



SISTEMA COMPUTACIONAL PARA GESTÃO E GERENCIAMENTO DE COLETA SELETIVA DE PILHAS E BATERIAS DE CELULAR

COMPUTATIONAL SYSTEM FOR MANAGEMENT AND ADMINISTRATION OF SELECTIVE COLLECTION OF BATTERIES AND CELL PHONE BATTERIES

Carlos Alves da Silva

Universidade de Ribeirão Preto – UNAERP, Brasil

Orcid: <https://orcid.org/0000-0001-5124-5321>

E-mail: casdeveloper@icloud.com

Edilson Carlos Caritá

Universidade de Ribeirão Preto – UNAERP, Brasil

Orcid: <https://orcid.org/0000-0002-9767-4751>

E-mail: ecarita@unaerp.br

Submetido: 29 mar. 2024.

Aprovado: 17 nov. 2024.

Publicado: 7 mai. 2025.

E-mail para correspondência:

ecarita@unaerp.br

Resumo: As questões a que se referem a gestão e o gerenciamento de resíduos sólidos, em específico os resíduos de equipamentos eletrônicos, como pilhas e baterias de celular, consolidam-se cada vez mais como um dos grandes desafios do país, estados e municípios. A Política Nacional dos Resíduos Sólidos (PNRS) é o instrumento norteador para a atuação e determinação de responsabilidades de todos os participantes do ciclo de vida dos equipamentos eletrônicos, e conseqüentemente, de seus resíduos derivados. O objetivo desse estudo é desenvolver um sistema computacional para gestão e gerenciamento de coleta seletiva de pilhas e baterias de celular de uma instituição de ensino superior. Trata-se de estudo exploratório-descritivo, realizado por meio de estudo de caso, com o uso de métodos computacionais e equipamentos eletrônicos. O sistema de informação e a automação das caixas coletoras geraram melhorias no processo já existente, funcionalidades de controle e indicadores foram adicionados para apoiar decisões.

Palavras-chave: Gestão de Resíduos Sólidos. Pilhas. Baterias de Celular.

Abstract: The issues to which the management and management of solid waste refer, in particular the waste of electronic equipment, such as batteries and cell phone batteries, are increasingly consolidated as one of the great challenges of the country, states and municipalities. The National Solid Waste Policy (NSWP) is the guiding instrument for the performance and determination of responsibilities of all participants in the life cycle of electronic equipment, and consequently, of its derived waste. The objective of this study is to develop a computer system for the management and management of selective collection of batteries and cell phone batteries of a higher education institution. This is an exploratory-descriptive study, carried out through a case study, using computational methods and electronic equipment. The



information system and automation of the collection boxes generated improvements in the existing process, control features and indicators were added to support decisions.

Keywords: Solid Waste Management. Batteries. Cell Phone Batteries.

Introdução

O uso de Tecnologias da Informação e Comunicação (TIC) e equipamentos eletrônicos, como *smartphones*, computadores, *notebooks*, dentre outros, que em sua composição ou de seus periféricos há necessidade de uso de pilhas ou baterias, nas diversas tarefas cotidianas da sociedade contemporânea, é praticamente inimaginável.

No entanto, o conforto e os benefícios que equipamentos citados proporcionam, gera um problema crescente diariamente, o descarte das pilhas e baterias dos mesmos, que em sua maioria, realiza-se em lugares inadequados, tornando-se uma ameaça ao meio ambiente e aos seus seres vivos, em especial o homem.

O uso desses equipamentos eletrônicos tem aumentado significativamente, pela evolução tecnológica, pelo consumismo e necessidade da sociedade contemporânea em ter equipamentos modernos, seja pelo *designer* e ou funcionalidades. Em virtude deste consumo há o aumento da geração de resíduos sólidos eletroeletrônicos.

Por resolução da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) ⁽¹⁾ resíduos sólidos podem ser definidos como produtos no estado sólido ou semissólido decorrentes pelas atividades da sociedade, doméstica, agrícola, industrial, de serviços e varrições, também os resíduos provenientes do sistema de tratamento de água e os que são gerados em equipamentos e instalações de controle de poluição. São classificados quanto aos riscos potenciais expressados ao meio ambiente e à saúde pública em quatro classes: I – Resíduos Perigosos; Resíduos Classe II – Não perigosos; Resíduos Classe IIA – Não Inertes e; Resíduos Classe IIB – Inertes.

A maioria dos consumidores não possui quaisquer conhecimentos acerca da composição das pilhas e baterias dos equipamentos que utilizam, tal qual dos riscos que podem causar ao meio ambiente e à sua saúde quando descartados em lugares inapropriados. De acordo com a Resolução nº 401 do Conselho Nacional do Meio Ambiente -



CONAMA, pilhas e baterias possuem em sua composição metais pesados como o cobre, zinco, mercúrio e cádmio ⁽²⁾.

Segundo Espinosa e Tenório ⁽³⁾, os metais pesados quando descartados no meio ambiente sofrem dispersão, atingindo os aquíferos freáticos e causando contaminação ao conjunto de seres vivos, fauna e flora daquela determinada região ambiental. Corroborando Kemerich et al. ⁽⁴⁾, enfatizam que as pilhas e baterias possuem em sua composição metais pesados, que são altamente corrosivos e podem contaminar o solo, as plantas e o lençol freático; e também são potencialmente tóxicos podendo afetar a saúde humana.

De acordo com a PNRS as pilhas e baterias são enquadradas como resíduos perigosos, por possuírem características de corrosividade, reatividade, toxicidade, inflamabilidade, patogenicidade, carcinogenicidade, teratogenicidade e mutagenicidade, apresentando risco à saúde humana e ao meio ambiente ⁽⁵⁾.

Em consonância às ações determinadas pela Lei nº 6.938/81, a Constituição Federal Brasileira de 1988, dispõe no artigo 255 do capítulo VI o direito a todos em ter um meio ambiente ecologicamente equilibrado, apresentando-o como bem de uso comum e essencial para qualidade de vida, estabelecendo a obrigatoriedade do Poder Público e à coletividade o dever de preservar e proteger o meio ambiente ⁽⁶⁾.

Objetivando melhorar o gerenciamento de resíduos sólidos, pela pressão causada devido a gravidade da situação, pela ação do Ministério Público, por agências estaduais e até mesmo por alguns gestores municipais tem ocorrido o surgimento de alternativas para a questão de coleta seletiva e destinação dos resíduos sólidos. No entanto, a preocupação em relação as questões ambientais é uma responsabilidade compartilhada a todos integrantes da sociedade, e cada lugar onde se vive deve ser considerado alvo de ações para garantir a sustentabilidade e qualidade de vida.

As instituições de ensino superior devem promover a educação ambiental nos cursos que ofertam, e ainda contribuir efetivamente para a implantação de políticas e programas internos para a coleta seletiva e destinação correta de resíduos sólidos, principalmente, daqueles com maior toxicidade, como pilhas e baterias, que podem afetar a saúde humana.

Para o presente estudo foi efetuada uma pesquisa exploratória-descritiva por meio de estudo de caso *in loco*, objetivando obter respostas às seguintes perguntas: “Qual a necessidade atual no que tange o descarte de pilhas e baterias de celulares?”; “Quais as características e público alvo?” e “Quais os pontos estratégicos de coleta do resíduo”. Como



resultado aos questionamentos anteriores, ficou evidenciado que havia não somente um público alvo em potencial, considerando o corpo discente, docente e administrativo, como também, as principais áreas de fluxo que permitiriam uma maior eficácia para a coleta de resíduos.

O objetivo desse estudo foi desenvolver um sistema computacional para gestão e gerenciamento de coleta seletiva de pilhas e baterias de celular de uma instituição de ensino superior.

Metodologia

Trata-se de estudo exploratório-descritivo, realizado por meio de estudo de caso e abordagem quantitativa.

O estudo foi realizado em uma Instituição de Ensino Superior (IES) privada do interior paulista. A instituição está instalada em uma área de cerca de 120 mil metros quadrados, contando com uma rotatividade diária de 2 mil pessoas circulando entre seus 15 blocos de forma distribuída.

Inicialmente foram coletados dados a respeito do processo de coleta seletiva de pilhas e baterias de celular já implantado na IES. A consulta possibilitou a identificação do quantitativo e da localização das caixas coletoras. A identificação do detalhamento do processo operacional foi mediada pelo responsável do setor de infraestrutura de tecnologia, e ocorreu como segue:

1. Avaliação de como era realizado o processo já implantado de coleta seletiva de pilhas e baterias de celular;
2. Mapeamento dos pontos de instalação das caixas coletoras e a estratégia adotada para determinação do local;
3. Identificação dos envolvidos no processo e suas responsabilidades no mesmo;
4. Identificação da destinação final dada para o material coletado.

De maneira geral, o roteiro elaborado teve como objetivo o mapeamento e a documentação de todo o processo implantado, a identificação de pontos para realização de melhorias e a avaliação da gestão e do gerenciamento do processo.



O estudo realizado tratou-se de uma estratégia para implantação de um sistema computacional para apoiar a coleta seletiva de pilhas e baterias de celular em atendimento ao Decreto nº 10.936/2022 ⁽⁷⁾, em seu artigo 4º “os consumidores são obrigados, sempre que estabelecido sistema de coleta seletiva pelo plano municipal de gestão integrada de resíduos sólidos ou quando instituídos sistemas de logística reversa na forma do art. 18, a acondicionar adequadamente e de forma diferenciada os resíduos sólidos gerados; e a disponibilizar adequadamente os resíduos sólidos reutilizáveis e recicláveis para coleta ou devolução”.

O sistema computacional implantado compreende a adaptação de caixas coletoras, a determinação de responsabilidade para destinação final e a implementação de um sistema de informação para gestão da coleta de forma automatizada.

O módulo de automatização é composto por: 1) um sensor de peso – célula de carga / amplificador – responsável por controlar o peso dos resíduos depositados na caixa coletora; 2) dois *kits* receptor e emissor IR 5mm, contadores de quantidade de resíduos coletados pela caixa; 3) um módulo de comunicação Ethernet – responsável por permitir a comunicação entre os sensores da caixa coletora e o sistema de informação de gerenciamento.

Em cada caixa de coleta, foi instalado um *kit* de sensor de peso, na parte inferior da caixa, composto por uma célula de carga de capacidade de 50 Kg e módulo conversor HX-711. A célula de carga permite detectar o peso e o módulo conversor possibilita medições de peso com precisão.

Na parte frontal da caixa coletora, foi instalado um *kit* receptor e emissor IR 5mm, em cada uma das repartições, responsável por registrar continuamente a contagem de cada pilha ou bateria de celular coletada. No momento em que uma pilha ou bateria de celular é inserida, o sensor exerce a função de um contador, enviando um sinal para o módulo controlador registrando uma nova coleta.

No módulo de controle, determina-se o acoplamento de um módulo de comunicação Ethernet ENC28J60, permitindo a conectividade entre o módulo controlador da caixa coletora, e o sistema de gerenciamento por uma rede interna, com a identificação de um Internet Protocol (IP) fixo.

Para o desenvolvimento do módulo de controle, foi selecionada uma Placa Mega 2560 R3, sendo integrados os sensores e o módulo de comunicação. O módulo de controle é instalado em um compartimento interno da caixa coletora na parte traseira, permitindo uma flexibilidade de interligação dos componentes.



Para a implementação do sistema de informação, quanto o armazenamento das informações, adotou-se o Sistema Gerenciador de Banco de Dados (SGBD) Oracle versão 12C, desenvolvido pela empresa Oracle Corporation.

Para a implementação das interfaces do sistema de informação foi usado a *IDE* Eclipse versão 2019-09 e a linguagem de programação Java, aplicando-se as melhores práticas de desenvolvimento orientado à objetos, com uma codificação limpa e modularizada permitindo a reusabilidade e manutenibilidade futura caso seja necessário.

Para o desenvolvimento das interfaces gráficas do sistema de informação foi determinado como *plugin* o PrimeFaces, por ser um *framework* para projetos Java Server Faces (JFS) e como padrão de arquitetura foi utilizada a divisão em três camadas, Model-View-Controller (MVC).

Os resultados da análise quantitativa do estudo são apresentados com o auxílio de gráficos que indicam a evolução do novo processo implantado, há comparativos de coleta por área de concentração dos cursos e de coleta por localidade.

Resultados e Discussão

De acordo Rocha e Penteado ⁽⁸⁾, o gerenciamento de resíduos sólidos agrega inúmeros benefícios ambientais, possibilitando avaliações de sustentabilidade frente as medidas que são adotadas, trazendo uma visualização da realidade, e ilustrando a abrangência dos processos que tangem o controle do resíduo sólido. Por intermédio do presente estudo evidenciou-se a importância do processo de coleta seletiva de pilhas e baterias de celulares, pois uma instituição de ensino contempla uma abrangência social extremamente relevante diante de seu corpo discente, docente e técnico-administrativo. Entretanto, é importante ressaltar que, apesar da relevância do processo de coleta seletiva, o maior obstáculo se dá na falta de conscientização, o que afeta diretamente no resultado do presente estudo. Mesmo com o apoio de alguns setores em divulgar e conscientizar, observou-se que, apesar de ser em menor escala, ainda há o descarte de maneira indevida.

As pesquisas *in loco* permitiram demonstrar aos *stakeholders* envolvidos e responsáveis, não apenas deficiências em relação ao efetivo controle operacional do processo, mas também os pontos positivos como a contribuição que a IES propicia ao meio



ambiente em que está inserida, por meio da promoção e do incentivo de ações sustentáveis, e adicionalmente a possibilidade de redução dos custos necessários as atividades de coleta seletiva.

Outro ponto, identificado pelas pesquisa *in loco*, é a possibilidade de expandir a aplicação prática deste estudo nas áreas de construção civil, no descarte de resíduos sólidos oriundos de obras executadas na própria IES pelo departamento de manutenção e também na área da saúde, com resíduos sólidos originados pelos procedimentos executados no Hospital Escola.

Mapeamento e Adequação do Plano de Gerenciamento

Considerando essa representatividade social, bem como a complexidade do processo de coleta seletiva de pilhas e baterias de celular, fez-se necessária a documentação dos fluxos desse processo, que posteriormente forneceram subsídios suficientes para que fossem propostas e implementadas melhorias a fim de garantir uma melhor eficiência e tornar o processo sustentável.

A implantação de um processo de coleta seletiva de pilhas e baterias de celular pode ser desenvolvido por iniciativa pública ou particular. Todavia, é de relevância ressaltar que a implantação de um processo de coleta seletiva voluntário é constituída de uma dinâmica própria, como por exemplo, o processo de sensibilização da comunidade que deverá ocorrer de forma gradativa.

Apesar de haver um processo de coleta seletiva, por intermédio das entrevistas realizadas com o responsável pelo setor de tecnologia, foi possível identificar que não havia um mapeamento do fluxo operacional que descrevesse e regulamentasse claramente todos os procedimentos que devem ser executados pelo processo de coleta seletiva, originando o mapeamento e a documentação dos fluxos operacionais.

O processo de coleta implantado pode ser descrito em dois fluxos operacionais. O primeiro fluxo determina os procedimentos interferidos diretamente pela caixa coletora do processo de recebimento de pilhas e baterias de celular, sendo: descarte na caixa coletora, contagem e mensuração de volumes, e notificação do gestor, caso tenha atingido 10 kg. O segundo fluxo determina os procedimentos de gestão que deverão ser aplicados para a execução da destinação final ambientalmente adequada do resíduo coletado, sendo: gestor



verifica notificações, se for necessária a retirada, efetuar a retirada de material, processar a retirada no sistema de informação e encaminhar o material para ponto de descarte.

No Quadro 1 é exibida a descrição do fluxo operacional da caixa coletora, relatando detalhadamente cada passo do processo operacional realizado pela caixa coletora e suas restrições.

No Quadro 2 é exibida a descrição do fluxo operacional do Gestor, que compreende os processos de gestão e gerenciamento.

Quadro 1 - Descrição do Fluxo Operacional da Caixa Coletora

Identificação	Fluxo Operacional da Caixa Coletora
Ator	Caixa Coletora
Descrição	<ol style="list-style-type: none">1. Após a inserção de resíduo, o módulo controlador efetua a contagem de resíduo e a pesagem final do conteúdo;2. A cada acionamento de pesagem é avaliada se a quantidade máxima permitida foi atingida;3. Se a quantidade máxima permitida for atingida, o módulo controlador dispara uma notificação para o gestor por meio do sistema de informação.
Restrição	Peso máximo permitido 10kg.

Fonte: Elaborado pelos autores (2024).

De acordo com Lima⁽⁹⁾, um grande fator que colabora para que o processo de coleta seletiva seja mais eficiente é a educação ambiental. A IES contribuiu consideravelmente para a implantação e evolução do processo de coleta seletiva, cidadãos mais conscientes e instruídos quanto à importância ambiental colaboram de maneira mais contundente. Corroborando a autora ainda destaca a diferença na colaboração dos cidadãos quando são melhores instruídos e conscientes em relação a um meio ambiente sustentável.

**Quadro 2 - Descrição do Fluxo Operacional do Gestor**

Identificação	Fluxo Operacional do Gestor
Ator	Gestor / Funcionário
Descrição	<ol style="list-style-type: none">1. Periodicamente o gestor verifica o painel de monitoramento de notificações se há necessidade de retirada de material de alguma caixa coletora;2. Caso haja notificação de retirada, o gestor encarrega o responsável pela coleta de ir até a caixa coletora que gerou a notificação e efetua a retirada do resíduo coletado;3. O responsável pela coleta que efetuou a retirada, coloca o resíduo em uma embalagem para transporte;4. O gestor verifica o ponto de entrega disponível mais próximo e define um responsável para encaminhar o material para destinação final;5. O gestor registra a baixa da notificação, gerando um controle de coleta e destinação de material coletado.
Restrições	Peso máximo permitido para descarte por retirada deve ser 10kg.

Fonte: Elaborado pelos autores (2024).

Atualmente, a IES que subsidiou o presente estudo, assim como, ilustrado por Lima ⁽⁹⁾, há tempos vem promovendo inúmeros meios de fomento para a educação ambiental de todos que nela congregam. Em seus cursos são utilizados como linhas de pesquisa e aplicações temas relacionados a sustentabilidade, objetivando cada vez mais contribuir para um meio ambiente saudável e sustentável. Pelo *campus* são encontrados informativos, caixas coletoras de pilhas e baterias de celular, e lixeiras para descarte seletivo de resíduos sólidos.

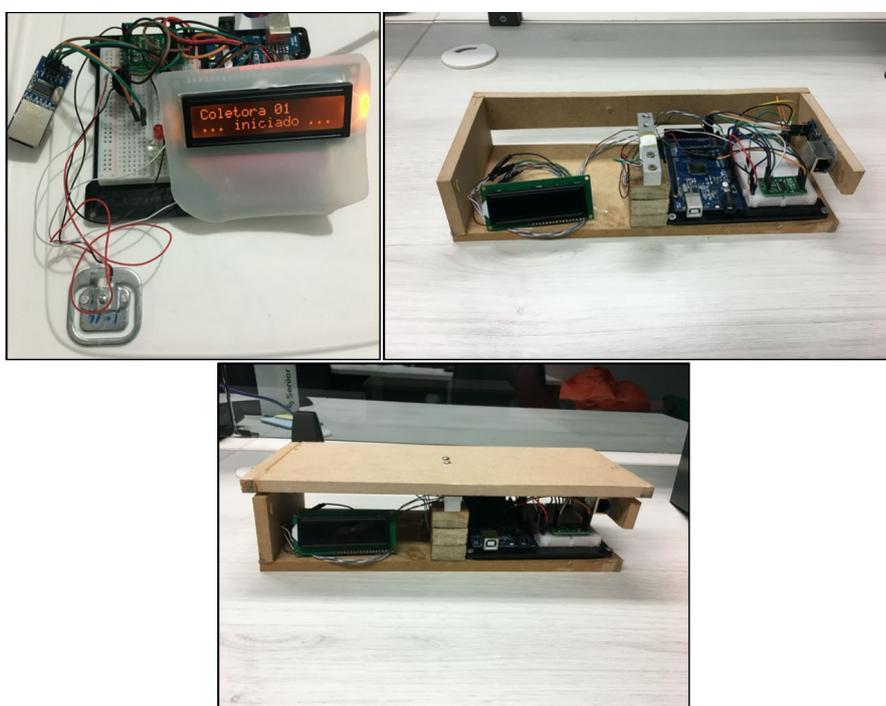
Apesar de promover inúmeras iniciativas sustentáveis, não havia um plano de gerenciamento devidamente mapeado para que pudesse ser guia para as ações de coleta seletiva de pilhas e baterias de celular. O mapeamento e a elaboração dos fluxos operacionais possibilitaram a construção de procedimentos que tornassem a execução do processo de coleta seletiva de pilhas e baterias de celular eficiente. Com os fluxos os envolvidos obtiveram conhecimento macro do processo, entendendo não somente o processo como também a sua importância para a instituição, e especialmente, para a sociedade.

Automatização da Caixa Coletora

Construiu-se um módulo de automação que pudesse ser instalado nas caixas coletoras que permitisse o controle remotamente e possibilitasse uma autonomia em comunicação (Figura 1). Para tal o módulo construído foi composto pelos componentes:

- Módulo Ethernet: que permite comunicação utilizando Transmission Control Protocol/Internet Protocol (TCP/IP);
- Sensor de Peso: que permite avaliar se o peso máximo foi atingido;
- Sensor de movimento: para registrar o depósito de cada resíduo;
- *Leds*: indicadores visuais de disponibilidade de recurso;
- Painel: para controle visual de atividades da caixa coletora.

Figura 1 - Módulo de Automação para caixa Coletora



Fonte: Elaborado pelos autores (2024).

A automação desenvolvida neste estudo contribuiu na operacionalidade do processo, minimizando custos, e otimizando processos de esvaziamento da caixa coletora por intermédio de um monitoramento remoto. Em síntese, a contribuição obtida pela automação reflete diretamente o custo decorrente pela logística operacional do processo de coleta seletiva de pilhas e baterias de celular, uma vez que não se faz mais necessária a visita presencial junto a caixa coletora para verificar se há necessidade de esvaziamento continuamente dia após dia.

Após a instalação do módulo de automatização a caixa coletora passou a ser monitorada remotamente, eliminando a necessidade de intervenção humana. Outro fator importante foi o processo de comunicação autônomo, que a cada depósito de resíduo é enviada uma mensagem para o sistema de gestão identificando a quantidade de resíduos depositados, qual compartimento foi efetuado o depósito e se há necessidade de esvaziamento considerando na tara permitida, que pode ser reprogramado caso haja necessidade.

Outro fator a ressaltar é que módulo de automatização é completamente independente da caixa, podendo ser instalado em outros modelos de caixas coletora e customizados (Figura 2).

Figura 2 – Caixa Coleta Automatizada com módulo de controle



Fonte: Elaborado pelos autores (2024).

No que tange a automatização voltada como apoio ao processo de coleta seletiva de resíduos sólidos, destacam-se alguns estudos. O projeto LISA, tendo por objetivo a automação de uma lixeira inteligente para apoiar na identificação do resíduo e motivar o descarte adequado ⁽¹⁰⁾ e o projeto SiCICAL, que promove uma funcionalidade de compactação dos resíduos coletados. Também foram encontrados outros estudos, mas estavam direcionados para automatização de caminhões e pontos de segregação ⁽¹¹⁾. Nesse sentido,



cita-se o Separador Inteligente, que tem por objetivo efetuar a separação inteligente de resíduos secos, sendo capaz de identificar plástico, metal e vidro ⁽¹²⁾.

Os estudos encontrados descrevem uma tendência, em sua grande maioria, em ferramentas que trazem uma melhora nos processos intrínsecos das lixeiras como separação, compactação e identificação. Em decorrência, há uma lacuna no que se refere a interação entre as caixas coletoras e os sistemas de gestão e gerenciamento de resíduos sólidos e, o estudo desenvolvido objetivou o preenchimento da referida lacuna.

Sistema de Informação

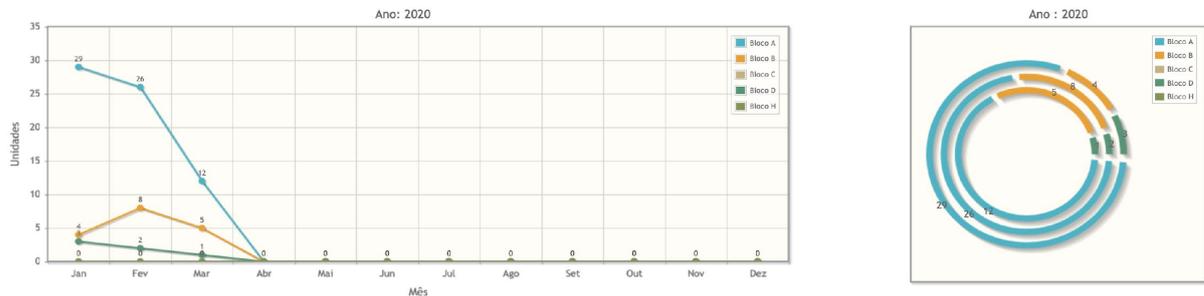
O presente estudo proporcionou o desenvolvimento de um sistema de informação para a gestão e o gerenciamento do processo de coleta seletiva de pilhas e baterias de celular, tendo por objetivo promover o controle das informações decorrentes do referido processo e indicadores para possibilitar uma acurácia na gestão e no gerenciamento de todo o processo. Com os dados obtidos pelo sistema de informação haverá uma gestão com acurácia quanto à viabilidade dos pontos onde estão instaladas as caixas coletoras de pilhas e baterias de celular, permitindo identificar a necessidade de mais caixas coletoras e a avaliação da evolução do processo de coleta.

Considerando que os cursos são distribuídos nos blocos por áreas de concentração por meio dos indicadores de coleta é possível avaliar a coleta por cursos e por área de concentração dos cursos (Figura 3). Também se obteve o recurso de avaliação por caixa coletora, tendo como perspectiva se o ponto de instalação é adequado.

Com o sistema de informação foi possível uma análise da aceitação do programa de coleta seletiva de pilhas e baterias de celular na IES, por intermédio dos indicadores de “Avaliação de Evolução de Coleta”. Com os indicadores de evolução é possível, de maneira macro, avaliar quanto à aceitação do programa de coleta seletiva de pilhas e baterias de celular implantado, se está sendo aderente ou se precisa de uma intervenção, seja por mídia ou programas de conscientização, para que haja um aumento na coleta dos referidos resíduos sólidos.

Os gráficos utilizados nos indicadores de avaliação de evolução promovem duas perspectivas: 1 – Anual: baseada nos últimos 5 (cinco) anos; 2 – Mensal: baseada no ano corrente.

Figura 3 - Indicador de Coleta por Bloco



Fonte: Elaborado pelos autores (2024).

De acordo com Ferronato et al. ⁽¹³⁾, o uso de um sistema de informação geográfica é indispensável para obtenção de dados confiáveis para a avaliação do processo de gerenciamento de resíduos sólidos. Em seu estudo, efetuado em uma cidade na Bolívia, foi possível através da análise de indicadores gerados a redução da quantidade de rotas para o processo de coleta de resíduos sólidos, a redução da distância de rotas de caminhões compactadores, e a decisão de inclusão de processos de reciclagem, contribuindo de forma significativa com ganho econômico.

Segundo Ferreira et al. ⁽¹⁴⁾, para a obtenção de um crescimento sustentável é necessário um gerenciamento de resíduos sólidos eficiente e, com a eleição de aterros sanitários e reciclagem. Entretanto, para atingir esses fins é imprescindível sistemas de coleta eficazes, especialmente, a coleta seletiva de resíduos sólidos. Para tal, em seu estudo, realizado no município do Porto - Portugal, destacou a utilização de *softwares* estatísticos, como o SPSS versão 23.0 e R versão 2.15.0, para análise e apoio de tomada de decisão de linhas futuras, relacionando informações de consumo e distância para coleta. Objetivando promover um forte crescimento sustentável os autores destacaram a importância de uma boa estratégia nas questões que tangem a gestão de resíduos sólidos, sendo assim, o diferencial do estudo, com as avaliações obtidas por meio dos *softwares* já mencionados, foi possível a determinação de análises específicas para os tipos de resíduos, tratando-os individualmente com seus respectivos indicadores. Neste contexto, fica evidente que a coleta seletiva não pode ser avaliada apenas de maneira macro, mas sim micro.

Outro estudo encontrado na literatura foi a implementação de um programa de coleta seletiva na cidade de São Lourenço - MG, por Bernardo e Lima ⁽¹⁵⁾, utilizando a pesquisa-ação como metodologia. Após a coleta dos dados referentes a velocidade do veículo de transporte,



tempo gasto por rota, quantidade de pontos de coleta por rota e bairros por rota, as informações foram transpostas para o *software* TransCAD permitindo traçar um mapeamento e planejamento de rotas como apoio e decisão.

Como citado, o uso de sistemas de informação são ferramentas indispensáveis para uma boa gestão e gerenciamento de resíduos sólidos. Considerando que há diferentes aplicações na temática abordada, o que mais se encontra são sistemas de informação para as atividades que compõem o processo de coleta seletiva, como por exemplo, Gestão de Rotas - apontado por Ferronato et al. ⁽¹³⁾ com a utilização de informações geográficas; Minimização de rotas e ações complementares para o processo de coleta explorado por Ferreira et al. ⁽¹⁴⁾, com a utilização de dados estatísticos para apoio a decisão, e o estudo de Bernardo e Lima ⁽¹⁵⁾ buscando o apoio no planejamento de rotas.

Embora exista uma grande gama de soluções de sistemas de informação no âmbito do gerenciamento de resíduos sólidos, não são encontradas ferramentas que dão suporte na gestão e gerenciamento do processo de coleta seletiva. As soluções propostas restringem-se em promover controles de geolocalizações de pontos de coleta ou de pontos que necessitam de coleta, controles para roteirização de coletas e até para venda de resíduos ⁽¹⁶⁾.

O sistema de informação apresentado nesse estudo será um recurso importante para a área de gerenciamento de resíduos sólidos, principalmente, no que se refere a gestão de coleta seletiva de pilhas e baterias de celular em instituição de ensino.

Destaca-se ainda que de acordo com o Panorama dos Resíduos Sólidos no Brasil de 2012 a 2016, houve um crescimento no sistema de logística reversa das embalagens de agrotóxicos, de óleos lubrificantes e pneus, apesar da publicação da PNRS, regulamentar que as pilhas e baterias deveriam estar incluídas no sistema de logística reversa, ainda evidencia-se a necessidade de expandir os programas de reciclagem das pilhas e baterias para o Brasil como um todo ⁽¹⁷⁾. Portanto, o sistema computacional desenvolvido visa colaborar com a maximização da reciclagem de pilhas e baterias, inicialmente como um programa local, contudo, com a possibilidade de expansão, uma vez que o sistema pode ser facilmente reproduzido por outras instituições.



Considerações Finais

Por intermédio do estudo buscou-se atender as determinações dispostas pela PNRS. Apesar de já possuir um processo de coleta seletiva de pilhas e baterias de celular, foi plausível identificar a possibilidade e a implementação de melhorias no processo existente. Dentre as melhorias no processo destacou-se a determinação de cada autor envolvido no processo e suas respectivas responsabilidades. Outra melhoria no processo adquirida pelo estudo foi o estabelecimento de um envolvimento maior dos alunos da IES na colaboração de um meio ambiente mais sustentável.

Com o desenvolvimento de um módulo de automação para ser inserido nas caixas coletoras, tornou-se possível o acompanhamento remoto da caixa coletora, fornecendo informações referentes a quantidade de resíduos coletados e o peso total contido em cada uma das caixas coletoras. Com essas informações pode-se garantir que o processo de coleta seletiva seja executado sem a adição de custos financeiros para a IES, obedecendo as restrições impostas pelos fornecedores de logística reversa de pilhas e baterias de celular para que o serviço de destinação final seja gratuito.

A partir do sistema de informação para a gestão e o gerenciamento do processo de coleta seletiva de pilhas e baterias de celular, proporcionou-se uma visualização do estado de recebimento de cada uma das caixas coletoras e disponibilizou-se uma gama de funcionalidades para o controle e a análise das informações inerentes ao processo de coleta e das operações executadas.

Com os dados brutos gerados pelo sistema de informação foi possível elaborar indicadores que permitissem uma visualização quanto a eficiência e evolução do processo de coleta seletiva de pilhas e baterias de celular na IES.



Referências

- 1 Associação Brasileira de Normas Técnicas - ABNT. Resíduos Sólidos – Classificação – NBR 10004. Rio de Janeiro: ABNT; 2004.
- 2 Brasil. Ministério do Meio Ambiente. Conselho Nacional de Meio Ambiente - CONAMA. Resolução CONAMA nº 401, de 04 de novembro de 2008. [citado 05 de fev. 2024]. Disponível em: https://conama.mma.gov.br/?option=com_sisconama&task=arquivo.download&id=570.
- 3 Espinosa DCR, Tenorio JAS. Recycling of nickel-cadmium batteries using coal as reducing agent. *J Power Sources*. 2006;157(1):600-4.
- 4 Kemerich PDC et al. Descarte indevido de pilhas e baterias: a percepção do problema no município de Frederico Westphalen - RS. *Rev Eletronica Em Gestao Educ Tecnol Ambient*. 2012;8(8):1680-8.
- 5 Brasil. Presidência da República. Casa Civil. Lei nº 12.305, de 2 de agosto de 2010. [citado 01 de fev. 2024]. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2010/lei/l12305.htm.
- 6 Brasil. Constituição. Constituição da República Federativa do Brasil de 1988. Brasília, DF, 1988. [citado 01 de fev. 2024]. Disponível em: https://normas.leg.br/?urn=urn:lex:br:federal:constituicao:1988-10-05;1988#/con1988_06.06.2017/art_225_.asp.
- 7 Brasil. Presidência da República. Decreto nº 10.936, de 12 de janeiro de 2022. [citado 02 de fev. 2024]. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2019-2022/2022/Decreto/D10936.htm#art91.
- 8 Rocha TB, Penteado CSG. Impacto e benefícios ambientais do gerenciamento de resíduos eletroeletrônicos. *Rev Latinoam Em Avaliacao Ciclo Vida*. 2017;1(2):78-89.
- 9 Lima CS. A importância da educação ambiental para o sistema de coleta seletiva: um estudo de caso em Curitiba. *Rev Geogr Acad*. 2016;10(2):129-137.
- 10 Nunes AMS. Projeto LISA: lixeira Inteligente seletiva automática. [trabalho de conclusão de curso]. Paraíba: Universidade Federal da Paraíba; 2018.
- 11 Coutinho LF, Moyano I, Araujo RGB. Sistema de Coleta Inteligente e Compactação Automatizada do Lixo (SICICAL): com estudo de caso Salvador/BA. *Semin Estud Prod Acad*. 2013;12:123-36.
- 12 Clavisso LB et al. Separador Inteligente de Resíduos Secos para Facilitar a Reciclagem de Materiais. In: 18ª Congresso Nacional de Iniciação Científica – CONIC SEMESP; 2018;



São Paulo. [citado 02 de fev. 2024]. Disponível em: <https://www.conic-semesp.org.br/anais/files/2018/trabalho-1000000192.pdf>.

13 Ferronato N et al. Assessment of municipal solid waste selective collection scenarios with geographic information system in Bolivia. *Waste Manag.* 2020;102:919-31. [citado 02 de fev. 2024]. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0956053X19307512>.

14 Ferreira F et al. Assessment strategies for municipal selective waste collection schemes. *Waste Manag.* 2017;59:3-13.

15 Bernardo M, Lima RS. Using Action Research to Implement Selective Waste Collection Program in a Brazilian City. *Syst Pract Action Res.* 2017;30(6):593-608.

16 Biazini Filho FL et al. Sistema de Informação para Leilão e Comercialização de Resíduos Recicláveis na Urbam. In: 7º Fórum Internacional de Resíduos Sólidos; 2016; Porto Alegre.

17 Martins KFSO, Rubin JCR, Longhin SR. Impactos ao meio ambiente e a saúde do descarte de pilhas e baterias portáteis em Goiânia - Goiás. *Enciclopédia Bioesfera.* 2018;15(27):1346-60.



10.31072/rcf.v15i2.1449

Este é um trabalho de acesso aberto e distribuído sob os Termos da *Creative Commons Attribution License*. A licença permite o uso, a distribuição e a reprodução irrestrita, em qualquer meio, desde que creditado as fontes originais.



Open Access