

**LIXEIRA IoT: SISTEMA DE APOIO A INCLUSÃO SOCIAL E GESTÃO DE  
RESÍDUOS SÓLIDOS NA COLETA SELETIVA**

Cassiane Sasset<sup>a</sup>, Michael Cristiano de Souza<sup>a</sup>, Rakiéla Pavan Pacheco<sup>a</sup>, Jeferson Diehl de Oliveira<sup>a\*</sup>

Informações de Submissão	Resumo
<p>* Autor correspondente (Orientador) Jeferson Diehl de Oliveira, endereço: Rua Os Dezoito do Forte, 2366 - Caxias do Sul - RS - CEP: 95020-472.</p>	<p>O presente projeto consiste na pesquisa e desenvolvimento de um protótipo de lixeira interativa. Este equipamento, possui a capacidade de enviar dados dos valores de peso e volume dos resíduos coletados para um site na web, possibilitando a otimização da coleta seletiva. Além disso, o protótipo possui a capacidade de interagir com usuários deficientes visuais via vocalização.</p>
<p><b>Palavras-chave:</b>  Inclusão Social. Deficientes Visuais. Ferramenta de Gestão. Acessibilidade. Coleta Seletiva.</p>	

## 1 INTRODUÇÃO

Parte da poluição gerada nos centros urbanos é proveniente da queima de combustíveis fósseis que, conseqüentemente, resulta no lançamento de monóxido e dióxido de carbono na atmosfera, agravando a problemática do aquecimento global e do efeito estufa. Um estudo realizado pela EcoFrotas - empresa líder do mercado brasileiro de gestão de frotas e a primeira a atuar com gestão sustentável de frotas - apurou que o transporte de lixo é o maior responsável pela emissão de dióxido de carbono por quilometro rodado. Segundo o levantamento, caminhões de coleta de lixo lançam para a atmosfera cerca de 1,24 kg de CO<sub>2</sub> por quilometro rodado. Isso é resultado da operação do caminhão, já que o mesmo anda e para, para o recolhimento do lixo em todos os pontos de coletas mesmo sem haver material a ser recolhido.

A Lixeira IoT vem como parte da solução para esse problema pois, com a ajuda de sensores, determina quais os pontos que realmente necessitam de coleta, diminuindo assim o consumo de combustível e desgaste dos caminhões. Além disso, o projeto proposto atua no

sentido de ser uma ferramenta de acessibilidade para pessoas portadoras de deficiência visual, uma vez que as mesmas encontram dificuldades em depositar material descartável em lugares adequados, devido à ausência de sinalização apropriada. Devido à presença de uma eletrônica embarcada, a lixeira IoT torna-se capaz de auxiliar pessoas com deficiência visual a identificar um ponto correto de descarte de resíduos. Além da acessibilidade, a eletrônica também pode ser uma ferramenta de gestão para a coleta mecanizada

## **2 REFERENCIAL TEÓRICO**

Deficiência é a perda ou a disfunção de uma estrutura psíquica, fisiológica ou anatômica. Representa a exteriorização de um estado anormal que reflete um distúrbio no órgão (AMIRALIAN et al. 2000). Por muito tempo a ideia de deficiência estava ligada aos conceitos de inatismo e irreversibilidade. A deficiência era explicada por fatores orgânicos que não podiam ser modificados. A deficiência visual é a perda total ou parcial da visão e abrange, basicamente, dois grupos: pessoas com baixa visão e pessoas cegas. As pessoas com cegueira apresentam menos que 5% de visão, muitas vezes percebendo somente vultos, cores e luz. A baixa visão conceitua-se como quem possui 30% de visão ou menos no melhor olho, após correções cirúrgicas, tratamentos clínicos ou uso dos óculos convencionais.

Segundo a Organização Mundial da Saúde, as principais causas de cegueira no Brasil são: catarata, glaucoma, retinopatia diabética, cegueira infantil e degeneração macular. Segundo dados do World Report on Disability 2010 e do Vision 2020, a cada 5 segundos, uma pessoa se torna cega no mundo. Além disso, do total de casos de cegueira, 90% ocorrem nos países emergentes e subdesenvolvidos. Estima-se que, até 2020, o número de pessoas com deficiência visual poderá dobrar no mundo (VIEIRA, 2010).

A exclusão social de pessoas com deficiência ou algum tipo de necessidade especial é muito antiga, porém nos últimos anos tem se olhado mais para essas pessoas com o intuito de inclui-las na participação de atividades com diferentes usos, através da inclusão social e da acessibilidade. Segundo dados do IBGE (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística) apontam que mais de 6,2% da população brasileira possui algum tipo de deficiência, e a que possui maior representação é a deficiência visual. Portadores de deficiência visual enfrentam todos os dias inúmeras dificuldades como na alfabetização, oportunidades de trabalho,

locomoção e falta de estrutura, itens fundamentais para uma vida normal em sociedade. Pessoas cegas e com baixa visão dependem, muitas vezes, de terceiros para o auxílio na identificação de ruas, avisos, obstáculos, etc. E com isso, acabam passando por situações de riscos quase constantemente.

Conseqüentemente, a inclusão busca possibilitar a pessoa com deficiência visual uma melhor qualidade de vida e independência. Por isso, o desenvolvimento de produtos e serviços que podem ser usados com segurança e independência por portadores de deficiência visual é chamado de acessibilidade.

### **3 METODOLOGIA**

O presente trabalho consiste no desenvolvimento de três etapas distintas, sendo estas: o desenvolvimento do protótipo de lixeira, a pesquisa de campo referente aos sistemas de coleta mecanizada de resíduos, e os testes do protótipo com os deficientes visuais.

Iniciou-se com a pesquisa a campo referente à coleta mecanizada aplicando questionário na CODECA de Caxias do Sul (Companhia de Desenvolvimento de Caxias do Sul), e com a Prefeitura de Flores da Cunha e ARAFLORES (Associação de Recicladores Amigos de Flores da Cunha).

Na segunda etapa do trabalho deu-se início a montagem do protótipo, o qual após a sua finalização foi encaminhado ao INAV (Instituto de AudioVisão de Caxias do Sul), onde foi testado e teve modificações devido as orientações dos usuários.

#### **3.1. Montagem e testes do protótipo da lixeira**

Partindo da definição inicial do protótipo a ser desenvolvido, seguiu-se então para a fase de pesquisa dos componentes que melhor suprissem as necessidades técnicas, mantendo em vista a viabilidade financeira para o nível de “prova de conceito” pretendido. Os componentes utilizados seguem listados abaixo:

\* Arduino UNO R3 (controlador responsável pelo acionamento da tampa e da mensagem de identificação da lixeira)

\* NodeMCU V9.0 (controlador responsável pelas medições de volume e peso, bem como o envio dos dados via Wi-Fi para um dashboard online.

\* Df Player Mini (Módulo responsável pela vocalização das mensagens de áudio)

\* Sensor PIR (Sensor responsável pela detecção de presença em frente a lixeira)

\* Sensor Ultrasonico HC-SR04 (Sensor responsável pela leitura do volume ocupado da lixeira)

\* 2 x Células de carga (Sensores responsáveis pela leitura do peso dos resíduos coletados)

\* Driver HX711 (Amplificador de sinal para as células de carga)

\* Módulo Relé (Responsável pelo acionamento do motor da abertura da tampa)

\* Motor DC 9V (Atuador que permite a abertura da tampa)

\* Auto Falante 0.5W (Saída de áudio para as mensagens de identificação da lixeira)

Deu-se início aos testes com o controlador Arduino UNO R3, onde se buscou, após instalar a IDE (Ambiente de Desenvolvimento Integrado), familiarizar-se com a linguagem e sintaxe de programação do mesmo. Esta linguagem de programação foi escolhida pois ambos os controladores (Arduino e NodeMCU) podem ser configurados pela mesma IDE e utilizar as mesmas bibliotecas de funções.

Os testes efetuados com o Arduino tinham o intuito de servir apenas de base de testes primária até que se dispusesse do NodeMCU, sendo que este último, essencialmente tem a vantagem de poder enviar os dados para a Web. No entanto, ao chegar o NodeMCU, o mesmo provou-se instável na integração com o módulo de vocalização DF Player Mini. Como consequência, optou-se por particionar os atuadores e controladores em dois estágios distintos.

O primeiro estágio, cuja programação está contida no Arduino, é responsável pela detecção do usuário em frente à lixeira, a abertura automática da tampa, e o disparo da mensagem de identificação. Este circuito está descrito na Figura 1 abaixo:

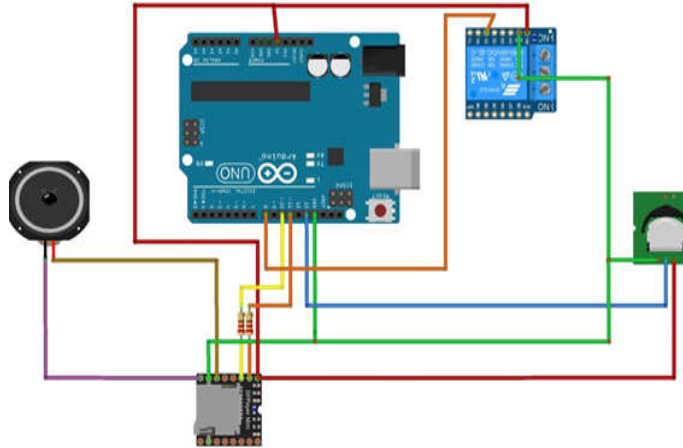


Figura 1: Estágio1 - Esquema de ligação entre o Arduino, o módulo de vocalização DFPlayer Mini, o auto-falante, sensor PIR e módulo relé.

O segundo estágio da lixeira corresponde ao NodeMCU, que controla os sensores de peso e volume, e envia os dados para o dashboard na Web. O circuito do segundo estágio é demonstrado na Figura 2 (Não havendo disponível o componente NodeMCU na biblioteca do software de desenho do circuito, utilizou-se o WemosD1 mini de construção semelhante):

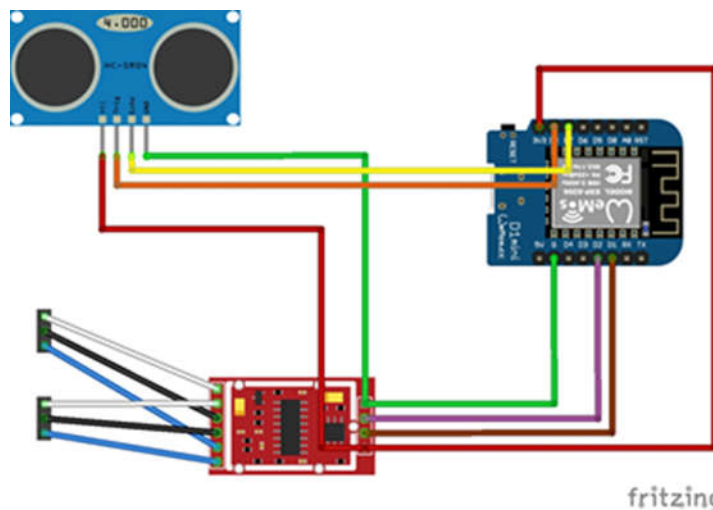


Figura 2: Estágio2 - Esquema de ligação entre o NodeMCU, e os sensores de peso e volume.

Definido o particionamento dos componentes em dois estágios, seguiu-se a escolha e aquisição da lixeira para o embarque dos eletrônicos na mesma e seus ajustes estruturais. A lixeira escolhida foi do tipo “resíduos orgânicos”, plástica, de tampa basculante e capacidade volumétrica de 50 litros. Com ela em mãos, o primeiro estágio foi acoplado à parte superior

que corresponde à tampa basculante e sua estrutura. Para a abertura da tampa, optou-se por um sistema de cabo/carretel, onde o motor 9 V acionado pelo módulo relé, possui um carretel em seu eixo principal que ao girar, retrai o cabo e puxa a tampa basculante permitindo livre acesso para o usuário depositar o resíduo. Ao desativar o motor, a tampa basculante retorna a posição de fechamento pela ação da gravidade. A escolha deste sistema deu-se pela simplicidade de montagem e por possibilitar que a tampa abra livremente caso forçada manualmente, evitando danificar o sistema em caso de falha na alimentação do circuito.

Nesta etapa da montagem, foram efetuados orifícios em duas posições da estrutura da tampa, um destes para encaixe do sensor PIR, que detecta a presença em frente à lixeira, e o outro, para o alto-falante permitindo a emissão da mensagem de identificação. Para este segundo orifício, foi instalada uma pequena grade de proteção para evitar qualquer dano ao alto-falante, e para manter a melhor estética possível para a parte frontal da lixeira.

O segundo estágio da eletrônica embarcada na lixeira, correspondendo à etapa de sensoriamento e envio de dados, teve como primeiro ponto a fixação e calibração do ângulo de foco do sensor ultrassônico, tendo em vista a necessidade de ler da melhor maneira a área interna da lixeira para obtenção do status de ocupação da mesma. Além deste, foi instalado e calibrado o sensor de carga para medição do peso dos resíduos coletados. A partir daí, também foi definido o uso do serviço online de MQTT (protocolo de transmissão entre máquinas) do site “Thing Speak”, com isso, os valores de peso e ocupação volumétrica passaram a ser lidos via dashboard online, com atualização dos dados a cada 20s, conforme limitações do próprio site.

### 3.2. Pesquisa de Monitoramento

Foi entrado em contato com a CODECA de Caxias do Sul (Companhia de Desenvolvimento de Caxias do Sul), e com a Prefeitura de Flores da Cunha e ARAFLORES (Associação de Recicladores Amigos de Flores da Cunha), onde foi aplicado o seguinte questionário:

Tabela 1- Pesquisa de monitoramento encaminhado as empresas.

1-Quantos caminhões estão disponíveis para a coleta? Qual a capacidade de cada caminhão?
2-Quantos funcionários?

3-Para onde é encaminhado o resíduo?
4-Qual é a quantidade de resíduo semanal ou mensal é coletada?
5-Qual é o custo médio mensal para se ter um caminhão rodando (gasolina e despesas)?
6-É comum durante a coleta encontrar containers vazios ou com capacidade máxima chegando a transbordar? Quando isso acontece quais os principais problemas?
7-Qual a época do ano que ocorreu maior acumulo de resíduos?
8-Qual a quilometragem média mensal percorrida pelos caminhões?

A CODECA possui cinco caminhões mecanizados que comportam 16 m<sup>3</sup> de resíduos compactados para coleta dos containers orgânicos e dois que operam o sistema que lava estes mesmos containers. Trabalham com dois setores no turno da manhã, dois no turno da tarde, dois no turno da noite e três no turno da madrugada. Na coleta dos containers seletivos precisa-se de cinco veículos compactadores com sistema *lifter* (coleta traseira). Para trabalhar na coleta dos containers orgânicos é necessário somente um motorista sem a presença de coletores (garis). Já nos containers seletivos, há um motorista e dois coletores em cada setor.

O resíduo orgânico é encaminhado para o transbordo e em seguida para o Aterro Rincão das Flores, já o resíduo seletivo é encaminhado para as reciclagens, nos gráficos da figura 3 e da figura 4 está a quantidade de resíduo mensal, orgânico e seletivo, que é coletada na CODECA.

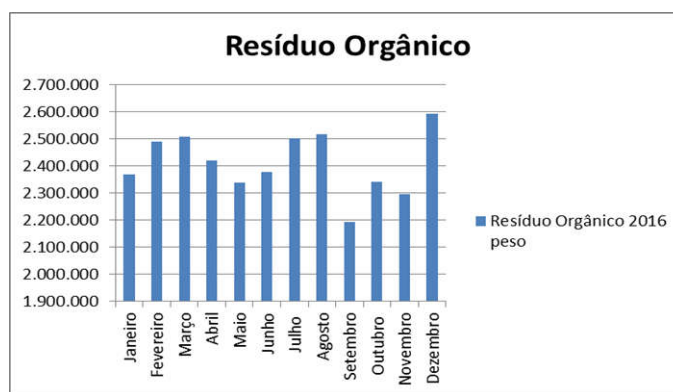


Figura 3: Dados de peso dos resíduos orgânicos coletados em 2016

(Fonte: Conforme dados da CODECA)

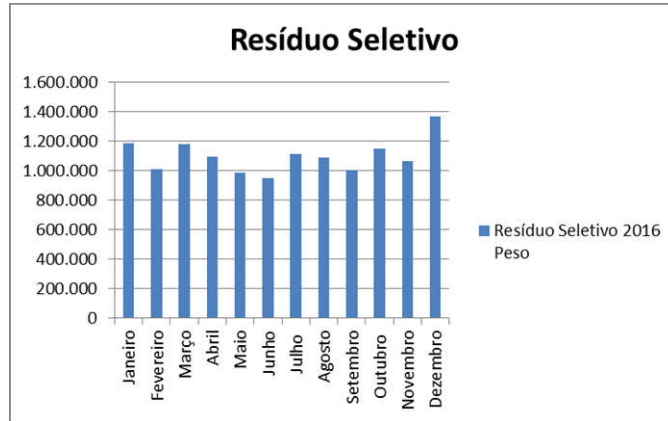


Figura 4: Dados de peso dos resíduos seletivos coletados em 2016  
(Fonte: Conforme dados da CODECA)

Para saber se há containers vazios ou com capacidade máxima o motorista faz a verificação, o sistema que opera a coleta possui uma câmera e permite verificar o volume de resíduo em cada container, assim constatando a necessidade de coleta. A coleta é feita por setores, seguindo um roteiro, nas figuras 5 e 6, mostra a quilometragem média mensal percorrida pelos caminhões para recolher o resíduo orgânico e seletivo.

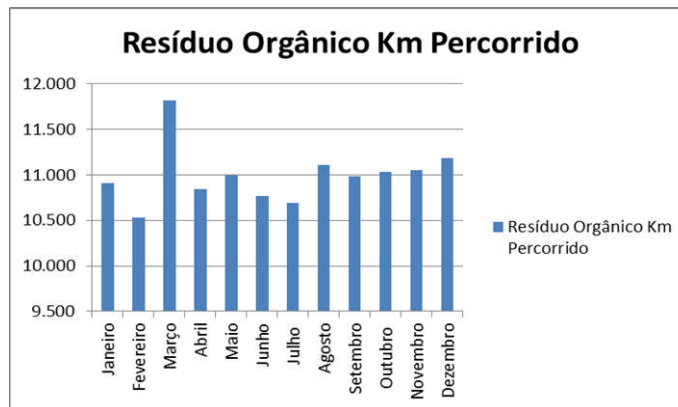


Figura 5: Dados da distância percorrida na coleta de resíduos orgânicos em 2016  
(Fonte: Conforme dados da CODECA)



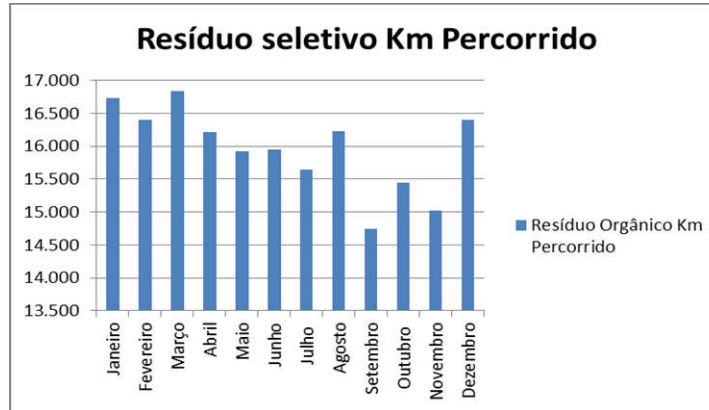


Figura 6: Dados da distância percorrida na coleta de resíduos seletivos em 2016  
(Fonte: Conforme dados da CODECA)

A ARAFLORES possui três caminhões com capacidade de 8m<sup>3</sup> cada e um total de 12 funcionários. Todo o resíduo coletado é encaminhado para a própria ARAFLORES que fica localizado junto a estação de transbordo da empresa localizado na Capela Medianeira em Flores da Cunha e o resíduo orgânico é encaminhado para o aterro em São Leopoldo. A ARAFLORES coleta 70 toneladas de resíduo mensal, e o principal problema é quando o contêiner seletivo ou orgânico está cheio, e o lixo é acondicionado no outro contêiner, havendo a mistura deles.

#### 4 ANÁLISE E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

Com base nos resultados obtidos das avaliações dos usuários no INAV sobre o protótipo em sua primeira versão, ainda na fase de testes, foi possível identificar algumas oportunidades de melhoria. Com isto, o protótipo sofreu alterações que o tornaram mais eficiente tanto do ponto de vista da vocalização das mensagens como do acionamento conforme será descrito a seguir.

Quanto ao acionamento, originalmente, o mesmo se dava pelo disparo via sensor PIR, que detectava a presença em frente à lixeira e acionava os sistemas de abertura de tampa e identificação vocal. Contudo, em ambientes de grande circulação de pessoas como corredores e praças, percebeu-se um elevado número de acionamentos indesejados, o que tornava desconfortável o uso do sistema no dia a dia.

Esta constatação oportunizou o desenvolvimento de um gatilho eletromecânico na base do protótipo, baseando-se no fato de que, durante as observações dos testes, percebeu-se

que os usuários portadores de deficiência visual valiam-se do som metálico do toque da “bengala longa” nos pés da base da lixeira. Com isto, a base tornou-se o acionador, onde o ao ser tocada e pressionada com a bengala, ou mesmo com a ponta do pé, ao manter a pressão do acionador por alguns segundos, a lixeira executa suas rotinas de abertura de tampa e vocalização. Durante os testes deste novo gatilho, percebeu-se que ao incluir o piso tátil em frente a lixeira, o usuário torna-se capaz de interagir de forma segura e autônoma com o equipamento.

Outro aspecto levantado pelos usuários durante os testes executados foi o fato de que a mensagem vocalizada necessitaria de um aumento de volume caso o protótipo fosse utilizado em ambientes abertos. Faz-se necessário observar que, o módulo DFPlayer Mini, responsável pelo áudio do sistema, possui 30 níveis de volume, sendo que em sua primeira versão, a lixeira operava no nível 20, o que nos deu margem para calibração do mesmo. Desta forma, durante as apresentações da versão final em ambientes ruidosos, pode-se perceber uma melhora neste quesito, contudo, pode-se fazer necessária a inclusão de um circuito de amplificação para garantir uma maior qualidade e potencia de áudio em casos onde o equipamento esteja inserido em locais de grande incidência de ruídos do ambiente.

Quanto ao monitoramento dos dados de peso e volume, cabe salientar que o sensor de volume não é eficiente nos níveis iniciais de preenchimento da lixeira, pois tende a não localizar pequenas quantidades dispostas ao fundo, nas bordas da câmara de coleta. Contudo, ao preencher a mesma a partir de 10% o problema é minimizado e é possível perceber alterações de volume mais sutis. Em relação ao sensor de peso, após calibração do mesmo e ajustes estruturais visando garantir uma distribuição homogênea da pressão sobre o sensor, foi possível chegar a um nível de precisão em torno de 50g para mais ou para menos. Estes erros de leitura, em ambos os sensores, são pouco relevantes para a proposta geral do protótipo e poderão ser tratados posteriormente em melhorias inseridas em novas versões do mesmo.

## **5 CONSIDERAÇÕES FINAIS**

Dado o intuito inicial do projeto idealizado pelo grupo, de construir um protótipo de coletor capaz de ser um monitor de dados de forma a traçar um perfil da coleta seletiva, é possível verificar uma mudança de foco ao longo de seu desenvolvimento. Ao agregar ao

mesmo, a questão da acessibilidade e todas as implicações que a cercam, ganhou-se um novo horizonte para a Lixeira IoT.

Salienta-se ainda, que o protótipo provou-se eficiente em relação a coleta de dados e a geração de um histórico cujo banco de dados é gerado integralmente pela própria ferramenta web utilizada como dashboard. Isto faz da Lixeira IoT um dispositivo efetivamente capaz de suprir o objetivo inicial proposto: traçar um perfil do descarte de resíduos em um determinado local a ser monitorado. É possível então, saber os tipos de resíduos de maior impacto na coleta, seu volume e peso, bem como definir a sazonalidade com que o gestor da coleta deve trabalhar para garantir eficiência na relação oferta/demanda dos coletores.

Olhando sob um novo prisma, este alcançado após a inclusão da vocalização e do sistema de acionamento por bengala longa, a Lixeira IoT se mostrou capaz de ser utilizada por deficientes visuais com apenas algumas breves instruções de maneira a apresentar seu conceito de interatividade. Durante os testes da primeira versão, o grupo pode obter um valioso debate, não apenas quanto à opinião dos usuários portadores de deficiência visual acerca do protótipo, mas sim, das dificuldades e necessidades dos mesmos quanto ao uso e manipulação de equipamentos básicos do dia a dia. Esta compreensão antes de tudo, foi um divisor de águas que possibilitou ao grupo o direcionamento dos esforços de forma assertiva e eficiente, culminando em uma versão atual que foi muito bem aceita pelos usuários do INAV (Instituto da Áudio Visão de Caxias do Sul) que gentilmente se dispuseram a ser parte atuante no desenvolvimento deste sistema.

Por fim, conforme Radabaugh (1993), “para as pessoas sem deficiência, a tecnologia torna as coisas mais fáceis; para as pessoas com deficiência, a tecnologia torna as coisas possíveis.” Este conceito norteou o grupo ao longo da caminhada que culminou com o desenvolvimento da Lixeira IoT, e certamente será o caminho pelo qual ciência, meio ambiente e responsabilidade social trilharão juntas na formação de uma sociedade e um mundo melhores para as futuras gerações.

## **6 REFERÊNCIAS**

AMIRILIAN, M; PINTO, E. B; GHIRARD, M; LICHTIG, I; MASINI, E. F; PASQUALIN, L. **Conceituando deficiência**. Revista Saúde Pública v. 34, n. , p.97-103, 2000. Disponível em: [www.sp.usp.br/rsp](http://www.sp.usp.br/rsp). Acesso em: 30 Jul. 2017.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATISTICA (IBGE). **6,2% da população tem algum tipo de deficiência**. Disponível em: <http://agenciabrasil.ebc.com.br/geral/noticia/2015-08/ibge-62-da-populacao-tem-algum-tipo-de-deficiencia>. Acesso em: 28 Jul. 2017.

RADABAUGH, M. P. **Study on the Financing of Assistive Technology Devices of Services for Individuals with Disabilities - A report to the president and the congress of the United State, National Council on Disability**, Março 1993. Disponível em: <http://www.ccclivecaption.com> Acesso em 04 abr. 2017.