

# Uma proposta tecnológica gamificada e colaborativa para descarte de resíduos sólidos

*A gamified and collaborative technological proposal for the disposal of solid waste*

• **Data de entrada:**  
24/07/2020


• **Data de aprovação:**  
02/05/2022

Fernanda Carla de Oliveira<sup>1\*</sup> | Luciana Rezende Alves de Oliveira<sup>2</sup>

DOI: <https://doi.org/10.36659/dae.2023.025>

## ORCID ID

Oliveira FC  <https://orcid.org/0000-0003-3338-0823>

Oliveira LRA  <https://orcid.org/0000-0003-1347-3889>

## Resumo

O gerenciamento de resíduos sólidos é um problema global que diz respeito a todas as pessoas. No Brasil, a Política Nacional de Resíduos Sólidos, instituída pela Lei no 12.305/2010, é considerada o marco regulatório legal para a gestão integrada e o gerenciamento dos resíduos sólidos. Dentre seus princípios e instrumentos estão, respectivamente, a responsabilidade compartilhada pelo ciclo de vida dos produtos e a educação ambiental. Diante disso, este trabalho teve como objetivo desenvolver uma ferramenta tecnológica gratuita, multiplataforma, gamificada e colaborativa na área de descarte de resíduos sólidos. O DescarteAqui foi desenvolvido no *framework* Xamarin e projetado segundo os conceitos de gamificação para os domínios da sustentabilidade. Os resultados apontaram que o DescarteAqui cumpre o propósito de apoiar e encorajar atitudes sustentáveis por meio de orientação, sensibilização e incentivo aos cidadãos na segregação e destinação ambientalmente adequada de resíduos sólidos.

**Palavras-chave:** Gerenciamento de resíduos sólidos. Descarte de resíduos sólidos. Política Nacional de Resíduos Sólidos. Gamificação. Educação Ambiental.

## Abstract

*Solid-waste management is a global issue which concerns everyone. In Brazil, the National Policy of Solid Waste, established by Law 12.305/2010, is considered the legal regulatory framework for integrated management and solid-waste management. Among their principles and instruments, respectively, the shared responsibility for the life cycle of products and for environmental education. Therefore, this research aims at developing a collaborative multi-platform gamified mobile application for the disposal of Solid Waste. DescarteAqui is a collaborative mobile application, developed in Xamarin, and designed according to gamification for sustainability. In conclusion, DescarteAqui fulfills the purpose of supporting and encouraging sustainable attitudes through guidance, sensitization and incentives to citizens in the segregation and environmentally friendly destination of solid waste.*

**Keywords:** *Solid-waste management. Solid-waste disposal. National Policy of Solid Waste. Gamification. Environmental education.*

<sup>1</sup> IFSP-SBV - Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de São Paulo - São João da Boa Vista - São Paulo - Brasil.

<sup>2</sup> UNAERP - Universidade de Ribeirão Preto - Ribeirão Preto - São Paulo - Brasil.

\* **Autora correspondente:** [feroliveira2201@gmail.com](mailto:feroliveira2201@gmail.com).

## 1 INTRODUÇÃO

O saneamento ambiental, por meio dos serviços de água, esgoto e resíduos sólidos, tem como objetivo favorecer o desenvolvimento das cidades e melhorar as condições de vida da população (DE CARVALHO, 2012). Especificamente quanto aos Resíduos Sólidos (RS), seu gerenciamento é um problema global que diz respeito a todas as pessoas. Trata-se de um serviço essencial (BRASIL, 1989) e se refere às ações exercidas, direta ou indiretamente, nas etapas de coleta, transporte, transbordo, tratamento, destinação final ambientalmente adequada dos RS e disposição final ambientalmente adequada dos rejeitos (BRASIL, 2010b).

Desde que o meio ambiente passou a fazer parte da agenda internacional, os países desenvolvidos fizeram grandes progressos e disponibilizaram muitos exemplos de boas práticas à comunidade. A preocupação inicial foi em como esses resíduos estavam sendo descartados, mas atualmente o foco tem sido pensar na sua origem e, em consonância com um dos objetivos da Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS) no Brasil (BRASIL, 2010b), buscar a não geração, redução (especialmente de substâncias perigosas), reutilização, reciclagem e tratamento dos resíduos sólidos e, quando forem esgotadas todas essas possibilidades, esses resíduos sólidos — chamados de rejeitos na PNRS — devem ser dispostos de maneira ambientalmente adequada (UNEP, 2015).

O Panorama Ambiental Global (UNEP, 2019b) afirma que os países desenvolvidos avançaram tanto no gerenciamento de resíduos sólidos que estão caminhando para esquemas de desperdício quase nulo e economia circular; impulsionando produção e consumo sustentáveis; e considerando estratégias para integrar novos e complexos tipos de RS. Por outro lado, os países em desenvolvimento ainda estão enfrentando desafios básicos como despejo descontrolado, queima aberta e acesso inadequado a serviços de resíduos.

No Brasil, a preocupação com o meio ambiente iniciou-se a partir de 1960, mas se intensificou após a publicação do relatório “Os limites do crescimento” (*The Limits to Growth*), pelo Clube de Roma, e a Conferência de Estocolmo, ambas em 1972 (SOUZA, 2010). Especialmente a respeito de resíduos sólidos, as primeiras Resoluções do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA) datam de 1991 e estão relacionadas ao gerenciamento e classificação de alguns resíduos sólidos e definições e tratamentos de resíduos perigosos. No âmbito Federal, outras Leis afins são: Lei nº 9.966/2000 (Lei do Óleo); Lei nº 9.974/2000 (Lei dos Agrotóxicos); e Lei nº 11.445/2007 (Lei do Saneamento Básico). Por fim, em 2010, a Lei 12.305/2010 (BRASIL, 2010b) regulamentada pelo Decreto 7.404/2010 (BRASIL, 2010a), instituiu a PNRS, considerada um marco regulatório legal para a gestão integrada e o gerenciamento dos resíduos sólidos no país.

O Art. 13 da PNRS classifica os resíduos sólidos quanto à origem e à periculosidade. A compilação das destinações e disposição adequadas apresentadas a seguir foram levantadas na PNRS, Leis Federais, Resoluções CONAMA, Resolução RDC ANVISA, Normas técnicas, Schalch (2018) e Schalch et al. (2019):

- **Resíduos sólidos urbanos (RSU)**, que engloba os resíduos domiciliares e resíduos de limpeza urbana: em 2017 foram geradas 214.868 t/dia de RSU e 59,1% tiveram disposição final adequada (ABRELPE, 2018).

Destinações: reutilização; reciclagem; tratamento físico, químico e biológico; disposição em aterro sanitário.

- **Resíduos de estabelecimentos comerciais e prestadores de serviços (RCS)**: se caracterizados como não perigosos, podem ser equiparados aos resíduos domiciliares pelo poder público municipal.

Destinações: reutilização; reciclagem; tratamento; disposição em aterro sanitário ou industrial.

- **Resíduos dos serviços públicos de saneamento básico:** em 2008, 62% dos municípios geravam lodo de ETA e, com exceção da região Nordeste, a maioria das regiões lançava os resíduos nos rios; 44,8% não possuíam rede de esgoto (IBGE, 2010). Em 2015, 86,15% da população brasileira tinha acesso aos serviços de saneamento básico e 97,5% ao abastecimento de água (The World Bank, 2019).

Destinações: tratamento natural ou mecânico; reutilização; disposição em aterro sanitário.

- **Resíduos industriais (RI):** cerca de 40% dos resíduos são perigosos (IPEA, 2012c).

Destinações: utilização como matéria-prima em processos; tratamento físico, químico ou biológico; disposição em aterro industrial Classe I ou Classe II-A; Co-disposição.

- **Resíduos de serviços de saúde (RSS):** em 2017, foi gerado 1,2Kg por habitante/ano de resíduos; 82,04% dos municípios prestavam serviços de coleta, tratamento e disposição final dos resíduos (ABRELPE, 2018).

Destinações: coleta seletiva de recicláveis; tratamento dos resíduos perigosos; tratamento térmico; disposição em aterro sanitário ou outras em conformidade com legislação específica.

- **Resíduos da construção civil (RCC):** indústria da construção contava com 126,3 mil empresas ativas e ocupava 1,91 milhão de pessoas em 2017 (IBGE, 2018); a coleta de RCC em 2017 foi de 45 milhões de toneladas (ABRELPE, 2018).

Destinações: áreas de transbordo e triagem; ecopontos para RCC; usinas de reciclagem; disposição em aterro de reservação para resíduos classe A para usos futuros ou outras em conformidade com normas técnicas específicas.

- **Resíduos agrossilvopastoris:** em 2009, os resíduos da silvicultura foram de 38,5 milhões de toneladas por ano de resíduos florestais e 10 milhões de toneladas por ano de resíduos de papel e celulose; a quantidade de dejetos das criações foi de 1,7 bilhão de toneladas, sendo 21% aproveitáveis para biodigestão; em 2012, os resíduos agrossilvopastoris das principais culturas eram cerca de 291 milhões de toneladas por ano (IPEA, 2012a); em 2018, 35,5 milhões de toneladas de fertilizantes foram entregues ao mercado brasileiro (ANDA, 2019); até 2015, somente 33,9% dos resíduos sólidos dos domicílios rurais eram coletados (IBGE, 2015).

Destinações: Aproveitamento dos resíduos florestais como fonte de energia ou para mudanças de sistemas de colheita; biodigestão dos dejetos das criações; reciclagem; disposição em aterro sanitário.

- **Resíduos de serviços de transportes (RST):** em 2012, o Brasil possuía cerca de 9 milhões de carros e 400 mil caminhões sucateados; estima-se que a geração de resíduos em uma aeronave seja de 300 gramas por passageiro por viagem (IPEA, 2012b)

Destinações: reutilização; reciclagem; tratamento; disposição em aterro sanitário ou outras em conformidade com normas técnicas ou legislação específicas.

- **Resíduos de mineração:** em 2014, foram gerados cerca de 230 milhões de m<sup>3</sup> de estéril (CARVALHO et al., 2018); 51,5% das barragens inseridas na Política Nacional de Segurança de Barragens possuem alto dano potencial associado.

Destinações: aproveitamento em outros setores; disposição em minas subterrâneas; cavas exauridas de minas; pilhas; disposição em pasta; barragens de contenção.

A PNRS, em seu Art. 33, determina que os fabricantes, importadores, distribuidores e comer-

cientes dos produtos elencados a seguir devem estruturar e implementar sistemas de logística reversa, independentes do serviço público de limpeza urbana e manejo dos RS:

- **Agrotóxicos, seus resíduos e embalagens:** sistema implantado em 2002 e gerido pelo Instituto Nacional de Processamento de Embalagens Vazias (inPEV). Atualmente conta com 110 centrais e 301 postos de recebimentos de embalagens vazias; 103 centrais e 101 postos aptos para o recebimento de sobras pós-consumo de defensivos agrícolas. Em 2018, 93% das embalagens passíveis de reciclagem retornaram ao ciclo produtivo como matéria-prima e foram destinadas 44,3 mil toneladas de embalagens vazias (92% recicladas e 8% incineradas) e 99,8 toneladas de embalagens com sobras pós-consumo (100% incineradas) (INPEV, 2018).
- **Pilhas e baterias:** sistema implantando em 2016 e gerido pela Green Eletron que conta com 2.245 pontos de entrega voluntária (PEV). Em 2019, 171,2 toneladas de pilhas e baterias foram recicladas (GREEN ELETRON, 2018).
- **Pneus:** sistema implantado em 2007 e gerido pela Reciclanip que possui 1.053 PEVs (RECICLANIP, 2019). Em 2017, os fabricantes de pneus novos alcançaram 100,09% da meta de destinação estabelecida para 2016, enquanto os importadores cumpriram 83,64% da meta estipulada (IBAMA, 2017).
- **Óleos lubrificantes, seus resíduos e embalagens:** desde 2005 o Ministério do Meio Ambiente é responsável pelo sistema de logística reversa de óleo lubrificante usado ou contaminado (OLUC), contando com 23 empresas autorizadas para coleta de OLUC e 14 unidades de rerrefino. A meta nacional mínima para 2017 (39,2%) foi superada em 1,71% (MMA, 2018). Quanto às embalagens plásticas de óleos lubrificantes, o sistema foi implantado em 2013 pelo Instituto Jogue Limpo que, atualmente,

possui 112 PEVs em 16 Estados, 21 centrais de recebimento e uma frota de 60 caminhões. Em 2018, foram recebidas 4.774 toneladas de embalagens sendo 98% destinadas à reciclagem (INSTITUTO JOGUE LIMPO, 2019).

- **Lâmpadas fluorescentes, de vapor de sódio e mercúrio e de luz mista:** sistema implantado em 2014 e gerido pela Reciclus. Em 2017, 296.364 lâmpadas foram recolhidas (65% compactas e 35% tubulares) (RECICLUS, 2018).
- **Produtos eletroeletrônicos e seus componentes:** sistema implantado em âmbito nacional em 2019 e gerido pela Green Eletron. Possui 104 PEVs e meta de chegar a 60 municípios em 13 estados, totalizando 600 PEVs até o final de 2021. Em 2019, 343 toneladas de eletroeletrônicos foram recicladas; 47,5 toneladas de plástico foram recicladas; e 100 toneladas de metais ferrosos e não-ferrosos foram reaproveitados pela indústria siderúrgica (GREEN ELETRON, 2019).

Os resíduos cemiteriais não estão contemplados na PNRS, no entanto, os cemitérios deverão ser submetidos ao processo de licenciamento ambiental, nos termos da Resolução Conama no 335/2003 (CONAMA, 2003) e o gerenciamento dos seus resíduos deve constar do Plano Municipal de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos (PMGIRS) (MMA, 2012, p. 48).

Quanto ao cumprimento da Lei 12.305/2010 (BRASIL, 2010b), Maiello, Britto e Valle (2018) destacam a dificuldade de integração das políticas públicas no Brasil devido à distância física e estrutural entre as instâncias formuladoras e executoras de normas e diretrizes, em âmbito nacional. O “Primeiro Relatório Global sobre o Estado de Direito Ambiental” (UNEP, 2019a) destaca que a Constituição do Brasil garante o direito a um ambiente ecologicamente equilibrado e ressalta que a aplicação das leis ambientais aumentou; no entanto, dados de 2000 a 2015 apontam que 527 ativistas foram assassinados

no Brasil, colocando o país em primeiro lugar no mundo nesse tipo de crime (UNEP, 2019a).

Um exemplo de iniciativa que contribui com as mudanças de hábitos e atitudes dos cidadãos é o Prêmio da Cúpula Mundial (*World Summit Awards - WSA*), criado em 2003 na Cúpula Mundial das Nações Unidas sobre a Sociedade da Informação (*UN World Summit on the Information Society - UN WSIS*), com o propósito promover a inovação digital local para melhorar a sociedade e contribuir com os Objetivos para o Desenvolvimento Sustentável. O sistema de premiação não é monetário e visa à troca sustentável de conhecimento por meio da internet. Em 2018, um dos premiados na categoria Meio Ambiente e Energia Verde foi o aplicativo brasileiro World Cleanup, que realiza o mapeamento de lixo com o objetivo de conectar pessoas e organizações para a limpeza dos locais. É um aplicativo gamificado que apresenta desafios entre as equipes e exibe uma vitrine de ações de limpeza (WSA, 2019).

Um aplicativo gamificado é entendido como uma solução que utiliza elementos de design característicos de jogos, fora do contexto de jogos, para melhorar o engajamento e experiência do usuário (*User Experience - UX*). A gamificação busca combinar motivações intrínsecas e extrínsecas como forma de aumentar o engajamento dos usuários, motivando-os a alcançar seus próprios objetivos por meio do envolvimento emocional, com metas significativas, focando nas suas necessidades e desejos (DETERDING et al., 2011; ZICHERMANN, 2011; BURKE, 2015; SEABORN; FELLS, 2015; TOTH; TOVOLGYI, 2016).

## 2 OBJETIVOS

Considerando-se que na PNRS a educação ambiental é um dos seus instrumentos e a responsabilidade compartilhada pelo ciclo de vida dos produtos um dos seus princípios (BRASIL, 2010b) e que nos domínios da sustentabilidade os usuários utilizam aplicativos gamificados com os propósi-

tos de apoiar e encorajar atitudes sustentáveis por meio da mudança de comportamento (MORA et al., 2015; SEABORN; FELLS, 2015), este trabalho teve como objetivo apresentar uma proposta tecnológica gamificada e colaborativa como ferramenta para educação ambiental e desenvolvimento sustentável por meio de orientação, sensibilização e incentivo aos cidadãos na segregação e destinação ambientalmente adequada de resíduos sólidos.

## 3 METODOLOGIA

A definição da metodologia deste trabalho partiu dos pressupostos de que os cidadãos não conhecem a PNRS; têm dúvidas na segregação dos resíduos sólidos e, conseqüentemente, não descartam adequadamente; e que não possuem uma ferramenta gratuita que oriente e motive o descarte correto. Para tanto, seguiu os seguintes procedimentos metodológicos: 1. Pesquisa de natureza básica com objetivos exploratórios e descritivos por meio de pesquisas em publicações científicas e relatórios técnicos de órgãos governamentais visando à elaboração de uma matriz de resíduos sólidos com classificação quanto à origem e respectiva destinação ambientalmente adequada segundo a PNRS; 2. Pesquisa de campo de corte transversal, com objetivos exploratórios e descritivos, de natureza quantitativa, realizada por meio do questionário para identificar o conhecimento sobre a PNRS e o descarte de resíduos sólidos de uma amostra da população de um município do interior do Estado de São Paulo; 3. Pesquisa de natureza básica com objetivos exploratórios para identificar os aplicativos móveis relacionados ao descarte de resíduos sólidos, somada a pesquisas em publicações científicas sobre abordagens tecnológicas e iniciativas voltadas à sustentabilidade; 4. Desenvolvimento do aplicativo móvel multiplataforma, gamificado e colaborativo como uma proposta para descarte de resíduos sólidos; e 5. Avaliação do aplicativo realizada por meio de testes reais realizados por um grupo de controle, sem a intervenção da autora.



## 4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 4.1 Matriz de Resíduos Sólidos

A matriz de resíduos sólidos possui 96 (noventa e seis) itens classificados de acordo com os Art. 13 e 33 da PNRS (BRASIL, 2010b) e com instruções quanto ao descarte ambientalmente adequado. Selecionaram-se resíduos sólidos mais comuns aos cidadãos e relacionados com o cotidiano, mas também foram incluídos resíduos sólidos resultantes de processos industriais a título de orientação, como os resíduos dos serviços públicos de saneamento básico, resíduos industriais e resíduos de mineração. Optou-se pela apresentação dos resíduos domiciliares e dos resíduos de limpeza urbana em separado; no entanto, é comum encontrar na literatura a unificação como resíduos sólidos urbanos.

As destinações e disposições finais foram levantadas com base no referencial teórico desenvolvido, no site eCycle (2020) e nas cartilhas com orientações para coleta seletiva elaboradas pela Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária do Acre (TEIXEIRA; MACIEL, 2010), pelo Ministério Público do Estado de São Paulo (MPSP, 2014) e pela Associação Brasileira da Indústria do Plástico (ABIPLAST, 2018). Observaram-se divergências nas cartilhas quanto à destinação de alguns resíduos sólidos e a literatura, pois para a maioria das classificações dos resíduos sólidos, as destinações são apresentadas de maneira abrangente. Diante disso, foi necessário recorrer aos sites especializados e de associações de fabricantes.

### 4.2 Conhecimento sobre a PNRS e descarte de resíduos sólidos

A pesquisa de campo para identificar o conhecimento sobre a PNRS e o descarte de resíduos sólidos aconteceu em abril e maio de 2019 com uma amostra de 592 discentes (99% de confiança e 4% de erro) de todos os cursos do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de

São Paulo (IFSP) *Campus* São João da Boa Vista. O IFSP é uma autarquia federal de ensino organizada em 36 *campi* distribuídos pelo estado de São Paulo. Utilizou-se um questionário online que pode ser consultado no link encurtado <https://bit.ly/2YakGLy>.

Quanto às questões sobre o conhecimento dos discentes a respeito da PNRS, apurou-se que a maioria dos participantes afirmou conhecer bem ou ter lido sobre a proibição de descarte de RS em corpos de água, a proibição da queima de RS a céu aberto e a responsabilidade do consumidor pelo ciclo de vida dos produtos. Por outro lado, a maioria dos discentes não sabe ou apenas ouviu falar sobre a obrigatoriedade de elaboração dos Planos de Resíduos Sólidos por parte da União, Estados, Distrito Federal e Municípios, podendo indicar que eles não tiveram contato com a PNRS nem com os planos elaborados pelos municípios onde residem, evidenciando a necessidade de maior divulgação por parte dos municípios.

Constata-se também um conhecimento superficial dos discentes nas questões sobre os conceitos de resíduos sólidos, rejeitos e resíduos perigosos. A maioria dos 11% dos discentes que afirmaram conhecer bem sobre logística reversa também conhecem os demais conceitos pesquisados. No entanto, considera-se um contrassenso que dentre eles 3% afirmem não saber e 22% somente terem ouvido falar sobre resíduos perigosos.

Quanto aos locais onde os discentes descartariam cada um dos resíduos sólidos pesquisados, chama-se atenção para os discentes que descartariam restos de alimentos (17%); papel higiênico, fraldas e absorventes (14%); e saquinhos de café e chá (15%) na coleta seletiva. A necessidade de orientações foi confirmada quando a maioria dos discentes afirmou que às vezes (41%), frequentemente (21%) ou sempre (19%) fica em dúvidas sobre como descartar e acaba utilizando o lixo comum.

Os discentes que costumam observar os pontos de coleta às vezes (30%), frequentemente (15%) ou sempre (12%) também costumam entregar pilhas e baterias em pontos de coleta (86%) e fazer a separação do lixo (80%). Esses discentes também afirmam que conhecem bem ou leram sobre o conceito de resíduos sólidos (61%), rejeitos (66%), resíduos perigosos (59%), logística reversa (28%), responsabilidade do consumidor pelo ciclo de vida dos produtos (64%), obrigatoriedade de elaboração dos Planos de Resíduos Sólidos pela União, Estados, Distrito Federal e Municípios (33%) e a proibição de queima de resíduos sólidos e rejeitos a céu aberto (84%). Além disso, 70,5% deles responderam que utilizariam um aplicativo no celular para cadastrar pontos de coletas, 55% fariam o registro do seu descarte neste aplicativo e 48% compartilhariam seu descarte nas redes sociais.

### 4.3 Propostas tecnológicas para descarte de resíduos sólidos

Para a confirmação da hipótese de que não há um aplicativo móvel gratuito que ao mesmo tempo oriente os usuários quanto ao descarte ambientalmente correto de resíduos sólidos e os motive a colaborar com a comunidade indicando os locais de disposição disponíveis na região, buscaram-se aplicativos nas plataformas da Google e da Apple, respectivamente Play Store e Apple Store, pois atualmente possuem os sistemas operacionais mais usados no mundo (STATISTA, 2019). A pesquisa foi realizada em abril de 2019 e utilizou as palavras-chave “destinação final”, “descarte”, “lixo”, “rejeito” e “resíduo”. Para “destinação final” e “rejeito” não se obteve resultado pertinente. Foram analisadas as descrições de cada um dos aplicativos encontrados, mas somente foram instalados e testados os aplicativos gratuitos que permitiam a localização de pontos de coleta de mais de um tipo de resíduo sólido

e cuja abrangência não estava restrita a uma cidade, comunidade ou prestador de serviços. Para a realização dos testes foi utilizado um iPhone 7 com iOS versão 12.2 e um Samsung Galaxy J5 Prime com Android versão 8.0.

Os testes foram norteados pelo conceito de gamificação nos domínios da sustentabilidade, cujos propósitos são apoiar e encorajar atitudes sustentáveis por meio da mudança de comportamento (MORA et al., 2015; SEABORN; FELLS, 2015). Considerou-se que o descarte ambientalmente adequado de resíduos sólidos requer conhecimento e atitude para segregação e destinação correta dos resíduos que, consequentemente, promovem a mudança de comportamento do cidadão perante este problema. Diante disso, definiu-se que as funcionalidades buscadas nos aplicativos testados seriam: disponibilizar informações relacionadas ao descarte ambientalmente adequado de resíduos sólidos; motivar o engajamento por meio da gamificação; permitir a colaboração dos usuários no cadastro e avaliação dos pontos de coleta; registrar o descarte de resíduos sólidos; e permitir o compartilhamento em redes sociais.

Nenhum dos sete aplicativos testados (Ache&Descarte, Biothanks, Descartaê, DescarteINFO, EcoMind, Heróis da reciclagem, Nosso lixo e Redescarte) possuía todas as funcionalidades avaliadas. Quanto à plataforma, um deles foi desenvolvido somente no iOS, quatro somente no Android e dois em ambas as plataformas. Acredita-se que, como a maioria dos usuários no Brasil utiliza o Android (84,11%) (STATISTA, 2019), os desenvolvedores priorizam esta plataforma. Além disso, o custo para manutenção dos aplicativos na Apple Store (US\$ 99,00 por ano) também pode ser um impeditivo se comparado ao custo da Play Store (US\$ 25,00 uma única vez). Nenhum dos aplicativos testados possuía as funcionalidades avaliadas.

#### 4.4 Desenvolvimento do aplicativo DescarteAqui

As funcionalidades do aplicativo foram definidas considerando-se os mesmos conceitos e funções testadas nos aplicativos móveis sobre resíduos sólidos e nos resultados da pesquisa de campo que indicaram que 65% da amostra pesquisada cadastrariam um ponto de coleta, 50% registrariam seus descartes e 44% compartilhariam em redes sociais. Além disso, adicionaram-se funcionalidades para melhorar a experiência do usuário, a saber: visualizar locais de disposição por meio de uma listagem ou pelo mapa; traçar rota até o local; cadastrar endereço do local por meio de marcação no mapa; sugerir alterações no cadastro de locais de disposição; visualizar regras de pontuação de maneira clara e objetiva; e consultar o ranking de pontuações.

O aplicativo foi projetado para ser colaborativo, pois os próprios usuários farão a inclusão e a avaliação dos locais de disposição dos resíduos sólidos. Para incentivar o engajamento, foi desenvolvido segundo os conceitos de gamificação, onde as funções recebem uma pontuação que, conseqüentemente, geram o ranking dos usuários, registram o feedback por meio da avaliação dos locais de disposição e atribuem conquistas conforme a pontuação alcançada. O DescarteAqui atribui pontos a cada inclusão de local de disposição (3 pontos), avaliação de local (2 pontos para o usuário que faz a avaliação e 1 para o usuário que cadastrou o local) e descarte de resíduos (2 pontos).

Com exceção das funções de cadastro de novo usuário, login e recuperação de senha, as de-

mais funcionalidades são acessadas mediante autenticação do usuário. A tela principal do aplicativo possui a relação dos locais de disposição cadastrados, a opção de incluir um novo local e o acesso às demais funcionalidades por meio do menu. A consulta dos locais pode ser utilizada em duas visões: listagem dos locais em um raio de até 50 (cinquenta) quilômetros de distância ou pelo mapa, utilizando as funções de zoom com os dedos.

O ranking de pontuação e a matriz de resíduos sólidos são acessados pelo menu da tela principal. Na matriz é possível pesquisar por qualquer parte do nome do resíduo sólido ou pela classificação segundo a PNRS. Para auxiliar na visualização, criaram-se ícones para representar cada classificação por origem e para os produtos sujeitos a logística reversa. A Fig. 1 apresenta as telas de consulta de locais de disposição e a matriz de resíduos sólidos.

Quanto à infraestrutura de desenvolvimento, utilizou-se o *framework* Xamarin, disponível no Visual Studio Enterprise 2019, que é uma solução para desenvolvimento multiplataforma que utiliza o .NET. A linguagem de programação foi o C#. A camada de banco de dados, modelos e funções foram implementados na versão 2.1 do .NET Standard e hospedados em um servidor *web* Windows. Utilizou-se o ASP.NET Core 3.1 como servidor de aplicação e *web*; o Xamarin Forms 4.5 para o aplicativo móvel; e o MySQL Server 10.2 como gerenciador de banco de dados. Os recursos nativos do dispositivo para acesso à localização, internet, rede celular, wifi e armazenamento interno.



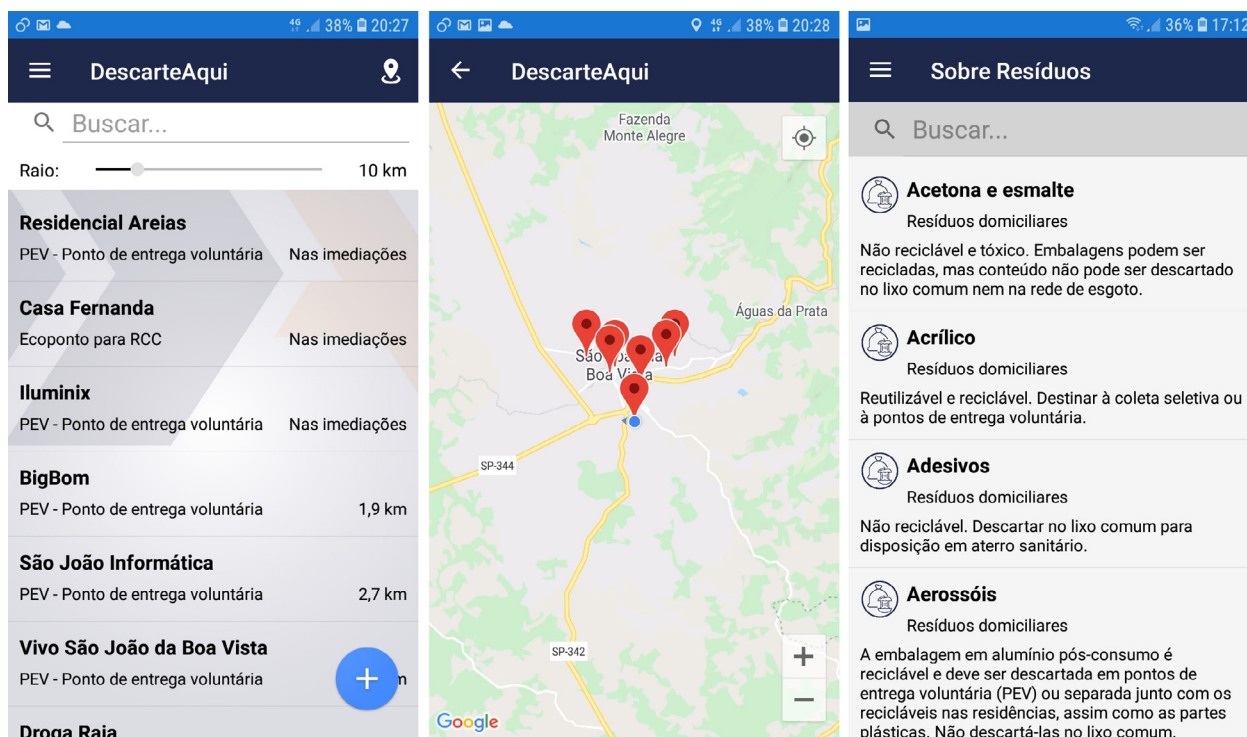


Figura 1 - Opções para busca de locais de disposição e Matriz de Resíduos Sólidos

#### 4.5 Avaliação do DescarteAqui com a PNRS e Experiência do Usuário

A avaliação do DescarteAqui aconteceu de 24/04/2020 até 10/04/2020 por meio de um questionário online que pode ser consultado no link encurtado <https://bit.ly/2Yfjguo>. Os 14 (catorze) participantes do grupo de teste foram classificados como usuários comuns (43%), usuários especialistas em Tecnologia de Informação e/ou Experiência do Usuário (36%) e usuários especialistas na PNRS (21%). Devido à quantidade de participantes da avaliação, seu resultado não pode ser generalizado; no entanto, permite uma primeira análise do aplicativo.

Das funcionalidades testadas por todos os usuários, 3% foram respondidas como erros que foram identificados e corrigidos. Quanto à Experiência do Usuário, o questionário abordou seis dos sete fatores apresentados pela INTERACTION DESIGN FOUNDATION (2019): 1. Utilidade;

2. Usabilidade; 3. Encontrabilidade; 4. Credibilidade; 5. Desejabilidade; e 6. Valor. O fator acessibilidade não foi questionado porque o aplicativo não possui recursos específicos para possibilitar que pessoas com deficiências o utilizem em sua totalidade.

De todos os participantes da pesquisa, um usuário comum (7%) afirmou que o aplicativo não possibilita que o usuário encontre o que está buscando; outro usuário comum (7%) afirmou não saber se o aplicativo permite a utilização das funcionalidades com eficiência, eficácia e satisfação (fator usabilidade); e o mesmo usuário e mais um especialista em Tecnologia da Informação e Experiência do Usuário (14%) responderam não saber se o aplicativo permite que o usuário se sinta seguro durante a utilização (fator credibilidade). Para os demais fatores, todos os participantes afirmaram que os fatores de Experiência de Usuários questionados foram considerados no aplicativo e levantaram melhorias

que também foram implementadas na versão final, a saber: permitir o cadastro do endereço sem a necessidade de estar no local; nomear as funções *Login* e *Logout* na língua portuguesa; alterar a cor do texto da mensagem de confirmação de redefinição de senha; deixar a tela de Perfil editável; utilizar o botão de cadastro de novo local de disposição no canto inferior direito da tela, seguindo o padrão dos aplicativos da Google; e exibir regras de pontuação aos usuários.

Quanto à adequação do aplicativo com a PNRS, dos 50% dos usuários que afirmaram conhecer a PNRS, 43% são os usuários especialistas na PNRS e os demais são usuários comuns. Com exceção de um usuário comum que indicou como ruim a classificação dos produtos sujeitos a logística reversa apresentados na Matriz de Resíduos, os demais avaliaram como boa. Já os usuários especialistas na PNRS avaliaram as classificações como excelente, com exceção de um usuário que indicou como boa a classificação dos resíduos sólidos quanto a origem e sugeriu uma revisão devido ao enquadramento de alguns resíduos sólidos em mais de uma origem. Esta revisão foi realizada e optou-se pela manutenção da classificação onde a origem é mais comum.

## 5 CONCLUSÕES

Embora o Brasil já contasse com a Política Nacional de Meio Ambiente instituída em 1981 e ratificada na Constituição Federal de 1988, as leis do óleo, de crimes ambientais, dos agrotóxicos e do saneamento básico, além de uma série de Resoluções do Conama sobre resíduos sólidos e resíduos perigosos, a implementação da Política Nacional de Resíduos Sólidos, em 2010, foi um marco regulatório para a gestão integrada e o gerenciamento dos resíduos sólidos no Brasil. No entanto, constatou-se que muitos dos seus instrumentos, como o Plano Nacional de Resíduos Sólidos e alguns Planos Estaduais de Resíduos Sólidos,

ainda não foram concluídos. Observou-se que os dados estatísticos sobre resíduos sólidos são escassos e muitas vezes desatualizados, impossibilitando um retrato da real situação no gerenciamento de resíduos sólidos no Brasil.

Considera-se a matriz de resíduos sólidos como uma das principais contribuições deste trabalho, pois relacionou os resíduos sólidos com sua respectiva classificação segundo a PNRS e destinações ambientalmente adequadas levantadas na literatura, sites especializados e cartilhas de reciclagem. Observaram-se divergências nas cartilhas quanto à destinação de alguns resíduos sólidos e a literatura, pois para a maioria das classificações dos resíduos sólidos, as destinações são apresentadas de maneira abrangente.

A pesquisa de campo com os discentes do IFSP-SBV indicou que questões que envolvem a atitude dos cidadãos e têm consequente impacto ambiental mais evidente são de conhecimento da maioria. Em contrapartida, constatou-se um conhecimento superficial sobre os conceitos de resíduos sólidos, rejeitos, resíduos perigosos e logística reversa. Somente a minoria dos discentes afirmou não ter dúvidas na segregação dos resíduos sólidos para o descarte, evidenciando a necessidade de campanhas de educação ambiental. Já os que costumam observar os pontos de coleta também descartam pilhas e baterias corretamente, fazem a separação dos resíduos sólidos, conhecem bem os conceitos pesquisados e utilizariam um aplicativo no celular para cadastrar pontos de coletas.

A identificação e teste dos aplicativos móveis disponíveis na Apple Store e na Play Store consideraram a gratuidade, a abrangência e a localização de pontos de coleta para mais de um tipo de resíduo sólido. Observou-se que somente um dos sete aplicativos foi desenvolvido exclusivamente para a plataforma iOS e dois deles para ambas as plataformas, refletindo a dificuldade

de criação e manutenção de aplicativos em múltiplas plataformas. Dentre os aplicativos testados, nenhum deles é multiplataforma, gamificado e colaborativo e possui todas as funcionalidades propostas neste trabalho.

O DescarteAqui é um aplicativo colaborativo que foi desenvolvido segundo os conceitos de gamificação, onde as funções recebem uma pontuação que, conseqüentemente, gera o ranking dos usuários e incentiva o engajamento. Dentre suas funcionalidades, as principais são a matriz de resíduos sólidos, a localização e cadastro de locais de disposição e o registro de descartes. A documentação e suporte disponíveis do framework de desenvolvimento foram essenciais, porém não suficientes, exigindo também o acesso a sites especializados em Xamarin. A versão em iOS não foi desenvolvida devido à ausência de uma máquina Apple para depurar o código e gerar os pacotes de instalação.

A avaliação do aplicativo para verificar a adequação do seu conteúdo com a PNRS e fatores de experiência do usuário foi realizada por um grupo de controle composto de usuários comuns, usuários especialistas em Tecnologia da Informação e/ou Experiência do Usuário e usuários especialistas na PNRS. Das funcionalidades testadas por todos os usuários, 3% foram reportadas com erro, que foram identificados e corrigidos. Quanto à experiência do usuário, a maioria dos usuários reportou que os fatores questionados foram atendidos, mas ainda assim foram sugeridas melhorias que também foram implementadas na versão final. Dos usuários que afirmaram conhecer a PNRS (50%), somente um deles considerou a classificação dos produtos sujeitos a logística reversa como ruim; os demais classificaram como boa e excelente para este e os demais questionamentos.

Apesar de a avaliação do aplicativo não poder ser generalizada, conclui-se que o DescarteAqui

pode se tornar uma ferramenta para educação ambiental e desenvolvimento sustentável por meio de orientação, sensibilização e incentivo aos cidadãos na segregação e destinação ambientalmente adequada de resíduos sólidos.

Quanto aos trabalhos futuros, entende-se que os próximos passos serão publicar o aplicativo na Play Store; concluir o desenvolvimento e publicação da versão em iOS; buscar parcerias para divulgação; avaliar e realizar as modificações provenientes das sugestões enviadas pelos usuários; e implementar melhorias apontadas pelos usuários e oportunidades levantadas no processo de desenvolvimento e testes, como a identificação de recursos necessários para acessibilidade.

## 6 CONTRIBUIÇÃO DOS AUTORES

Todos os autores contribuíram de forma igualitária.

## 7 REFERÊNCIAS

- ABIPLAST. **Reciclabilidade de materiais plásticos pós-consumo**. São Paulo: Associação Brasileira da Indústria do Plástico, 2018. Disponível em: <<http://www.abiplast.org.br/publicacoes/cartilha-e-reciclabilidade-de-materiais-plasticos-pos-consumo/>>.
- ABRELPE. **Panorama dos resíduos sólidos no Brasil 2017**. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE EMPRESAS DE LIMPEZA PÚBLICA E RESÍDUOS ESPECIAIS, 2018. Disponível em: <<http://abrelpe.org.br/download-panorama-2017>>. Acesso: 4 jul. 2019.
- ANDA. **Pesquisa Setorial - Macro Indicadores**. Associação Nacional para Difusão de Adubos, 2019. Disponível em: <<http://anda.org.br/estatisticas>>. Acesso: 23 jul. 2019.
- BRASIL. Decreto no 7.404, de 23 de dezembro de 2010. Regulamenta a lei no 12.305, de 2 de agosto de 2010, que institui a política nacional de resíduos sólidos, cria o comitê interministerial da política nacional de resíduos sólidos e o comitê orientador para a implantação dos sistemas de logística reversa, e dá outras providências. Brasília, 2010a. **Diário Oficial da União**, 23 de dez. 2010.
- BRASIL. Lei no 12.305, de 2 de agosto de 2010. Institui a política nacional de resíduos sólidos; altera a lei no 9.605, de 12 de fevereiro de 1998; e dá outras providências. Brasília, 2010b. **Diário Oficial da União**, 3 de ago. 2010.

BRASIL. Lei no 7.783, de 28 de junho de 1989. Dispõe sobre o exercício do direito de greve, define as atividades essenciais, regula o atendimento das necessidades inadiáveis da comunidade, e dá outras providências. Brasília, 1989. **Diário Oficial da União**, 28 de jun. 1989.

BURKE, B. **Gamificar: como a gamificação motiva as pessoas a fazerem coisas extraordinárias**. São Paulo: DVS Editora, 2015.

CARVALHO, P. S. L. d. et al. **Sustentabilidade socioambiental da mineração**. Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social, 2018.

CONAMA. Resolução Conama no 335, de 3 de abril de 2003. Dispõe sobre o licenciamento ambiental de cemitérios. Brasília, 2003. **Diário Oficial da União**, 28 de mai. 2003.

DE CARVALHO, S. A. O direito fundamental ao saneamento básico como garantia do mínimo existencial social e ambiental. **Revista Brasileira de Direito**, Passo Fundo, v. 8, n. 2, p. 6-37, 2012.

DETERDING, S. et al. From game design elements to gamefulness: Defining "gamification". In: Proceedings of the 15<sup>th</sup> International Academic MindTrek Conference: Envisioning Future Media Environments. New York, NY, USA: ACM, 2011. **Anais...** (MindTrek '11), p. 9–15. ISBN 978-1-4503-0816-8. Disponível em: <<http://doi.acm.org/10.1145/2181037.2181040>>.

eCycle. **Recicle tudo**. eCycle, 2020. Disponível em: <<https://www.ecycle.com.br/component/content/article/70-homes/271-home-recicle-tudo.html>>. Acesso: 13 jan. 2020.

GREEN ELETRON. **Logística reversa de pilhas e baterias portáteis**. São Paulo: Green Eletron Gestora de Logística Reversa, 2018. Cartilha de orientações técnicas. Disponível em: <[https://www.greeneletron.org.br/download/CARTILHA\\_PILHAS\\_OPERACIONAL.pdf](https://www.greeneletron.org.br/download/CARTILHA_PILHAS_OPERACIONAL.pdf)>.

GREEN ELETRON. **Ministério do Meio Ambiente aprova Acordo Setorial para a Logística Reversa de Eletroeletrônicos**. Green Eletron Gestora de Logística Reversa, 2019. Disponível em: <<https://www.greeneletron.org.br/blog/ministerio-do-meio-ambiente-aprova-acordo-setorial-para-a-logistica-reversa-de-eletroeletronicos>>. Acesso: 11 fev. 2020.

IBAMA. **Relatório de pneumáticos: Resolução Conama no 416/09: 2017** (ano base 2016). Brasília: Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis, 2017.

IBGE. **Indicadores de Desenvolvimento Sustentável**. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, 2015. Disponível em: <<https://sidra.ibge.gov.br/Tabela/1157>>. Acesso: 9 jul. 2019.

IBGE. **Pesquisa Anual da Indústria da Construção 2017**. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, 2018. Disponível em: <[https://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/periodicos/54/paic\\_2017\\_v27\\_informativo.pdf](https://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/periodicos/54/paic_2017_v27_informativo.pdf)>. Acesso: 9 jul. 2019.

IBGE. **Pesquisa Nacional de Saneamento Básico de 2008**. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, 2010. Disponível

em: <<https://www.ibge.gov.br/estatisticas/multidominio/meio-ambiente/9073-pesquisa-nacional-de-saneamento-basico.html>>. Acesso: 9 jul. 2019.

INPEV. **Relatório de Sustentabilidade 2018**. São Paulo: Instituto Nacional de Processamento de Embalagens Vazias, 2018.

INSTITUTO JOGUE LIMPO. **Relatório de desempenho anual 2018**. Instituto Jogue Limpo, 2019. Disponível em: <<https://www.joguelimpo.org.br/institucional/relatorios.php>>.

INTERACTION DESIGN FOUNDATION. **The Basics of User Experience Design**. 2019. Disponível em: <<https://www.interaction-design.org/literature>>. Acesso: 30 mai. 2019.

IPEA. **Diagnóstico dos Resíduos Orgânicos do Setor Agrossilvopastoril e Agroindústrias Associadas**. Brasília: Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada, 2012a. Relatório de Pesquisa.

IPEA. **Diagnóstico dos Resíduos Sólidos de Transportes Terrestres**. Brasília: Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada, 2012b. Relatório de Pesquisa.

IPEA. **Diagnóstico dos Resíduos Sólidos Industriais**. Brasília: Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada, 2012c. Relatório de Pesquisa.

MAIELLO, A.; BRITTO, A. L.; VALLE, T. Implementação da política nacional de resíduos sólidos. **Revista de Administração Pública**, v. 52, n. 1, p. 24–51, 2018. ISSN 1982-3134. <https://doi.org/10.1590/0034-7612155117>.

MMA. **Planos de gestão de resíduos sólidos: manual de orientação**. Brasília: Ministério do Meio Ambiente e ICLEI-Brasil, 2012. ISBN: 978-85-99093-21-4. Disponível em: <[https://www.mma.gov.br/estruturas/253/\\_publicacao/253\\_publicacao09042012101719.pdf](https://www.mma.gov.br/estruturas/253/_publicacao/253_publicacao09042012101719.pdf)>.

MMA. **Coleta de óleo lubrificante usado ou contaminado - 2018 (ano base 2017)**. Brasília: Ministério do Meio Ambiente, 2018. Disponível em: <[https://sinir.gov.br/images/sinir/LOGISTICA\\_REVERSA/Sistemas\\_Implantados\\_OLUC/Relatorio\\_CONAMA\\_OLUC\\_2018.pdf](https://sinir.gov.br/images/sinir/LOGISTICA_REVERSA/Sistemas_Implantados_OLUC/Relatorio_CONAMA_OLUC_2018.pdf)>.

MORA, A. et al. A literature review of gamification design frameworks. In: 2015 7th International Conference on Games and Virtual Worlds for Serious Applications (VS-GAMES), 2015. p. 1–8. **Anais...** <https://doi.org/10.1109/VS-GAMES.2015.7295760>

MPSP. **Coleta seletiva - Pratique esta ideia**. São Paulo: Ministério Público do Estado de São Paulo, 2014. Disponível em: <[http://www.mpsp.mp.br/portal/page/portal/Cartilhas/coleta\\_seletiva.pdf](http://www.mpsp.mp.br/portal/page/portal/Cartilhas/coleta_seletiva.pdf)>.

RECICLANIP. **Pontos de Coleta**. 2019. Disponível em: <<http://www.reciclanip.org.br/>>. Acesso: 11 fev. 2020.

RECICLUS. **Relatório Anual de Atividades e Resultados 2017**. São Paulo: Associação Brasileira para Gestão da Logística Reversa de Produtos de Iluminação, 2018. Disponível em:

<[https://sinir.gov.br/images/sinir/LOGISTICA\\_REVERSA/RELATORIOS\\_ANUAIS/LAMPADAS/Relatorio\\_MMA\\_vers%C3%A3o\\_final\\_08012019.pdf](https://sinir.gov.br/images/sinir/LOGISTICA_REVERSA/RELATORIOS_ANUAIS/LAMPADAS/Relatorio_MMA_vers%C3%A3o_final_08012019.pdf)>.

SCHALCH, V. **Divisão dos resíduos sólidos quanto à origem e periculosidade de acordo com a PNRS** (apostila). São Carlos: EESC-USP, 2018. 33 p.

SCHALCH, V. et al. **Resíduos sólidos: Conceitos, gestão e gerenciamento**. Rio de Janeiro: Elsevier Editora Ltda, 2019. 579 p.

SEABORN, K.; FELLS, D. I. Gamification in theory and action: A survey. **International Journal of human-computer studies**, Elsevier, v. 74, p. 14–31, 2015. <https://doi.org/10.1016/j.ijhcs.2014.09.006>

SOUZA, A. S. R. O meio ambiente como direito difuso e a sua proteção como exercício de cidadania. **Revista da Faculdade Mineira de Direito**, v. 13, n. 25, p. 22–38, 2010. <https://doi.org/10.5752/P.2318-7999.2010v13n25p22>

STATISTA. **Statistics and Market Data on Telecommunications**. 2019. Disponível em: <<https://www.statista.com/markets/418/topic/481/telecommunications/>>. Acesso: 29 mar. 2019.

TEIXEIRA, R. B.; MACIEL, V. T. **Cartilha Coleta Seletiva**. Rio Branco: Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária do Acre, 2010. Disponível em: <<http://nipoa.sp.gov.br/Uploads/Cartilhas/CARTILHACOLETACELETIVA.pdf>>.

The World Bank. **World Development Indicators Database**. The World Bank, 2019. Disponível em: <<https://datacatalog>.

[worldbank.org/dataset/world-development-indicators](https://datacatalog.worldbank.org/dataset/world-development-indicators)>. Acesso: 04 set. 2019.

TOTH, A.; TOVOLGYI, S. The introduction of gamification: A review paper about the applied gamification in the smartphone applications. In: 2016 7th IEEE International Conference on Cognitive Infocommunications (CogInfoCom), 2016. p. 213–218. **Anais...** <https://doi.org/10.1109/CogInfoCom.2016.7804551>

UNEP. **Environmental Rule of Law: First Global Report**. 2019a. Disponível em: <<https://www.unenvironment.org/resources/assessment/environmental-rule-law-first-global-report>>. Acesso: 5 jul. 2019.

UNEP. **Global Environment Outlook (GEO-6): Healthy Planet, Healthy People**. 2019b. United Nations Environmental Programme. Disponível em: <<https://www.unenvironment.org/resources/global-environment-outlook-6>>. Acesso: 10 jun. 2019.

UNEP. **Global Waste Management Outlook - GWMO**. 2015. United Nations Environmental Programme. Disponível em: <<https://www.unenvironment.org/pt-br/node/1543>>. Acesso: 13 jun. 2019.

WSA. **World Summit Awards**. 2019. UN World Summit on the Information Society. Disponível em: <<https://www.worldsummitawards.org>>. Acesso: 04 jun. 2019.

ZICHERMANN, G. **Intrinsic and Extrinsic Motivation in Gamification**. 2011. Disponível em: <<http://www.gamification.co/2011/10/27/intrinsic-and-extrinsic-motivation-ingamification>>. Acesso: 21 mai. 2019.