11 – Código da classe de leitura da tag NFC e execução da fala.....	41
Figura 12 – Verificação dos dados NDEF	42
Figura 13 – Leitura do texto da memória da tag do piso tátil inteligente	42
Figura 14 – Execução do texto em voz audível.....	43
Figura 15 – Parâmetros do Text-to-speech.....	43
Figura 16 – Leitor das tag com o extensor da antena - Bengala.....	46

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Padronização de tags no formato NDEF	23
Tabela 2 – Leitura da tag através de diferentes materiais.....	47

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ANDROID®	Sistema Operacional da Google
ABNT	Associação Brasileira de Normas e Técnicas
NFC	<i>Near Field Communication</i>
NFC TOOLS	Aplicativo Comercial para Uso da Tecnologia NFC
TTS	Aplicativo <i>text-to-speech</i> para Android®
ASK	<i>Amplitude Shift Keying</i>
MHz	MegaHertz
RF	Radiofrequência
OMS	Organização Mundial da Saúde
ONU	Organização das Nações Unidas
KBITS/S	Kilobits por segundo
KBYTES	Kilobytes
NDEF	<i>NFC Data Exchange Format</i>
VM	<i>Virtual Machine</i>
IDE	<i>Integrated Development Environment</i>
SDK	<i>Software Development Kit</i>
ISO	<i>International Organization for Standardization</i>
IEC	<i>International Electrotechnical Commission</i>
PVC	Policloreto de Polivinila
UTP	<i>Unshielded Twisted Pair</i>
PEAD	Polietileno de Alta Densidade
PU	Poliuretano
LAPT	Leitor Audível para Pisos Táteis

SUMÁRIO

1.	INTRODUÇÃO	12
1.1.	OBJETIVOS	13
1.1.1.	Objetivo Geral	13
1.1.2.	Objetivos Específicos	13
1.2.	JUSTIFICATIVA	13
1.3.	ESTRUTURA DO TRABALHO	14
2.	REFERENCIAL TEÓRICO	15
2.1.	ACESSIBILIDADE PARA DEFICIENTES VISUAIS	16
2.1.1.	Pisos Táteis	17
2.2.	IDENTIFICAÇÃO ELETRÔNICA - NFC	19
2.3.	PROPAGAÇÃO DE SINAIS - NFC	21
2.4.	COMUNICAÇÃO DE DADOS DO NFC	23
2.4.1.	Formato NDEF	24
2.4.2.	Intents	25
2.5.	ANDROID	26
2.5.1.	Desenvolvimento em Plataforma Android®	28
3.	MATERIAIS E MÉTODOS	30
3.1.	DISPOSITIVOS NFC	30
3.1.1.	Ensaios com o Aplicativo NFC Tools	32
3.1.2.	Ensaios de Dinâmica de Leitura	33
3.1.3.	Desenvolvimento de uma Antena Experimental	34
3.2.	PISO TÁTIL INTELIGENTE	37
3.2.1.	Instalação da <i>Tag</i> no Piso Tátil	38
3.3.	APLICATIVO LEITOR PARA PLATAFORMA ANDROID	39
3.3.1.	<i>Text-to-Speech</i> (TTS)	43
4.	RESULTADOS E DISCUSSÃO	44
4.1.	ENSAIOS DE DINÂMICA DE LEITURA	44
4.1.1.	Ensaios de Dinâmica de Leitura da <i>Tag</i> Inserida no Piso	45
4.2.	ENSAIOS COM O APLICATIVO LAPT	47
4.2.1.	Requisito de Ativação Automática do Aplicativo	48
4.2.2.	Conversão das Informações de Texto em Voz	49
5.	CONCLUSÃO	50
5.1.	TRABALHOS FUTUROS	51
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	52

1. INTRODUÇÃO

Promover a acessibilidade em locais públicos para todos os indivíduos que possuam limitações físicas para o deslocamento sem a necessidade de um acompanhante é dever de todas as administrações destes ambientes. Estas funcionalidades proporcionam aos portadores de deficiência a utilização destes espaços de forma plena, garantindo sua independência e segurança. Esforços coletivos têm sido desenvolvidos para adequar estes locais aos requisitos de localização e identificação de obstáculos, necessários para prover segurança durante o deslocamento principalmente de deficientes visuais.

Atualmente para oferecer uma sinalização padronizada são utilizados pisos táteis, que compreendem basicamente um piso plano, com determinados desenho em relevo, no formato de barras e pontos, que podem ser sentidos e entendidos pelo toque de uma bengala ou do próprio calçado. Estes pisos possuem a função específica de alertar o deficiente visual sobre possíveis obstáculos e perigos à frente. A limitação de informações que podem estar contidas neste modelo de sinalização não é justificada quando comparada com as infinitas possibilidades que o uso da tecnologia pode oferecer.

Com base nesta demanda apresentada, este projeto desenvolveu um modelo de piso tátil instrumentado com uma tecnologia de identificação eletrônica conhecida com NFC (*Near Field Communication*), que através de um aplicativo especialmente desenvolvido para o *smartphone* ou *tablet* do usuário, é capaz de ler as informações de segurança diretamente do piso e reproduzir estas através de uma sintetização de voz no próprio equipamento. Esta tecnologia foi escolhida por estar amplamente disseminada nos *hardwares* dos equipamentos *mobile* comerciais, permitindo que a maioria dos deficientes possam, com o mínimo de investimento, utilizar estes recursos.

As informações contidas nas memórias internas destas *tags* NFC que foram instaladas nos pisos táteis são lidas através dos dispositivos *mobile* do próprio deficiente, e através de um aplicativo especialmente desenvolvido são convertidas em uma voz sintetizada audível, para simplificar o uso para todos os perfis de usuários. As funcionalidades do sistema desenvolvido foram amplamente testadas e analisadas neste projeto, e corresponderam de forma satisfatória a todos os requisitos propostos de operação e usabilidade.

1.1.OBJETIVOS

1.1.1. Objetivo Geral

O principal objetivo deste projeto é incorporar *tags* NFC no interior de pisos táteis comerciais para os mesmos contenham informações mais específicas sobre o obstáculo que ele sinaliza. Estas informações podem ser lidas diretamente por um aplicativo de transdução de voz, sendo este instalado no próprio dispositivo de comunicação *mobile* dos deficientes visuais.

1.1.2. Objetivos Específicos

- Realizar os estudos e pesquisas bibliográficas detalhadas através da seleção de fontes de informação confiáveis;
- Descobrir os recursos de *hardware* e *software* mais adequados para desenvolver um aplicativo intuitivo e simplificado, considerando as limitações naturais de usuários com deficiência visual;
- Instalar de forma prática e eficiente as *tags* NFC em pisos táteis comerciais, garantindo sua resistência mecânica ao uso normal, assim como as propriedades eletromagnéticas para a comunicação de dados de identificação entre o piso e o dispositivo leitor do usuário;
- Desenvolver uma ferramenta com capacidade de realizar a leitura das informações do piso e sintetizar elas em uma voz humana para o deficiente.

1.2.JUSTIFICATIVA

Os pisos táteis disponíveis no mercado atual, que também conhecidos como pisos podotáteis em alguns fornecedores, tem como objetivo auxiliar as pessoas com deficiência visual, seja ela total ou parcial, a se deslocar em ambientes públicos e privados com mais liberdade e segurança. De uma forma geral, estes pisos possuem apenas a sinalização visual, que podem ser tateadas pelos deficientes para a identificação do ambiente. Eles são divididos basicamente em dois tipos:

- Piso tátil direcional: utilizado para indicar uma direção de deslocamento principal, sendo formados exclusivamente por linhas em alto relevo;

- Piso tátil de alerta: utilizado para indicar obstáculos à frente, como escadas, entrada de elevador, subidas e outros perigos do ambiente para quem não pode visualizar o local. Ele é conhecido popularmente como “piso de bolinhas”, por possuir círculos em alto relevo distribuídos pela sua superfície.

Os pisos táteis de alerta informam que existe um obstáculo genérico no caminho, sendo assim o deficiente visual irá saber qual é o obstáculo somente quando identificá-lo por conta própria. Neste projeto foi desenvolvido um modelo de piso tátil inteligente, instrumentado com a tecnologia de identificação eletrônica NFC, que é capaz de transmitir informações mais detalhadas sobre o ambiente em que o deficiente se encontra, através de uma voz em seu próprio *smartphone* ou *tablet*.

1.3. ESTRUTURA DO TRABALHO

Como estrutura básica de apresentação dos conteúdos desenvolvidos neste projeto, optou-se por dividir este documento de acordo com o cronograma de execução proposto. No capítulo 2 estão sendo descritos detalhadamente os insumos obtidos nos estudos e pesquisas sob a forma de um referencial teórico. No capítulo 3 estão sendo descritos os materiais e métodos utilizados para a implementação de um modelo de testes. Os resultados obtidos nos ensaios de operação e a análise dos dados coletados estão contemplados no capítulo 4. Finalizando este trabalho, no capítulo 5 estão sendo apresentadas a conclusão e as sugestões de trabalhos futuros.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

Para o desenvolvimento deste projeto foi necessário o estudo em diversas áreas de conhecimento e tecnologias diferentes, com o objetivo de selecionar os recursos mais adequados para a implementação eficiente e de baixo custo. Neste capítulo estão sendo detalhadas as principais características relevantes sobre cada um dos temas pesquisados para subsídio teórico do desenvolvimento prático e a realização dos ensaios. Como o projeto propôs um sistema inovador de piso tátil inteligente para maior acessibilidade de deficientes físicos visuais em ambientes públicos, foi necessário expandir os conhecimentos desde as aplicações de normalização e uso de sinalizações específicas até a teoria de propagação de ondas eletromagnéticas no espaço livre e programação de aplicativos em plataforma Android®.

Atualmente ambientes de uso público e privado têm sido adaptados para fornecer uma maior acessibilidade aos deficientes físicos, tornando suas vidas mais independentes e seguras. Nestes processos de sinalização são utilizados pisos táteis para os deficientes visuais, que compreendem basicamente um piso plano, com um desenho em relevo saliente, no formato de barras e pontos, que podem ser sentidos e entendidos pelo toque de uma bengala ou do próprio calçado. Estes pisos servem de alerta de obstáculos genéricos no caminho, mas o deficiente visual não sabe qual é o obstáculo até identificá-lo por conta própria.

Durante este período também foram realizados estudos e pesquisas na área de identificação eletrônica por radiofrequência devido a este modelo de piso inteligente ser instrumentado com a tecnologia de identificação NFC, que é capaz de transmitir informações mais detalhadas sobre os obstáculos do percurso e do próprio ambiente em que o deficiente se encontra. De uma forma mais resumida, o principal objetivo deste projeto foi incorporar *tags* NFC no interior de pisos táteis para que eles contenham informações mais específicas sobre o obstáculo que sinaliza, assim como sua localização precisa.

De forma semelhante, também foram concentrados os esforços no desenvolvimento de um aplicativo para a plataforma Android®, que demandou grande conhecimento na área de programação, levando-se em consideração que as informações contidas no piso inteligente são lidas pelo aplicativo e após

é realizada a transdução para uma voz sintetizada, diretamente no próprio dispositivo de comunicação *mobile* do deficiente.

Concluindo o referencial bibliográfico, é importante também observar que a tecnologia NFC opera em campo próximo, ou seja, a propagação das ondas eletromagnéticas é realizada em curtas distâncias. Para evitar que o *smartphone* do deficiente visual tenha que ficar próximo ao solo para a leitura, foi desenvolvida uma extensão da antena do dispositivo *mobile* que capta os sinais de radiofrequência do piso tátil inteligente e os retransmite até o mesmo, da mesma forma que no sentido contrário, sem que seja preciso modificar o equipamento de comunicação original do usuário.

2.1. ACESSIBILIDADE PARA DEFICIENTES VISUAIS

A deficiência visual se define pela perda ou redução da capacidade visual em ambos os olhos, de maneira definitiva, não podendo ser corrigida com o uso de lentes ou tratamento clínico. A deficiência visual pode ser dividida em portadores de cegueira e portadores de visão subnormal.

Uma publicação do site da Organização das Nações Unidas (ONU, 2013) relata que segundo a OMS existem, no mundo, 39 milhões de cegos e outras 246 milhões de pessoas que sofrem de algum grau de perda de visão. Ainda segundo OMS, 90% dessas pessoas que sofrem de cegueira parcial ou total estão em países em desenvolvimento.

Segundo Mulser (Portal da Oftalmologia, 2011) as causas da deficiência visual podem ser também divididas em dois grupos, sendo eles de causa congênitas e de causas adquiridas. Entre as causas congênitas destacam-se a Amaurose congênita de Leber, malformações oculares, glaucoma congênito e a catarata congênita. Para os casos conhecidos como causas adquiridas podem consequências de traumas oculares, catarata, degeneração senil de mácula, glaucoma e alterações resultante de hipertensão arterial ou diabetes.

Conforme Fontoura (2015), pessoas portadoras de deficiência visual tem seus direitos e deveres amparados pela Constituição Federal como qualquer outro cidadão brasileiro, portador ou não de alguma deficiência. A Lei 7.853 de 24 de outubro de 1989 ampara a acessibilidade aos portadores de deficiência

visual, assim como a integração ao mercado de trabalho e condições adequadas de educação. Segundo artigo publicado no Portal Educação (2012), a coordenação e fiscalização sobre o cumprimento da lei em nível federal, estadual e municipal é de responsabilidade da Coordenadoria para a integração da Pessoa Portadora de Deficiência (CORDE). O Decreto Federal 3.298 de 1999, que regulamentou a Lei nº. 7853 garantindo direitos legais a todos os cidadãos brasileiros em solo nacional referentes à educação, saúde, lazer, trabalho, desporto, turismo, transportes, construções públicas, habitação, cultura e outros.

2.1.1. Pisos Táteis

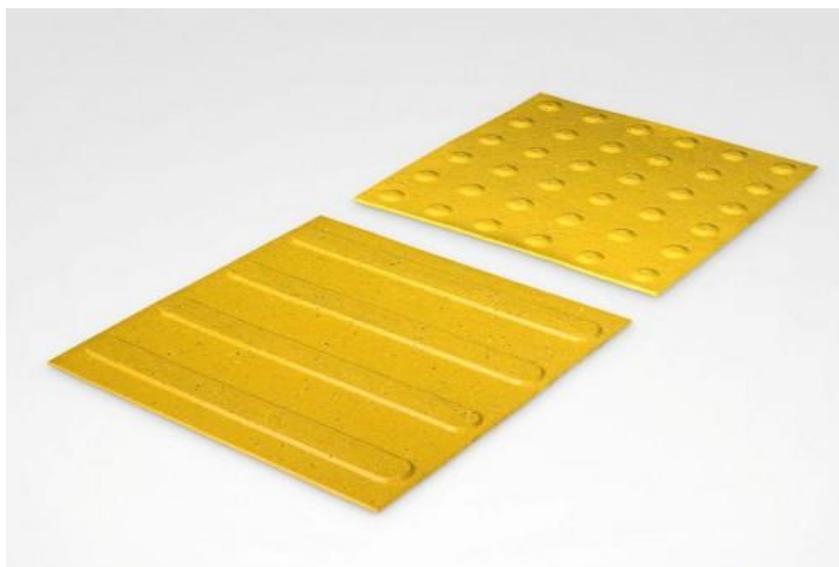
Segundo publicação do *website* Mozaik (2010), a sinalização em forma tátil é apenas uma parte da Sinalização Ambiental Inclusiva, e esta abrange diversas formas de comunicação, como a sinalização visual, sonora e outras presentes no ambiente urbano. A sinalização tátil não inclui apenas a sinalização de pisos, mas também de dispositivos de segurança, como corrimãos, elevadores, escadas, placas de identificação diversas e também postes e placas de rua. Geralmente é utilizada a Linguagem Braille para que pessoas com baixa ou nenhuma visão possam entender os elementos de sinalização tátil. O meio de leitura da comunicação para o ser humano poderá ser os pés, as mãos ou outras ferramentas direcionadas para este fim, como bengalas ou próteses.

A forma física dos pisos táteis é baseada em relevos, com formas definidas, assemelhando-se da Linguagem Braille, para que possam ser sentidos através do tato e entendidos de forma plena para a pessoa que interage com eles. As formas, ou geometria, dos relevos presentes nos pisos táteis são estabelecidas pela Norma de Acessibilidade a Edificações, Mobiliário, Espaços e Equipamentos Urbanos NBR 9050, com sua última versão do ano 2015, da Associação Brasileira de Normas e Técnicas.

Os pisos táteis podem ser divididos em duas simples categorias, sendo piso tátil de alerta e piso tátil direcional. O piso tátil de alerta indica a iminência de obstáculos, mudanças de plano, como escadas, degraus ou rampas, ou mudanças de direção. Os pisos táteis de alerta podem ser identificados pela presença de diversos círculos em alto-relevo distribuídos de maneira uniforme

sobre a superfície do piso, sendo popularmente chamados de “piso de bolinhas”. Já o piso tátil direcional, como o próprio nome diz, indicam o caminho seguro a ser percorrido. Eles podem ser identificados pela presença de linhas ou estrias em alto-relevo sobre sua superfície, sendo retas, separadas e na mesma direção. Na Figura 1 pode-se observar os dois exemplos mais comuns de pisos táteis comerciais utilizados para sinalização em ambientes públicos.

Figura 1 – Modelos de pisos táteis comerciais



Fonte: <http://www.somenteaccessibilidade.com.br/>

Ainda conforme a publicação do *website* de Mozaik, pode-se classificar os pisos táteis conforme a forma de aplicação, de acordo com estes 3 tipos:

- a) Integrados: são pisos instalados no mesmo nível do piso adjacente. Eles podem ser instalados durante a construção ou adaptados com a remoção do piso existente onde o piso tátil for instalado. Os pisos táteis integrados são construídos em diversos materiais como, por exemplo, inox, concreto, cerâmica e polímeros;
- b) De sobreposição: são instalados sobre o piso existente, sem a necessidade de remoção do mesmo. São pisos construídos em PVC ou borracha nitrílica fixados com o uso de adesivos de contato;
- c) Elementos táteis discretos: são fixados apenas os elementos em relevo presentes nos pisos táteis diretamente sobre o piso existente. Podem ser instalados através de colas ou adesivos e também podem ser fixados através

de furos ou parafusados no piso existente. São fabricados, geralmente, em poliuretano, inox ou PVC.

2.2. IDENTIFICAÇÃO ELETRÔNICA - NFC

Sendo esta tecnologia um dos recursos mais importantes para o funcionamento deste projeto, observa-se que ela possui algumas características peculiares e limitações que necessitam ser muito bem avaliadas e compreendidas antes da implementação do modelo de testes. Segundo Brito (2012), esta tecnologia de identificação eletrônica de campo próximo, chamada de NFC (*Near Field Communication*), é uma tecnologia de comunicação sem fio de curto alcance, de mais ou menos 10 cm de distância, que utiliza as mesmas funcionalidades de um sistema de identificação por radiofrequência (RFID) tradicional, entre dois dispositivos ativos ou entre um dispositivo ativo e uma *tag*. Este padrão é definido e regulamentado pelo NFC Fórum, um consórcio criado em 2004 e formado por diversas companhias de *hardware*, *software*, cartões de crédito e bancos.

Baseando-se na forma como Haselsteiner e Breitfuss (2006) classificam os dispositivos NFC em ativos e passivos, eles possuem dois modos de operação básico, sendo os modos ativo-ativo e o ativo-passivo. No primeiro modo chamado de ativo-ativo, os dois dispositivos possuem a capacidade de gerar campos eletromagnéticos de radiofrequência (RF). Neste caso, eles podem estabelecer a comunicação de dados de identificação entre dois dispositivos móveis com suas respectivas fontes de energia individuais ativas, onde entende-se que dispositivos ativos usualmente possuem seu próprio suprimento de energia. No segundo modo de operação chamado de ativo-passivo, somente o dispositivo que é ativo, normalmente chamado de “leitor” ou “interrogador”, gera o campo eletromagnético de radiofrequência necessário para a comunicação. O dispositivo passivo usa então este campo de alta intensidade de sinal para energizar-se e efetuar a troca de informações. Segundo os autores, o modo de operação dos dispositivos é muito importante pois determina a forma como os dados serão transmitidos e disponibilizados, da

mesma forma que determina a quantidade mínima de energia necessária em cada processo de leitura e identificação.

No modo ativo os dados são enviados utilizando uma modulação por chaveamento em amplitude ASK (*Amplitude Shift Keying*). Isto significa que o sinal base de radiofrequência, em geral na faixa de 13,56 MHz, é modulado com a variação dos dados de acordo com um esquema de codificação. Se a taxa de transmissão for de 106 kBits/s, o esquema de codificação é o chamado de codificação Miller modificada. Se a taxa de transmissão for maior que 106 k kBits/s, é aplicado então o esquema de codificação Manchester. Em ambos esquemas de codificação um único *bit* de dado é enviado em um intervalo de tempo fixo. Este intervalo de tempo é dividido em duas metades, chamadas de meio *bit*. Na codificação Miller um valor zero é codificado com uma pausa no primeiro meio *bit* e sem pausa no segundo meio *bit*. Um estado um é codificado sem pausa no primeiro meio *bit*, mas com uma pausa no segundo meio *bit*. Neste padrão algumas regras adicionais são aplicadas na codificação de zeros. No caso de um valor um seguido de um zero, dois meio *bits* subsequentes terão uma pausa. A codificação Miller modificada evita isto codificando um zero, que diretamente segue um valor um com dois meio *bits* sem pausa. Na codificação Manchester a situação é quase a mesma, mas ao invés de ter uma pausa no primeiro ou segundo meio *bit*, todo o meio *bit* ou é uma pausa ou modulado (Haselsteiner e Breiffuss, 2006).

Além do esquema de codificação a potência do sinal de modulação depende também da taxa de transmissão. Para 106 kBits/s de taxa de transmissão 100% de modulação deve ser utilizada. Isto significa que em uma pausa o sinal será zero, sem nenhuma energia sendo transmitida neste momento. Para taxas de transmissão maiores que 106 kBits/s, apenas 10% da relação de modulação é utilizada. De acordo com a definição desta relação de modulação para que o sistema mantenha sua eficiência pelo requisito de consumo de energia, é necessário que seja ocupado em torno de 82% do nível do sinal onde não houver uma pausa (Haselsteiner e Breiffuss, 2006).

No modo passivo os dados são enviados usando uma carga reduzida de modulação, onde os dados são sempre empacotados utilizando a codificação Manchester, com modulação de 10%. Para 106 kBits/s, uma subportadora é utilizada para auxiliar na modulação, e para taxas de transmissão superiores a

106 kBits/s, o sinal base de radiofrequência é modulado apenas em 13,56 MHz (Haselsteiner e Breitfuss, 2006).

Adicionalmente aos modos ativo e passivo, há dois diferentes papéis que um dispositivo pode desempenhar na comunicação NFC. De uma forma geral, pode-se afirmar que a tecnologia NFC é baseada em um conceito de mensagem e resposta de informações de identificação. Isto significa que se um dispositivo A envia uma mensagem para um outro dispositivo B, então o dispositivo B envia de volta uma resposta. Não é possível o dispositivo B enviar algum dado para o dispositivo A sem primeiro receber alguma mensagem do dispositivo A, para o qual ele pode responder. O termo usado para referenciar o dispositivo A que inicia a troca de dados é iniciador, e a nomenclatura do outro dispositivo (B) é geralmente utilizada como alvo (Haselsteiner e Breitfuss, 2006).

Além destas informações, é importante observar que na comunicação NFC não existe a limitação de apenas um par de dispositivos. Na verdade, um dispositivo iniciador consegue conversar com múltiplos dispositivos alvo quase que simultaneamente, o que aumenta consideravelmente as possibilidades deste projeto. Neste caso todos os dispositivos alvo são ativados ao mesmo tempo, mas antes de enviar uma mensagem o iniciador precisa selecionar um dispositivo receptor apenas. A mensagem então precisa ser ignorada por todos os dispositivos alvo não selecionados. Somente o dispositivo alvo selecionado é autorizado a responder aos dados recebidos. Portanto, por esse motivo não é possível enviar dados para mais de um dispositivo ao mesmo tempo (Haselsteiner e Breitfuss, 2006).

2.3. PROPAGAÇÃO DE SINAIS - NFC

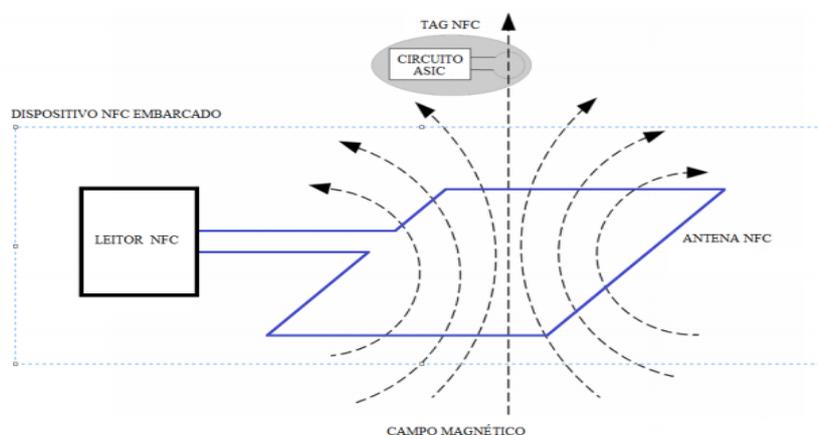
Conforme discutido anteriormente, a tecnologia de identificação eletrônica NFC, como o próprio nome sugere, é uma tecnologia de comunicação que opera em distâncias muito curtas, quase com um contato físico. Desta forma, não seria viável ao usuário do sistema, que deverá ser inicialmente uma pessoa com deficiência visual, utilizar seu *smartphone* próximo ao chão para efetuar a leitura das *tags* inseridas no piso tátil. Como a ideia inicial deste projeto é desenvolver esta solução de acessibilidade com baixo custo e simplicidade de operação, a modificação do *hardware* do equipamento de comunicação *mobile* do usuário

para a conexão física de uma antena externa inviabilizaria a popularização do uso em larga escala. Desta forma, um dos maiores desafios do projeto foi desenvolver uma solução que interagisse com o *hardware* disponível para a leitura das *tags* sem modifica-lo. Para propor uma solução inovadora para este problema, foi necessário entender como funciona a propagação das ondas eletromagnéticas nestas frequências e as limitações de propagação, da mesma forma que os acoplamentos de sinais sem contato físico através de antenas.

Analisar a forma como uma antena utilizada em dispositivos NFC irradia o campo eletromagnético para energizar as *tags* passivas, assim como a própria mecânica construtiva destes dispositivos, foram os primeiros passos para o desenvolvimento de um modelo preliminar de extensão de enlace sem conexão física (*contactless*) para a antena do dispositivo móvel capturar os dados das *tags* NFC instaladas nos pisos táteis inteligentes diretamente do solo. Esta extensão foi projetada para se conectar ao *smartphone* apenas pela propagação dos sinais e percorrer uma bengala até próximo ao solo, e desta forma replicar o campo eletromagnético gerado na antena do dispositivo.

Segundo Moreira (2013), os dispositivos NFC funcionam através da indução magnética gerada em uma antena do tipo bobina no dispositivo ativo, ou leitor, e então ela é transmitida através desta antena produzindo uma corrente elétrica gerada pelo campo eletromagnético resultante desta indução. Este fenômeno pode ser observado na Figura 2.

Figura 2 – Modelo de campo magnético na antena do dispositivo NFC



Fonte: Moreira (2003)

Pode-se observar que nesta representação, ao circular uma corrente elétrica na bobina que forma sua antena, ela responde com a formação de um campo magnético induzido de acordo com a teoria eletromagnética. Neste efeito, nota-se que o campo magnético que é gerado forma linhas de força que se propagam pelo ar até serem absorvidas por um elemento externo ou serem totalmente atenuadas pela atmosfera. Desenvolver um mecanismo que seja capaz de absorver este campo próximo a antena, guiar o mesmo por um par metálico em forma de corrente elétrica e novamente aplicar essa energia em outra antena mais distante do *smartphone*, foi definida como a solução para que o usuário não necessite aproximar o dispositivo do piso inteligente para realizar a leitura dos dados de identificação.

2.4. COMUNICAÇÃO DE DADOS DO NFC

Para o desenvolvimento do aplicativo deste projeto foi necessário realizar um estudo sobre as ferramentas de implementação da tecnologia NFC em dispositivos móveis de comunicação, mais especificamente no Android®. Dentro do conceito de dados da tecnologia, encontra-se o formato NDEF (*NFC Data Exchange Format*), que é uma especificação do arranjo dos dados de forma padronizada pelo NFC Fórum. A Tabela 1 apresenta os quatro tipos de *tags* padronizados que podem conter este formato de dados NDEF:

Tabela 1 – Padronização de *tags* no formato NDEF

Tipo do NFC	Nome do Formato	Tecnologias e Tags
1	NFC-FORUM_TYPE_1	<i>Innovision Topaz</i>
2	NFC-FORUM_TYPE_2	<i>NXP MIFARE Ultralight</i>
3	NFC-FORUM_TYPE_3	<i>Sony Felica</i>
4	NFC-FORUM_TYPE_4	<i>NXP MIFARE Desfire</i>

Fonte: <https://developer.android.com/reference/android/nfc/tech/Ndef.html>.

Desenvolver um aplicativo para qualquer ambiente Android® com funcionalidades da tecnologia NFC exige que seja utilizada uma das classes de tipos de *tags* estabelecidas no NFC Fórum.

2.4.1. Formato NDEF

Este formato é utilizado para descrever como um conjunto de ações devem ser codificadas em uma *tag* NFC, ou se elas tiverem que ser trocadas entre dois ou mais dispositivos NFC. A grande maioria dos dispositivos com NFC disponível no mercado suporta a leitura de mensagens NDEF de *tags* NFC, e por esse motivo está sendo considerada neste projeto.

Em um nível básico, um registro NDEF contém dois componentes:

- a) Um tipo de registro usado para contextualizar os dados de *payload*;
- b) Os próprios dados de *payload*.

Juntos, estes dois componentes representam a ação que deve ser tomada pelos dispositivos quando uma *tag* NFC for aproximada do leitor. O NDEF suporta um conjunto severamente limitado de ações, então ações mais complexas podem ser implementadas com *softwares* complementares operando no dispositivo leitor. Múltiplos registros de dados e informações podem ser escritos em uma *tag* NFC padronizada, porém muitas aplicações utilizam apenas a ação especificada no primeiro registro. De uma forma simplificada, existem duas condições principais quando se trabalha com dados NDEF no Android®:

- a) Ler dados NDEF de uma *tag* NFC;
- b) Enviar mensagens NDEF de um dispositivo para outro com as funcionalidades do Android Beam™.

Como o objetivo da aplicação desenvolvida neste projeto é apenas a leitura de dados de uma *tag* NFC, então não está sendo abordado o funcionamento do Android Beam™. A leitura de dados NDEF de uma *tag* NFC é manipulada com o comando *tag dispatch system* (sistema de despacho de *tag*, em tradução livre), que analisa as *tags* NFC descobertas, categoriza os dados apropriadamente e inicia a aplicação própria aos dados categorizados. A aplicação que deseja manipular a *tag* NFC é colocada em modo *scanner*,

podendo declarar um *intent filter* (filtro de intenção, em tradução livre), resultando em uma requisição de manipulação dos dados.

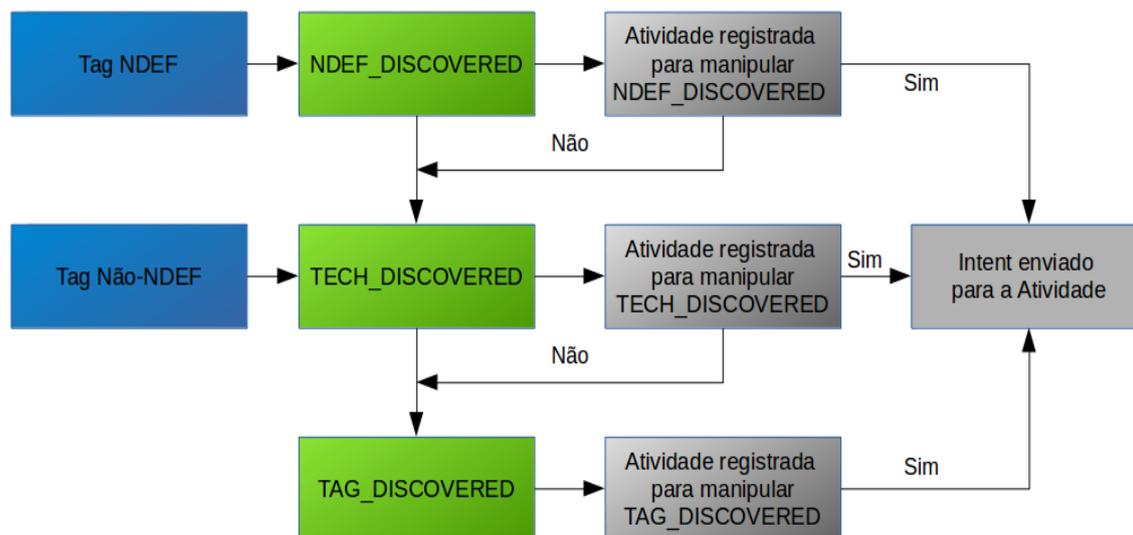
Dispositivos com sistema operacional Android® que possuem a tecnologia NFC habilitada e ativa estão, geralmente, a procura de *tags* NFC em seu campo de leitura, naturalmente quando a tela está desbloqueada. Quando o dispositivo descobre uma *tag* NFC, o comportamento desejado é de que a ação atribuída manipule o *intent* sem perguntar ao usuário qual aplicação utilizar. Como estes dispositivos procuram os *tags* NFC em uma distância muito curta, fazer com que o usuário selecione manualmente uma atividade o forçaria a mover o dispositivo para longe da *tag*, impedindo a correta conexão.

2.4.2. Intents

Quando um sistema com a tecnologia NFC reconhece uma *tag* em seu campo de leitura, é ativada uma intenção (*intent*) de comunicação e obtenção de suas informações de identificação. Esse processo é automaticamente direcionado para as aplicações que eventualmente podem estar interessadas nestas informações. Se mais de um aplicativo puder manipular essa intenção, um questionamento ao usuário é enviado para que faça a escolha. O sistema NFC define três intenções de acordo com a ordem de maior prioridade:

- a) ACTION_NDEF_DISCOVERED: Este *intent* é utilizado para iniciar uma *activity* (atividade) quando uma *tag* contendo uma *payload* NDEF é lida e é de um tipo conhecido. Este é o *intent* de maior prioridade, e o *tag dispatch system* tenta iniciar uma *activity* com este *intent* antes de qualquer outro, sempre que possível.
- b) ACTION_TECH_DISCOVERED: Se não há atividades registradas para manipular o *intent* anterior, o *tag dispatch system* tenta iniciar uma aplicação com este *intent*. Ele também é diretamente iniciado se a *tag* lida não conter dados NDEF, mas for de uma tecnologia de *tag* conhecida.
- c) ACTION_TAG_DISCOVERED: Se não houverem atividades que iniciem os *intents* anteriores, este *intent* será iniciado.

Na Figura 3 pode-se observar o modo de funcionamento do *tag dispatch system* em um sistema NFC:

Figura 3 – *Tag Dispatch System*

Fonte: <https://developer.android.com/guide/topics/connectivity/nfc/nfc.html>.

Utilizar níveis de prioridade mais altos nesta aplicação permitem que o usuário tenha acesso direto ao aplicativo desenvolvido sempre que o sistema perceber a presença de uma *tag* de sinalização de obstáculos, observando que o mesmo possui limitações físicas e que está se deslocando apenas com recursos próprios pelo ambiente, tornando o ambiente mais seguro e confiável.

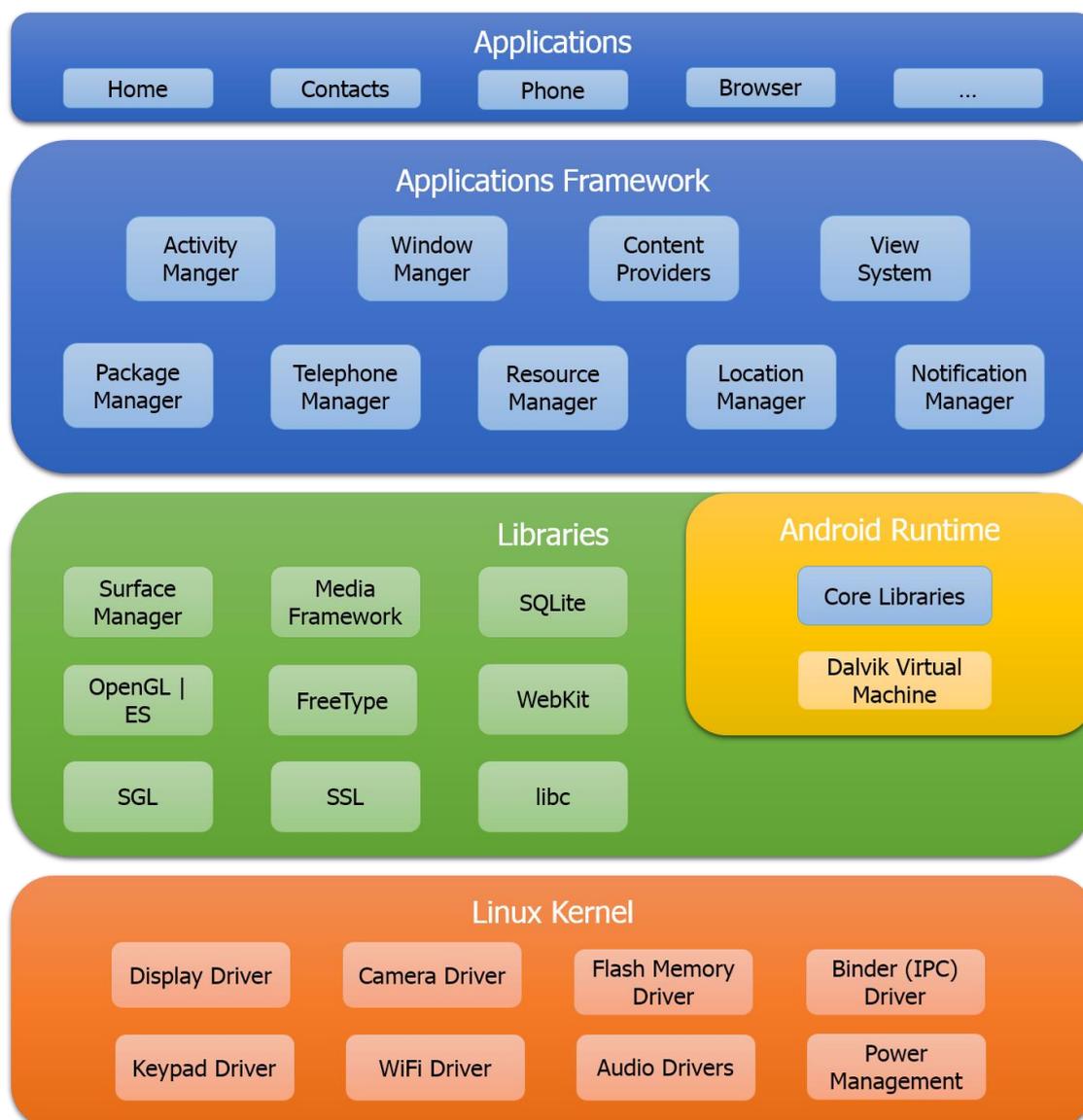
2.5. ANDROID

O sistema operacional Android® da Google é um programa para dispositivos móveis baseado no Linux. Atualmente o sistema é líder no mercado de *smartphones* e está presente em diversos dispositivos, como centrais multimídia de veículos (*Android Auto*), televisores com acesso à internet, chamados de *Smart TV (Android TV)* e relógios de pulso, chamados de *Smart Watches (Android Wear)*. Existe ainda uma versão do Android® para computadores de mesa e *notebooks* conhecida como Android x86, sendo um projeto não oficial desenvolvido para rodar em dispositivos com processadores AMD e Intel baseados na arquitetura x86, já que *chips* para dispositivos móveis são baseados na arquitetura ARM, que segue o modelo RISC.

O Android® pode ser definido como uma VM (Máquina Virtual) Java executando em cima do *kernel* do Linux, utilizando-se de bibliotecas e serviços para o desenvolvimento de aplicações na linguagem Java. A VM sobre a qual o Android® roda é chamada de Dalvik, sendo ela a responsável pelo controle absoluto de todo o *hardware* e serviços do sistema. A Dalvik é responsável pela abstração de *hardware* na programação para o Android®, pois com ela os desenvolvedores podem criar aplicações sem se preocupar com o *hardware* que irá rodar, já que a VM fará com que as aplicações executem em qualquer dispositivo com os recursos requeridos por elas. De uma forma geral, o sistema operacional Android® pode ser dividido em 5 camadas:

- a) Aplicações: Camada que representa o topo da arquitetura do sistema Android® e compreende os aplicativos nativos do mesmo. Pode-se citar entre eles o cliente de e-mail, o aplicativo de calendário, relógio e despertador, navegador de internet, agenda de contatos, etc.;
- b) *Framework*: É a camada que disponibiliza aos desenvolvedores de aplicativos as mesmas ferramentas e recursos que as aplicações nativas do sistema tem acesso. A camada de *framework* foi desenvolvida para tornar simples a reutilização de procedimentos e recursos.
- c) Bibliotecas e serviços: É através das bibliotecas presentes nesta camada que os aplicativos fazem uso dos recursos de *hardware* e de *software* nativo do dispositivo e sistema. Bibliotecas como a OpenGL/ES trabalham com a interface gráfica e recursos visuais do dispositivo, já a biblioteca SQLite gerencia a parte de banco de dados. Para a programação da maior parte das bibliotecas presentes no sistema são utilizadas as linguagens de programação C e C++;
- d) *Android Runtime*: É a camada que gerencia o tempo de execução das aplicações, permitindo que cada *thread* possa executar em uma instância própria da máquina virtual Dalvik;
- e) *Kernel Linux*: O *kernel* Linux utilizado pelo Android® possui diversas otimizações em relação ao *kernel* utilizado em sistemas Linux tradicionais, para melhorar o gerenciamento de memória e o tempo de processamento de aplicações. A camada do *kernel* é responsável pela abstração entre *hardware* e aplicativos. A representação gráfica destas camadas do sistema operacional Android® da Google está demonstrada na Figura 4.

Figura 4 – Camadas do sistema operacional Android®



Fonte: <https://lokeshv.wordpress.com/tag/android/>

2.5.1. Desenvolvimento em Plataforma Android®

O desenvolvimento de aplicativos para o sistema Android® é semelhante ao desenvolvimento para qualquer outra plataforma. Basicamente é utilizada uma IDE (*Integrated Development Environment* ou Ambiente de Desenvolvimento Integrado, em português) para programar em Java, que oferece as ferramentas para edição e compilação dos códigos. Para o desenvolvimento de aplicativos para Android® é necessário a utilização do

Android SDK (Software Development kit) em conjunto com a IDE escolhida. É o *Android SDK* que vai fornecer à IDE todas as bibliotecas do sistema Android® e os emuladores das diversas versões do sistema para que os aplicativos possam ser testados conforme o desenvolvedor os edita.

Existem diversos ambientes de desenvolvimento integrados (IDE) disponíveis para a programação em Android®, sendo algumas delas a *NetBeans*, *Eclipse*, *Xamarin Studio* e a *IDE Android Studio*. O *Android Studio* é a IDE oficial para o desenvolvimento de aplicações para o sistema Android®. Ao efetuar o *download* o desenvolvedor tem a disposição todas as ferramentas necessárias para seus projetos, além de ter sempre um ambiente com as ferramentas e recursos mais recentes pela forma constante como a Google atualiza a IDE.

3. MATERIAIS E MÉTODOS

Neste módulo estão sendo demonstradas as tecnologias selecionadas, os materiais e os métodos utilizados para o desenvolvimento deste projeto de implementação de um piso tátil inteligente com tecnologia de identificação eletrônica de campo próxima para a utilização em ambientes públicos.

Inicialmente estão sendo descritos os procedimentos e ferramentas utilizados para a identificação eletrônica das *tags* pelos usuários deficientes a partir de um aplicativo especialmente desenvolvido para o seu *smartphone*. Este aplicativo possui as funcionalidades voltadas para pessoas com deficiência visual, e desta forma devem operar de forma autônoma e intuitiva, evitando erros de interpretação, falhas na operação e eventuais acidentes.

Na sequência estão sendo apresentados os dispositivos de *hardware* utilizados para a instrumentação dos pisos táteis comerciais, proporcionando uma maior variedade de sinalizações de alerta para os usuários. Devido à versatilidade das *tags* NFC, além das informações básicas também está sendo contemplada a utilização de informações mais completas e precisas do ambiente instrumentado e do seu entorno.

Concluindo o desenvolvimento proposto, também está sendo descrito todo o desenvolvimento do aplicativo de leitura das informações do piso inteligente. Este aplicativo foi criado para operar de forma simplificada diretamente nos equipamentos de comunicação *mobile* dos deficientes, diminuindo os custos de implementação. Para tornar a utilização mais prática e direta, o aplicativo foi desenvolvido com uma ferramenta de transdução audível das informações gravadas nas *tags* do piso tátil.

3.1. DISPOSITIVOS NFC

Como requisito de implementação deste projeto foi definido que ele deveria prover a utilização da maior parcela possível de recursos de *hardware* já existentes, assim como os dispositivos e interfaces que necessitassem ser adquiridas ou desenvolvidas deveriam ser de baixo custo. Este foi um dos principais motivos para a escolha da tecnologia de identificação eletrônica NFC como base da instrumentação deste trabalho. Ela possui um valor relativamente

baixo de aquisição por *tag*, assim como uma boa quantidade de dispositivos de comunicação *mobile* pessoais, como *smartphones* e *tablets*, já possuem esta tecnologia embarcada.

Para o desenvolvimento deste projeto foi selecionada e utilizada a *tag* NFC modelo NXP MIFARE Classic 1k, que devido as suas características construtivas é mais resistente ao ambiente, e ao seu formato tipo cartão de PVC, pois desta forma ela possui maior área de antena útil para leitura. Esta última característica é muito importante para este projeto porque a bengala de extensão da antena do *smartphone* que foi desenvolvida necessita realizar a leitura o mais rápido possível e com maior dinâmica. Outras *tags* desta tecnologia são pequenas e em formato circular, como uma moeda, e tornariam muito complicada e demorada a tarefa de leitura do conteúdo. Esta *tag* utilizada é do mesmo modelo utilizado em Santa Maria pelo Sistema Integrado Municipal para o pagamento de Vale-transporte no sistema público de transporte urbano. Seu valor pode ser considerado bem baixo, custando em torno de US\$ 2 dólares por conjunto, contendo de 5 a 10 *tags* por lote. Elas podem facilmente ser encontradas em *sites* de e-comércio internacionais, como o AliExpress, por exemplo, e ao custo médio de aproximadamente R\$ 10 em lojas nacionais.

De acordo com a fabricante, as *tags* NXP MIFARE Classic possuem as seguintes características:

- Totalmente compatível com ISO/IEC 14443 Tipo A 1-3, garantindo amplo mercado de soluções;
- Disponíveis com identificador unificado de 7 *bytes* (7B UID) ou identificador não unificado de 4 *bytes* (4B NUID);
- 1 kB ou 4 kB de memória EEPROM;
- Resistência para 200.000 ciclos de leitura; e
- Frequência central de 13,56 MHz.

Para efetuar a leitura, escrita, proteção e testes da *tag* foi utilizado o aplicativo NFC Tools, adquirido através da *Play Store*, loja de aplicativos oficial do Android®. O aplicativo NFC Tools foi escolhido por oferecer uma ampla gama de recursos e possuir uma interface limpa e de fácil utilização, porém a *Play Store* possui diversos outros aplicativos que podem suprir as necessidades de leitura, escrita e proteção de *tags*, ficando de livre escolha qual utilizar. Na Figura 5 pode-se observar o modelo da *tag* escolhida do tipo cartão de crédito plástico.

Figura 5 – Modelo da *tag* utilizada no projeto



Fonte: Próprio Autor

3.1.1. Ensaio com o Aplicativo NFC Tools

A tecnologia NFC utilizada neste projeto, embora esteja se tornando comum nos *smartphones* e *tablets* vendidos no comércio, ainda é pouco utilizada pela grande maioria dos usuários, inclusive uma grande parte dos usuários nunca utilizou suas funcionalidades ou até mesmo sabe de sua existência no dispositivo de comunicação *mobile* pessoal.

Para adquirir o conhecimento necessário na tecnologia NFC e desenvolver um aplicativo para este projeto que contemple as melhores funcionalidades que este sistema oferece. Para isto foi utilizado um aplicativo comercial, disponibilizado inicialmente para a plataforma Android®, que permite realizar a descoberta, leitura e gravação de dados nas *tags* NFC, de forma simples e intuitiva. Da mesma forma, o aplicativo também permite a visualização das posições de memória existentes e utilizáveis, permitindo a exploração dos recursos de forma mais rápida para a posterior prova de conceito do aplicativo desenvolvido para os deficientes visuais utilizarem neste sistema. Este aplicativo escolhido para os primeiros ensaios de aquisição de experiência com a tecnologia foi o NFC Tools, distribuído pela *Play Store* para Android®.

Pode-se observar na Figura 6 este aplicativo em operação, onde nesta imagem está sendo apresentada uma captura de tela do aplicativo NFC Tools contendo os dados da *tag*, sendo que ela segue o padrão ISO/IEC 14443A. Este padrão define a utilização para sistemas de leitura de proximidade sem contato físico, e possui 1 *kBytes* de memória divididos em 16 setores com 4 blocos cada,

com 16 *bytes* de memória por bloco. O aplicativo possui diversas outras funcionalidades da tecnologia NFC que estão disponíveis na *tag* para utilização, assim como demais informações de status e operação.

Figura 6 – Informações da *tag* utilizada apresentadas pelo NFC Tools

	Tipo de tag : ISO 14443-3A NXP MIFARE Classic 1k (Classic) 1K	⋮
	Tecnologias disponíveis NfcA, MifareClassic, Ndef	⋮
	Número de série 9B:1B:E0:1C	⋮
	ATQA 0x0004	⋮
	SAK 0x08	⋮
	Informações da memória 1 kBytes: 16 setores de 4 blocos (16 bytes por bloco)	
	Formato de dados NXP Mifare Classic	

Fonte: Próprio Autor

3.1.2. Ensaios de Dinâmica de Leitura

Como o próprio nome da tecnologia de identificação eletrônica descreve, estes sistemas NFC possuem a característica principal de operar em campo próximo, ou seja, através da aproximação da antena com a *tag* que se deseja realizar a leitura das informações. Essa necessidade de proximidade demonstra que a tecnologia possui uma grande fragilidade em relação à dinâmica de leitura do sistema de transmissão das ondas eletromagnéticas, e que variações na forma de adquirir essas informações das *tags* pode comprometer a leitura dos dados. Esta aplicação em especial, determina que as *tags* devem ser integradas ao piso tátil, o que aumenta a distância que a antena do leitor pode chegar e coloca um determinado material, geralmente dielétrico, entre as duas partes.

Através da utilização do NFC Tools, foi possível determinar se a *tag* era compatível com a tecnologia NDEF, e avaliar as distâncias de leitura com ou sem

obstáculos. A leitura direta da *tag* com o *smartphone* foi realizada com sucesso em uma distância máxima de aproximadamente 10 cm. Utilizando alguns materiais para obstrução do sinal, simulando a instalação da *tag* no piso tátil, também apresentaram bons resultados de leitura, variando entre 2 a 4 cm de distância máxima entre o *smartphone* e a *tag* utilizada. Embora tenha ocorrido uma grande perda de dinâmica de leitura, na prática para todos os materiais não metálicos utilizados os resultados estão dentro do esperado para o projeto, uma vez que a ideia da antena é que ela sirva para tatear o piso (com contato físico), e então realizar a leitura, atendendo todas as distâncias ensaiadas.

3.1.3. Desenvolvimento de uma Antena Experimental

Conforme comentado anteriormente, um dos maiores problemas para a implementação deste projeto é ajustar a leitura das informações que estão contidas nas *tags* do piso tátil através do *smartphone* ou *tablet* do usuário, sem que para isto seja necessária a aproximação do mesmo com o solo. Da referência bibliográfica pode-se analisar que a antena de transmissão das informações para a tecnologia NFC de 13,56 MHz é formada por uma bobina metálica. Este formato de antena permite que ao circular uma corrente elétrica se forma um campo magnético induzido, que se propaga pelo espaço livre em um campo próximo, de poucos centímetros de distância.

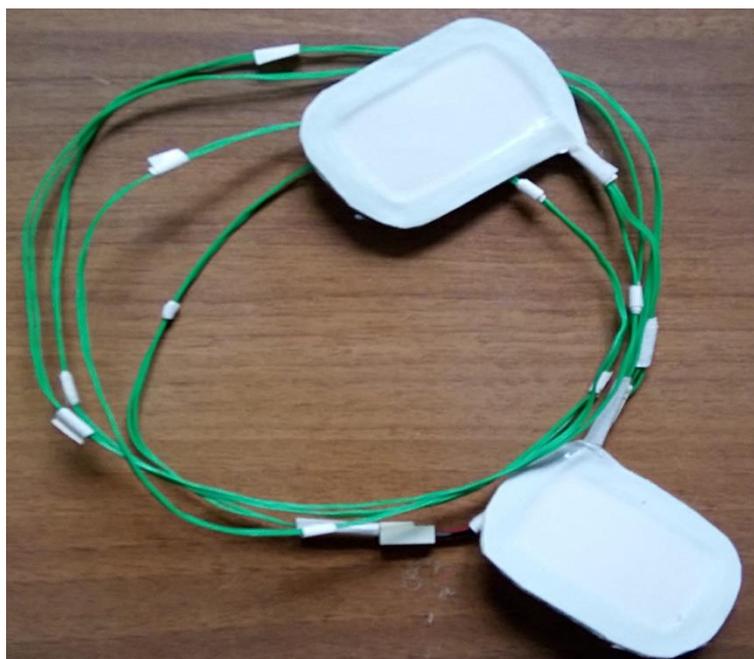
Como definido na teoria eletromagnética para a propagação de ondas, este campo induzido possui uma determinada energia que pode ser capturada e reaproveitada, como ocorre no processo de leitura de *tags* passivos. Neste processo de transferência de energia existe uma absorção pelo receptor de forma totalmente livre de contato, através de indução pura, ou seja, sem que haja interação física direta entre os dois dispositivos. Através deste efeito, pode-se também desenvolver um adaptador desta antena, que não necessite realizar modificações no dispositivo *mobile* do usuário, mas que possa absorver este campo próximo a antena, guiar o mesmo por um par metálico em forma de corrente elétrica e novamente aplicar essa energia através de outra antena mais distante do *smartphone*.

Através dos conhecimentos adquiridos e informações complementares na internet, foi desenvolvido um modelo preliminar de extensão de campo de leitura

sem contato elétrico, conhecido como *contactless*, entre a antena do dispositivo móvel e as *tags* NFC instaladas nos pisos táteis inteligentes. Esta extensão foi projetada para se conectar ao *smartphone* apenas pela propagação dos sinais e percorrer uma espécie de bengala até próximo ao solo, e desta forma replicar o campo eletromagnético gerado na antena do dispositivo.

Desta forma foi realizada a montagem de uma antena tipo clone da antena NFC original do dispositivo *mobile*, onde através de sua aproximação buscou-se absorver a maior parte da energia propagada durante uma tentativa de leitura e identificação de uma *tag*. Esta antena foi construída através da reprodução de uma bobina de fio metálico com isolamento de PVC idêntica a antena original de fábrica do *smartphone*. O fio utilizado foi o retirado de um cabeamento de par trançado UTP. Uma bobina exatamente igual a primeira também foi construída para a nova emissão do campo magnético para a excitação e leitura das *tags* no piso inteligente. Para a conexão das duas antenas foi utilizado outro condutor metálico de uso comum, pois tem apenas a finalidade de transportar a corrente elétrica absorvida por uma antena até a outra, que funcionará como conversora novamente em campo magnético. A Figura 7 apresenta as antenas desenvolvidas para este projeto e o cabo de conexão entre elas.

Figura 7 – Reprodução de duas antenas clonadas do *smartphone*

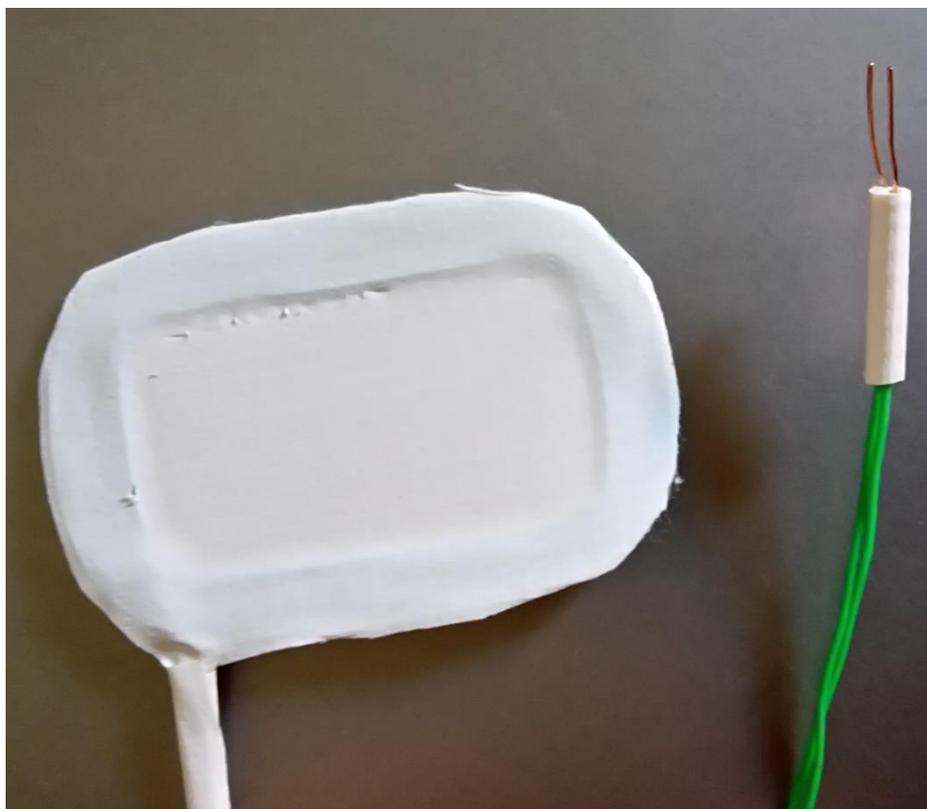


Fonte: Próprio Autor

Com a utilização dos dados técnicos do fabricante de um *smartphone* comercial, foram adquiridas as respectivas dimensões da antena do dispositivo NFC sem a necessidade de desmontar um aparelho destes. Com estas informações, foram construídas as duas antenas em forma de bobina metálica com um total de 7 voltas, ou espiras, cada uma delas. O formato retangular da antena está seguindo o formato físico das antenas das *tags* utilizadas no projeto.

Na Figura 8 pode-se observar o cabo de ligação entre as duas antenas utilizadas no extensor, assim como o formato final das antenas bobinadas.

Figura 8 – Formato final das antenas do extensor e cabo de ligação

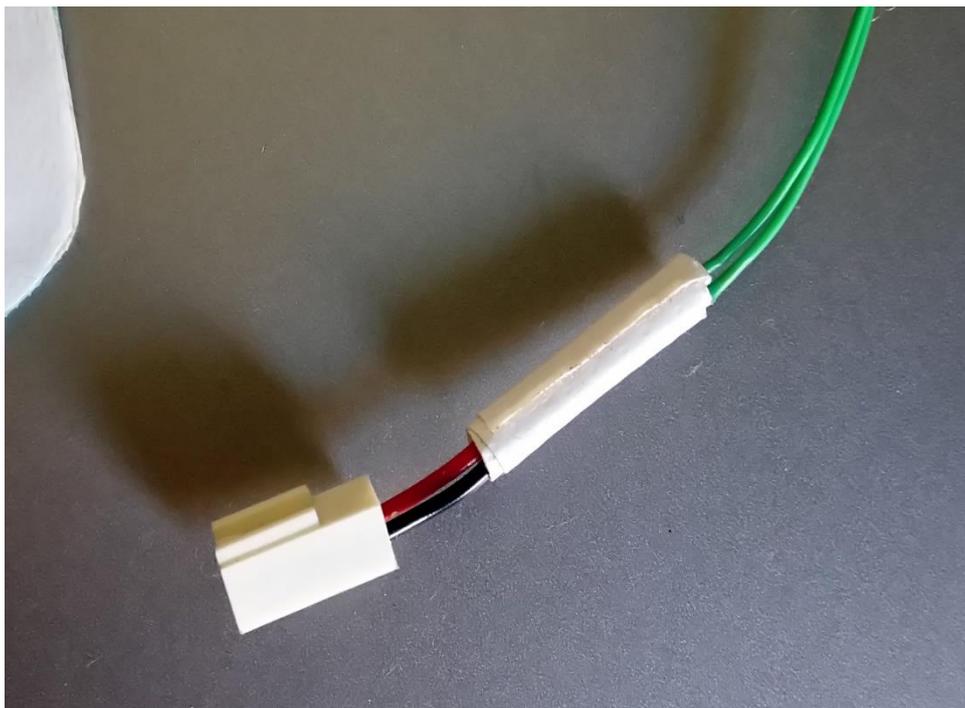


Fonte: Próprio Autor

Para simplificar a montagem do extensor da antena do *smartphone* foi utilizado um conector conforme demonstrado na Figura 9. Esta interrupção do cabo foi realizada de forma simples justamente para facilitar a conexão e desconexão das partes da bengala, seja para o ajuste do tamanho, como para outras adequações que venham a ser necessárias. Com essa solução a parte

maior da antena pode ser fixada na bengala e uma pequena parte ficou acoplada ao *smartphone* de testes, inicialmente fixada com fita dupla face. No futuro deve-se desenvolver um suporte mais adequado e adaptativo para diferentes modelos de dispositivos *mobile*, semelhante aos suportes utilizados para veículos.

Figura 9 – Conector para montagem simplificada do extensor de antena



Fonte: Próprio Autor

3.2. PISO TÁTIL INTELIGENTE

Embora este trabalho tenha proposto um novo conceito de piso tátil inteligente, que é instrumentado com a tecnologia de identificação eletrônica NFC que oferece infinitas funcionalidades baseada em um *software*, suas características básicas de sinalização devem permanecer inalteradas. Como características básicas entende-se sua forma física e estrutura já estabelecida de sinalização através de traços e pontos sensíveis ao toque. Esse modelo já é amplamente utilizado para oferecer os recursos de acessibilidade e não deve ser substituído pelo novo modelo proposto, sendo apenas agregadas novas possibilidades através do uso de novas tecnologias de comunicação.

De uma forma geral, entende-se então que o piso tátil tradicional não deve e não pode ser substituído por formas diferentes de sinalização, mas ele deve assumir novas funcionalidades com a adição de dispositivos eletrônicos de identificação em seu modelo básico amplamente difundido e utilizado.

Embora o sistema proposto ofereça inúmeras vantagens operacionais, deve-se observar que podem ocorrer situações onde o deficiente não está em condições de operá-lo de forma satisfatória, seja porque não possui os aparatos necessários com a tecnologia NFC, ou até mesmo porque seu dispositivo de comunicação *mobile* está sem bateria. Para estes casos, a sinalização através de símbolos em alto relevo no piso continua sendo a melhor opção de segurança para o deslocamento do deficiente visual em um ambiente público.

Observando esta premissa apresentada anteriormente, priorizou-se a integração das *tags* com tecnologia NFC nos próprios pisos táteis comerciais, inicialmente com preferência para os modelos confeccionados em material plástico, que oferecem melhores condições de propagação das ondas eletromagnéticas para a comunicação dos dados, embora qualquer outro modelo não metálico também tenha sido forte candidato à instrumentação.

3.2.1. Instalação da *Tag* no Piso Tátil

Com o piso tátil selecionado e a *tag* definida, com todos os ensaios de operação e dinâmica de leitura realizados, foi iniciado o processo de fixação da mesma para instalação posterior em um ambiente público. Para esta primeira instalação, devido ao pouco tempo hábil e a facilidade de instalação, foi escolhido um modelo de piso tátil de advertência moldado em material plástico, para uso em ambientes indoor, e que atende a todas as normas de sinalização existentes para os deficientes visuais.

Mantendo a simplicidade do projeto, foi realizada a colagem da *tag* diretamente na superfície inferior do piso escolhido. Esta fixação para uma melhor aderência e durabilidade pode ser realizada através de um adesivo instantâneo de alta tenacidade, que possui secagem rápida ao ar livre e não deixa resíduos em nenhuma das duas peças. Para a rápida instalação e retirada da *tag* neste primeiro momento de ensaios, a utilização de uma fita dupla face foi a mais indicada, uma vez que permite a separação das peças e reutilização

dos recursos em diferentes configurações. A instalação da *tag* sob o piso tátil escolhido está sendo demonstrado na Figura 10.

Figura 10 – Instalação da *tag* sob o piso tátil



Fonte: Próprio Autor

3.3. APLICATIVO LEITOR PARA PLATAFORMA ANDROID

Tendo em vista que a utilização do sistema para a leitura de alertas em pisos táteis é realizada por deficientes visuais em deslocamento, a aplicação tem como foco operar de forma rápida e precisa, dentro das limitações que a tecnologia NFC possui. Para executar de forma eficiente, o código do aplicativo

precisa ser simples e enxuto, sem muitas tarefas para que possa utilizar o mínimo de recursos do dispositivo no qual está instalado e em execução.

O aplicativo LAPT (Leitor Audível para Pisos Táteis) consiste basicamente em um leitor de *tags* NFC e uma ferramenta de transdução de texto em fala audível. Como este aplicativo deverá ser utilizado por pessoas portadoras de deficiência visual, ele não possui uma interface refinada, apresentando apenas o texto que foi convertido em fala para os ensaios e verificações.

O desenvolvimento do aplicativo foi realizado com a IDE (*Integrated Development Environment* ou Ambiente de Desenvolvimento Integrado, em português) Android Studio, sendo esta a IDE oficial para desenvolvimento de soluções para a plataforma Android®. Outras IDEs para programação em linguagem Java também podem ser utilizadas para o desenvolvimento na plataforma escolhida, porém a Android Studio oferece todos os recursos e suporte necessários para o desenvolvimento.

O processo de leitura de *tags* NFC pelo aplicativo LAPT foi desenvolvido para entrar em operação assim que uma *tag* for aproximada do dispositivo de leitura, que neste caso é o próprio *smartphone* do usuário ou a bengala de extensão da antena. Para esse modo automatizado de leitura da *tag* detectada foi utilizado o *intent* ACTION_NDEF_DISCOVERED, que faz a detecção de registros NDEF com o maior nível de prioridade dos processos de descobrimento. Na prática isso significa que quando houver mais de um aplicativo com capacidades de manipulação NFC no dispositivo, e nenhum deles for o padrão, o LAPT é o aplicativo que será inicializado para a leitura da *tag*.

Como o aplicativo irá esperar por diversas *tags* durante sua utilização no dia-a-dia, ele deve ser executado de forma constante, sem iniciar toda aplicação cada vez que uma *tag* for encontrada e lida. Para isso é utilizada a forma de leitura de *tags* em uma tarefa assíncrona em plano de fundo. Pode-se observar na Figura 11 que a classe “*NdefReaderTask*” é estendida para utilizar o método “*AsyncTask*”. Nesta mesma classe já é retornado para a atividade principal o texto contido na *tag*, sem que haja necessidade desta função ser operada com alguma rotina adicional. Também nesta mesma classe, após a execução da tarefa de leitura, o texto é imediatamente convertido em fala e executado em áudio conforme definido nos requisitos do desenvolvimento.

Figura 11 – Código da classe de leitura da *tag* NFC e execução da fala

```

private class NdefReaderTask extends AsyncTask<Tag, Void, String> {
    @Override
    protected String doInBackground(Tag... params) {
        Tag tag = params[0];

        Ndef ndef = Ndef.get(tag);
        if (ndef == null) {
            // NDEF não é suportado pela tag
            return null;
        }

        NdefMessage ndefMessage = ndef.getCachedNdefMessage();

        NdefRecord[] records = ndefMessage.getRecords();
        for (NdefRecord ndefRecord : records) {
            if (ndefRecord.getTnf() == NdefRecord.TNF_WELL_KNOWN
                && Arrays.equals(ndefRecord.getType(), NdefRecord.RTD_TEXT)) {
                try {
                    return readText(ndefRecord);
                } catch (UnsupportedEncodingException e) {
                    Log.e(TAG, "Codificação não suportada", e);
                }
            }
        }
        return null;
    }
    private String readText(NdefRecord record) throws UnsupportedEncodingException {
        byte[] payload = record.getPayload();
        // Obtem a codificação do texto
        String textEncoding = ((payload[0] & 128) == 0) ? "UTF-8" : "UTF-16";
        // Obtem o código da linguagem
        int languageCodeLength = payload[0] & 0063;
        // Obtem o texto
        return new String(payload, languageCodeLength + 1,
            payload.length - languageCodeLength - 1, textEncoding);
    }
    @Override
    protected void onPostExecute(String result) {
        if (result != null) {
            textView.setText("" + result);
            speak(result);
        }
    }
}

```

Fonte: Autor

É importante observar que o trecho de código que foi apresentado anteriormente corresponde a parte principal de todo o aplicativo LAPT desenvolvido para este projeto, sendo basicamente dividido em três partes de acordo com suas funcionalidades. Na Figura 12 pode-se observar a primeira parte do código do LAPT, que é responsável por realizar a verificação da formatação e codificação em NDEF da *tag* que está sendo identificada.

Figura 12 – Verificação dos dados NDEF

```

@Override
protected String doInBackground(Tag... params) {
    Tag tag = params[0];

    Ndef ndef = Ndef.get(tag);
    if (ndef == null) {
        // NDEF não é suportado pela tag
        return null;
    }

    NdefMessage ndefMessage = ndef.getCachedNdefMessage();

    NdefRecord[] records = ndefMessage.getRecords();
    for (NdefRecord ndefRecord : records) {
        if (ndefRecord.getTnf() == NdefRecord.TNF_WELL_KNOWN
            && Arrays.equals(ndefRecord.getType(), NdefRecord.RTD_TEXT)) {
            try {
                return readText(ndefRecord);
            } catch (UnsupportedEncodingException e) {
                Log.e(TAG, "Codificação não suportada", e);
            }
        }
    }
    return null;
}

```

Fonte: Autor

Na segunda parte do código é realizada a leitura das informações de texto contidas na memória interna da *tag* NFC instalada no piso tátil. Nesta rotina o aplicativo obtém a codificação do texto, o código da linguagem em que o texto está escrito e o texto propriamente dito, como pode ser observado na Figura 13.

Figura 13 – Leitura do texto da memória da *tag* do piso tátil inteligente

```

}
private String readText(NdefRecord record) throws UnsupportedEncodingException {
    byte[] payload = record.getPayload();
    // Obtem a codificação do texto
    String textEncoding = ((payload[0] & 128) == 0) ? "UTF-8" : "UTF-16";
    // Obtem o código da linguagem
    int languageCodeLength = payload[0] & 0063;
    // Obtem o texto
    return new String(payload, languageCodeLength + 1,
        payload.length - languageCodeLength - 1, textEncoding);
}

```

Fonte: Autor

Na terceira e última parte do código da tarefa de leitura, é realizada a colocação do texto contido na *tag* em uma caixa de texto para fins de teste de leitura, e após é executada, através da função “*speak*”, a transdução do texto em

voz audível. A Figura 14 apresenta este fragmento do aplicativo responsável pela transdução do texto em voz.

Figura 14 – Execução do texto em voz audível

```
@Override
protected void onPostExecute(String result) {
    if (result != null) {
        txtView.setText(""+ result);
        speak(result);
    }
}
```

Fonte: Autor

3.3.1. *Text-to-Speech* (TTS)

Para a transdução do texto que foi lido da *tag* instalada no piso tátil inteligente em fala foi utilizado o motor *Text-to-Speech*, que está presente na plataforma Android®, e possui uma implementação relativamente simplificada. Na Figura 15 pode-se observar o código utilizado para a transdução do texto em voz, onde o método “*onInit*” executa a inicialização do motor *Text-to-Speech* e direciona a definição da linguagem para o português brasileiro. O método “*onDestroy*” neste aplicativo serve para que os recursos de *hardware* utilizados pelo *Text-to-Speech* sejam liberados imediatamente. A função “*speak*” finalmente faz a execução em fala do texto que lhe for passado como parâmetro.

Figura 15 – Parâmetros do *Text-to-speech*

```

}
@Override
public void onInit(int status) {
    if (status == TextToSpeech.SUCCESS) {
        tts.setLanguage(new Locale("pt_BR"));
    }
}
@Override
public void onDestroy() {
    tts.shutdown();
    super.onDestroy();
}
private void speak(String text) {
    tts.speak(text, TextToSpeech.QUEUE_ADD, null, null);
}

```

Fonte: Autor

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Neste capítulo estão sendo apresentados os resultados mais relevantes obtidos através dos ensaios realizados com o sistema de acessibilidade para deficientes visuais desenvolvidos neste projeto. Como estes resultados também correspondem a integração de diferentes recursos neste trabalho, eles estão sendo utilizados como referência de operação do sistema como um todo, fornecendo o feedback necessário para eventuais ajustes e correções que venham a se tornar necessários devido ao perfil dos usuários e suas limitações.

Resumidamente nesta etapa foram realizados os ensaios necessários com este sistema de piso tátil inteligente proposto e o aplicativo de processamento das informações coletadas. Foram avaliadas as mais diferentes condições de leitura das *tags* utilizadas para armazenar as informações de texto sobre os obstáculos do percurso, assim como as funcionalidades e requisitos do aplicativo para ser automático, intuitivo e de simples operação. Neste capítulo também estão sendo listados os problemas encontrados nos ensaios de operação e as respectivas soluções encontradas para contornar essas falhas e atender ao proposto no projeto original com a maior eficiência possível.

4.1. ENSAIOS DE DINÂMICA DE LEITURA

Conforme discutido no capítulo anterior, foi necessário realizar uma análise criteriosa da dinâmica de leitura das *tags* que foram instaladas nos pisos táteis, com objetivo de garantir que na passagem do leitor que o deficiente está utilizando, ele consiga identificar e sinalizar todos os obstáculos do ambiente. Como foi desenvolvido um aparato para estender a o alcance de leitura da antena original do dispositivo *mobile* do deficiente, evitando que o mesmo tenha que aproximar o leitor do solo, foram necessários ensaios adicionais para determinar as perdas que este poderia causar no sistema.

Como primeiro ensaio de dinâmica foram determinadas as atenuações dos materiais que os pisos táteis podem ser fabricados comercialmente. Embora a grande maioria deles sejam fabricados à base de polímeros compostos dielétricos, como PEAD, PVC, Nylon, e PU, existem também os modelos cerâmicos, especialmente para ambientes externos e muito utilizados também.

Da mesma forma, ainda existem outros tipos de configuração, como metálicos, adesivos, borracha, entre outros. Como o sistema NFC opera a partir da transmissão de ondas eletromagnéticas pela atmosfera, e sabe-se que elas são totalmente bloqueadas por metais, foram realizados ensaios com estes tipos de materiais apenas para comprovação da teoria, embora já fossem esperados resultados não satisfatórios neste caso, sendo melhores opções o código de barras ou a própria sinalização simplesmente tátil convencional.

A título de comparação e certificação do dispositivo extensor da antena do leitor, foram realizados todos os ensaios de atenuação dos sinais com o dispositivo móvel fazendo a leitura diretamente da *tag*, e posteriormente foi realizado um ensaio nas mesmas condições, porém utilizando este aparato. De uma forma geral, as distâncias de leitura, que equivalem a dinâmica de leitura das *tags*, não apresentaram diferenças consideráveis entre a utilização do extensor da antena e apenas o dispositivo *mobile*, o que comprova a boa eficiência do desenvolvimento.

4.1.1. Ensaios de Dinâmica de Leitura da *Tag* Inserida no Piso

Inicialmente foi utilizada a ferramenta comercial do aplicativo NFC Tools para a realização dos ensaios de leitura das informações contidas na memória das *tags* no piso. Esta escolha de utilização do aplicativo comercial ao invés do desenvolvido neste projeto para estes ensaios se justifica pela simplicidade do uso do mesmo. Para eliminar as variáveis, que poderiam mascarar os resultados obtidos neste ensaio principalmente por gerar algum *delay* no processamento das informações da memória das *tags* para a voz, o aplicativo LAPT desenvolvido não foi utilizado neste momento.

Como a *tag* que foi utilizada neste projeto é compatível com a tecnologia NDEF, o NFC Tools pode ler diretamente as informações contidas na memória das *tags* e apresentou estes resultados impressos na tela em tempo real, que foram utilizados para a avaliação das distâncias de leitura com ou sem obstáculos entre o leitor e a *tag*. Os ensaios foram reproduzidos em duas situações distintas para os mesmos materiais como obstáculos de leitura, sendo a primeira vez diretamente com o smartphone, e na segunda vez utilizando o

extensor da antena desenvolvido. Na Figura 15 pode-se observar uma imagem do sistema desenvolvido operando com a extensão da antena.

Figura 16 – Leitor das *tag* com o extensor da antena - Bengala



Fonte: Próprio Autor

A leitura direta da *tag* com o *smartphone* e com a antena extensora foi efetuada com sucesso em uma distância mínima de aproximadamente 3,5 cm, o que representa um resultado excelente em relação à dinâmica de leitura, uma vez que o dispositivo bengala desenvolvido deve ir tateando o chão para identificação dos obstáculos, e desta forma em uma distância muito menor que a realizada nestes testes de leitura. Os resultados dos testes de leitura da *tag*, através de diversos materiais com diferentes espessuras podem ser observados na Tabela 2, onde pode-se observar que para a grande maioria dos materiais a leitura foi satisfatória, bloqueando a operação unicamente por materiais metálicos, o que impedia a propagação das ondas eletromagnéticas.

Nota-se que embora tenham sido utilizados diversos materiais para os ensaios, ainda existe uma grande quantidade de variações que podem ser consideradas como candidatas a confecção de pisos táteis. Os bons resultados obtidos comprovam que de uma forma geral, indiferente da espessura dos materiais dielétricos que as ondas tiveram que atravessar, a leitura e a correta identificação das informações atenderam a todos os objetivos do projeto.

Tabela 2 – Leitura da *tag* através de diferentes materiais

Obstáculo	Espessura	Smartphone	Antena Extensora
Madeira	1,5 cm	Operando	Operando
Cerâmica	2,4 cm	Operando	Operando
Plástico	2 cm	Operando	Operando
Papel	1,6 cm	Operando	Operando
Borracha	2 cm	Operando	Operando
Couro	0,4 cm	Operando	Operando
Vidro	0,3 cm	Operando	Operando
Metal (Ferro)	0,5 cm	Sem Leitura	Sem Leitura

Fonte: Próprio Autor.

4.2. ENSAIOS COM O APLICATIVO LAPT

Concluindo as atividades deste projeto foram realizados os ensaios com o aplicativo LAPT (Leitor Audível para Pisos Táteis) desenvolvido através da integração de todas as partes do trabalho. Os pisos táteis foram devidamente montados e configurados, a partir da gravação das informações relevantes para os usuários, e dispostos no ambiente na configuração de uso normal. As

funcionalidades da tecnologia NFC do dispositivo de comunicação *mobile* foram habilitadas e o extensor da antena de leitura foi instalado.

Com a instalação do aplicativo LAPT, pode-se realizar uma série de experimentações práticas para verificar a usabilidade do mesmo e corrigir pequenas falhas que eventualmente pudessem aparecer.

Os principais requisitos do aplicativo foram definidos a partir das limitações de uso da tecnologia e dos próprios usuários finais, que serão deficientes visuais. Entre os requisitos estão a operação automática sempre que realizar uma identificação positiva de uma *tag* de sinalização tátil e a transdução direta para uma voz audível sintetizada das informações lidas nestas *tags*.

Todas as funcionalidades foram testadas para diferentes situações e modalidades de sinalização, com repetições periódicas para mapear possíveis perdas de dados ou falta de reprodutibilidade. Os resultados obtidos foram satisfatórios na totalidade dos ensaios após as primeiras correções de pequenas falhas não perceptíveis e que não impediam a operação, mas foram otimizadas para evitar alguma fragilidade do sistema como um todo.

4.2.1. Requisito de Ativação Automática do Aplicativo

Conforme já foi comentado anteriormente, este projeto desenvolveu uma nova ferramenta de acessibilidade para deficientes físicos em ambientes públicos, permitindo que os mesmos se desloquem de forma autônoma sem que corram o perigo de não identificar obstáculos à frente e sofrer um acidente.

O sistema opera a partir de um aplicativo instalado diretamente no dispositivo de comunicação *smartphone* ou *tablet* do próprio deficiente, que deve possuir a tecnologia NFC embarcada. Este dispositivo irá realizar a leitura das informações diretamente das *tags* que foram instaladas sob a calçada de pisos táteis. Essa leitura, para evitar que o deficiente precise aproximar o *smartphone* do piso, é realizada com um extensor de antena, no formato de uma bengala, que é utilizada para tatear o ambiente e identificar a sinalização compatível.

Como o usuário na maioria das vezes deve ser um deficiente visual, e por este motivo possui algumas limitações de utilização do seu *smartphone*, principalmente dos aplicativos que ele contém, foi definido como um dos principais requisitos deste projeto que o aplicativo LAPT se ative e entre em

operação imediata sempre que identificar uma sinalização de segurança nos pisos táteis. Para a operação automática de leitura da *tag* detectada foi utilizado o *intent* ACTION_NDEF_DISCOVERED, que é responsável pela identificação dos registros NDEF com o maior nível de prioridade dos processos de descobrimento, fazendo com que este aplicativo de manipulação NFC seja o primeiro a ser inicializado para a leitura da *tag*.

Esta preocupação se justifica pela necessidade da alta confiabilidade na leitura dos dados pelo aplicativo, considerando que o usuário irá aguardar esta funcionalidade para realizar suas ações de prevenção de acidentes, acreditando que ele sempre estará ativo. Essa funcionalidade de inicialização automática foi amplamente testada neste trabalho e alcançou 100% de resultados positivos.

4.2.2. Conversão das Informações de Texto em Voz

Concluindo as atividades de ensaios deste aplicativo foram realizados todos os testes de funcionalidade da ferramenta “*Text-to-Speech*” que é nativa do próprio sistema operacional Android®. Esta ferramenta é importante neste projeto porque as informações lidas nas *tags* que estão instrumentando os pisos táteis não podem simplesmente serem apresentadas na tela como procede o aplicativo NFC Tools, por exemplo, pois o deficiente visual não teria condições de interpretar as mesmas e identificar os obstáculos.

Durante o período de ensaios, foram realizados testes com diferentes posições de memórias das *tags* e textos de informação, para que fossem convertidas no menor tempo possível em um formato de voz audível para o deficiente usuário. Foi utilizado o idioma português do Brasil para as transduções e todos os experimentos apresentaram resultados satisfatórios, sinalizando imediatamente os obstáculos no caminho e a localização que se encontra.

É importante observar que este aplicativo não possui uma interface gráfica ou telas de usuário apresentadas na tela do *smartphone*, uma vez que ele é direcionado para deficientes visuais e não justificaria o uso destes recursos sem necessidade, o que poderia comprometer o desempenho da transdução em voz. Por esse motivo, neste trabalho não foram apresentadas nenhuma tela do aplicativo LAPT desenvolvido.

5. CONCLUSÃO

Melhorar a acessibilidade para os deficientes físicos se deslocarem de forma autônoma em ambientes públicos e privados é uma necessidade presente e regulamentada em lei federal. Em geral, produtos comerciais de sinalização de obstáculos para deficientes visuais atendem ao propósito original com certa eficiência, mas a quantidade limitada de informações possíveis mantendo a simplicidade de uso é muito restrita, tornando o ambiente igualmente perigoso.

Neste projeto foi proposto o desenvolvimento de um sistema inteligente de sinalização de advertência de obstáculos para os deficientes visuais, adicionalmente implementando novas funcionalidades e recursos. A operação se baseou na instrumentação de pisos táteis convencionais com *tags* de tecnologia NFC, que permitem a gravação de dados relevantes sobre o ambiente em que estão instalados. Para a utilização destas funcionalidades desenvolvidas, o usuário necessita apenas do seu próprio *smartphone* com NFC habilitado, um extensor da antena de identificação e um aplicativo próprio.

Inicialmente foram desenvolvidas atividades relacionadas com pesquisas bibliográficas e referências para a seleção dos recursos e tecnologias mais adequados para este projeto. Com os resultados obtidos, foi selecionada a tecnologia de identificação eletrônica NFC para agregar inteligência aos atuais modelos de pisos táteis comerciais. Estas *tags* NFC foram integradas aos pisos e atenderam às expectativas do projeto em relação ao custo, praticidade de montagem, utilização simplificada e dinâmica de leitura, assim como a memória permitiu o armazenamento de todas as informações necessárias sobre os obstáculos e o próprio ambiente onde o piso está instalado.

Como a tecnologia NFC opera em pequenas distâncias devido as suas características de propagação das ondas eletromagnéticas nesta faixa de frequências, foi necessário o desenvolvimento de um aparato para que os usuários não precisem aproximar o seu dispositivo de comunicação *mobile* com solo para realizar a leitura e identificação das informações de acessibilidade das *tags*. Neste conceito, foi desenvolvido um extensor de enlace de leitura do NFC para o *smartphone* do usuário, que opera sem modificação do mesmo e sem conexão física entre eles. Este dispositivo foi montado no formato de uma bengala, onde absorve de forma totalmente passiva o campo magnético da

antena NFC do dispositivo *mobile* e o retransmite próximo ao chão. Foram realizados todos os ensaios de dinâmica de leitura e praticidade de uso com este aparato, apresentando em todos os testes um resultado satisfatório.

Durante o desenvolvimento notou-se que a principal dificuldade foi relativa a criação do aplicativo para a plataforma Android®, pois o autor não possuía toda a familiaridade necessária com as ferramentas e funcionalidades desta área de conhecimento. Como atenuante deste problema, a bibliografia *online* de referência encontrada em fóruns de desenvolvimento foi o diferencial para o sucesso desta etapa. Estas limitações não chegaram a interferir na obtenção dos resultados propostos no projeto nem no cronograma apresentado, e desta forma o aplicativo foi desenvolvido conforme o esperado, assim como todas as funcionalidades estão de acordo com o que foi proposto originalmente. Os problemas encontrados não impactaram de forma alguma na obtenção dos resultados demandados pelo projeto e seus usuários finais. O aplicativo permitiu a inicialização automática em caso de identificação e leitura das *tags* utilizadas, assim como efetuou a transdução dos textos de sinalização para uma voz sintetizada, permitindo a utilização mais intuitiva de todos os deficientes visuais.

De forma resumida, conclui-se que os resultados obtidos nos ensaios realizados apontam para a viabilidade de implementação deste sistema desenvolvido em larga escala, possibilitando novas oportunidades de recursos de acessibilidade para todos os deficientes, sendo que desta forma o projeto teve seu objetivo plenamente atendido.

5.1. TRABALHOS FUTUROS

Como sugestões para trabalhos futuros destacam-se o desenvolvimento do aplicativo para diferentes plataformas dos dispositivos de comunicação *mobile* existentes, permitindo uma melhor exploração das funcionalidades do sistema em todos os ambientes. Também é importante realizar testes diretamente com deficientes visuais, que não foi possível devido ao curto espaço de tempo de desenvolvimento, para mapear e resolver eventuais problemas de operação devido as limitações que eles podem oferecer.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BRITO, E.; **O que é NFC?** TechTudo, 31 de janeiro de 2012. Disponível em: <<http://www.techtudo.com.br/artigos/noticia/2012/01/o-que-e-nfc.html>>. Acesso em 2016.

FAULKNER, C.; **What is NFC and why is it in your phone?** TechRadar, The Home of Technology. November 17, 2015. Disponível em: <<http://www.techradar.com/news/phone-and-communications/what-is-nfc-and-why-is-it-in-your-phone-948410>>. Acesso em 2016.

FISCHER, J.; **NFC in Cell Phones: The new paradigm for an interactive world [Near-Field Communications]**. Communications Magazine, IEEE, Juny, 2009.

FONTOURA, D. F.; **Guiados Pela Tecnologia: Acessibilidade do Deficiente Visual Utilizando a Tecnologia ZigBee**. Trabalho de conclusão de curso da Universidade Federal de Santa Maria – UFSM. Santa Maria, 2015.

HAN D. H.; **Android, at a glance**. CUBRID. Disponível em: <<http://www.cubrid.org/blog/dev-platform/android-at-a-glance/>>

HASELSTEINER E., BREITFUSS K.; **Security in Near Field Communication (NFC): Strengths and Weaknesses**. RFIDSEC 06 – Workshop on RFID Security 2006, July 12-14, 2006, Graz, Austria.

KUROSE, J. F.; ROSS, K. W.: **Redes de Computadores e a Internet: Uma abordagem top-down**. Trad. 3 ed., Addison Wesley, São Paulo, 2006.

MIKKO Koskela, Jorma Ylinen and Pekka Loula, **A Framework for Integration of Radio Frequency Identification and Rich Internet Applications**, Telecommunication Research Center Proceedings of the ITI 2007 29th Int. Conf. on Information Technology Interfaces, June 25-28, 2007, Cavtat , Croatia.

MOREIRA, A. L.; **Sistema móvel baseado em Android - NFC para conexão autônoma em hotspots**. Trabalho de conclusão de curso da Universidade do Estado do Amazonas - UEA. Manaus, 2013.

MULSER, J.; **Tipos e Causas de Deficiência Visual**. Portal da Oftalmologia. 4 de Abril de 2011. Disponível em: <http://portaldaoftalmologia.com.br/site/site2010/index.php?option=com_content&view=article&id=593:tipos-e-causas-de-deficiencia-visual&catid=41:noticias&Itemid=77>. Acesso em 2016.

NASSAR, V., VIEIRA, M. L.; **A internet das coisas com as tecnologias RFID e NFC**, In: Anais do 11º Congresso Brasileiro de Pesquisa e Desenvolvimento em Design, p. 3238-3250, Blucher Design Proceedings, v. 1, n. 4. São Paulo: Blucher, 2014.

NFC Basics. Android Developers. Disponível em: <<https://developer.android.com>

O deficiente visual e a lei. Portal Educação, Conhecimento para mudar sua vida. 14 de Novembro de 2012. Disponível em: <<http://www.portaleducacao.com.br/pedagogia/artigos/21511/o-deficiente-visual-e-a-lei>>. Acesso em 2016.

OMS afirma que existem 39 milhões de cegos no mundo. ONUBR, Nações Unidas do Brasil. 10 de Outubro de 2013. Disponível em: <<https://nacoesunidas.org/oms-afirma-que-existem-39-milhoes-de-cegos-no-mundo/>>. Acesso em 2016.

PICTONICS. **Construindo um dispositivo USB-PIC**. Disponível em: <<http://www.pictronics.com.br/artigos-tecnicos/43-eletronica-e-automacao/102-curso-basico-eagle-cadsoft-freeware.html>>. Acesso em 2016.

Pisos Táteis ou Podotáteis? Qual o Termo Certo? Como São Classificados. Mozaik, 16 de Junho de 2010. Disponível em: <<http://mozaik.com.br/blog/2010/06/16/pisos-tateis-ou-podotateis-qual-o-termo-certo-como-sao-classificados/>>. Acesso em 2016.

TANENBAUM, A. S.: **Redes de Computadores**. 4ª Ed., Editora Campus (Elsevier), 2003.