

Protótipo de lixeira inteligente no contexto das Smart Cities e da Internet das Coisas

Paulo Victor Sousa¹, Marcelo Costa¹

¹Locomô – Grupo de Pesquisa em Tecnologias Digitais e Espacialidade
Universidade Federal do Ceará – Campus Quixadá (UFC)

paulo.victor@ufc.br, macelocost@gmail.com

Abstract. *This paper describes the development of a smart trash can prototype. This project is based on theoretical discussions on smart cities, internet of things and big data concepts. We list some troubles related to usual garbage services, we address the underlying concepts for the current technological context, we describe the proposal and we show how it is can be useful if we observe certain needs. Also, positives and negatives aspects are highlighted, and we discuss how design could be taken face to new technologies, stressing how digital design acts further than projecting graphic interfaces and how it must mediate users and artifacts.*

Resumo. *Este artigo descreve o desenvolvimento de um protótipo de lixeira inteligente. O projeto está ancorado nas discussões teóricas sobre cidades inteligentes, Internet das Coisas e Big Data. Listamos aqui alguns problemas relacionados à coleta de lixo usual, abordamos os conceitos que fundamentam o atual contexto tecnológico, descrevemos a solução proposta e mostramos o quão ela é útil diante de certas necessidades. Ao fim, descrevemos problemas e virtudes do projeto, discutindo o papel do design frente a novas tecnologias e evidenciando que o design digital vai além da mera concepção de interfaces gráficas e deve atuar no estabelecimento de mediações entre os atores e os artefatos envolvidos.*

1. Introdução

Na esteira dos fenômenos ora enquadrados como Internet das Coisas (IoT - *Internet of Things*), *Big Data* e *Smart Cities*, este trabalho apresenta o desenvolvimento de um protótipo de lixeira inteligente, a qual se propõe a monitorar o descarte de lixo e a gestão de resíduos sólidos em ambientes não especializados. A ideia de um dispositivo dessa natureza nasce da previsão de que, no contexto das cidades inteligentes, cada vez mais teremos objetos conectados entre si e à internet, os quais serão dotados de sensibilidade a estímulos externos e capazes de transformar estes em dados digitais [Batty 2013], [Kitchin, Lauriault and McArdle 2015], [Lemos and Mont’Alverne 2015]. Nesse cenário de internet das coisas é necessário que se desenvolvam soluções que atendam a demandas diversas da sociedade, como saúde, saneamento básico, segurança, trânsito, dentre outros aspectos passíveis de monitoramento, controle e automação – o que, de modo geral, corresponde a requisitos de eficácia atrelados à perspectiva das *smart cities*.

Na coleta de resíduos sólidos urbanos, assim chamado o lixo que ainda é adequado à reutilização ou à reciclagem, a maior parte das operações de tratamento

estão baseadas em rotas e horários fixos – planejamento que pode desconsiderar variações nos estados físicos das lixeiras ou no volume de lixo produzido, dentre outros imprevistos. Essa escassez de dados específicos por si só é razão suficiente para estudos que se proponham inventivos quanto ao monitoramento e tratamento de grandes volumes de dados, o que nos alinha à perspectiva do *Big Data*. Esse problema, que pode levar à deficiência no planejamento ou ineficácia da aplicação de recursos financeiros, também é passível de ocorrência em ambientes internos, como shoppings, metrô, aeroportos e rodoviárias, se considerarmos o trânsito intenso de pessoas por esses locais. A inspeção e o recolhimento tradicional do lixo são, assim, incômodos, ineficazes e dispendiosos, além de anacrônicos na medida em que desprezam as tecnologias atuais.

Diante desse cenário, o presente trabalho apresenta o desenvolvimento de um protótipo de lixeira inteligente, capaz de monitorar e mensurar peso, volume, nível de preenchimento, umidade e temperatura do espaço interno da lixeira. Tais dados, uma vez analisados sob distintas perspectivas, podem ser utilizados para criar visões mais acuradas quanto à produção e à coleta de resíduos sólidos, eliminando a necessidade de médias e previsões e dando vazão ao monitoramento em tempo real, conforme verificado em trabalhos relacionados [Karadimas *et al.* 2016], [Baby *et al.* 2017], [Mware 2017]. Em cenários avançados de desenvolvimento e aplicação, um sistema de coleta de lixo inteligente permitiria tomadas de decisões antecipadas, verificação de problemas e consequentes ajustes com mais habilidade, planejamento logístico mais adequado ao cotidiano das cidades, além de uso mais racional de recursos financeiros.

O protótipo aqui apresentado monitora o descarte de lixo por meio de sensores ligados a uma placa Arduino, traduzindo as informações em dados digitais e criando, automaticamente, visualizações de dados numa interface web, a qual tem o propósito de servir como uma central administrativa, possibilitando uma apreensão de todo o conjunto de lixeiras do ambiente e levando os gestores a tomadas de decisões mais rápidas. O sistema foi criado e testado num campus universitário¹, em área de alimentação e recreação, próximo a uma lanchonete, e possui a flexibilidade de ser replicado em outros ambientes internos, podendo ser remodelado e escalonado em dimensões e complexidades diversas. Neste trabalho, buscamos identificar quais dados seriam importantes para o monitoramento, discutimos essa aplicação tecnológica sob a ótica das *smart cities* e conceitos agregados (como IoT, *Big Data* e computação ubíqua) e apresentamos os resultados obtidos a partir desse experimento.

De modo geral, o protótipo se comportou dentro do esperado, apresentando-se como um objeto tecnológico discreto, passando-se despercebido e sem gerar incômodos nos usuários, produzindo os dados requeridos e criando as visualizações na interface web. Além dos êxitos, deparamo-nos igualmente com erros eventuais na calibragem dos sensores, diante de quedas na conexão à internet ou quando da ocorrência de variações na rede elétrica, os quais são apresentados e discutidos. Também foi possível compreender que, especificamente quanto à equipe de limpeza, algum treinamento ou orientação são necessários diante dos recursos tecnológicos aplicados, o que ressalta a dimensão interveniente de qualquer tipo de tecnologia. O principal aprendizado obtido neste trabalho se dá quanto à possibilidade de produção e utilização de dados de monitoramento, e aqui demonstramos a viabilidade do objeto inteligente como mediador de tomadas de decisão. Desse modo, o experimento nos

1 O desenvolvimento deste projeto se deu como parte de um Trabalho de Conclusão de Curso no bacharelado em Design Digital, da Universidade Federal do Ceará [Cavalcante 2018]. Na monografia em questão, é possível encontrar detalhes técnicos mais específicos para possíveis replicações do experimento.

indicou que, conceitualmente, a construção e a utilização de dispositivos de monitoramento ligados à internet é plausível, útil e possível, o que pode contribuir no desenvolvimento de soluções em IoT e *smart cities* em breve. Para trabalhos futuros, vislumbram-se a) a possibilidade de replicação de sistemas de várias lixeiras, seja em ambiente similar, seja em ambientes mais complexos; b) aperfeiçoamento tanto do aspecto físico da lixeira quanto da interface de gerenciamento em plataforma web; c) desenvolvimento de outros produtos de monitoramento baseados neste mesmo paradigma, tais como trânsito de veículos ou pessoas, fluxos de água ou eletricidade e sistemas de transporte.

2. Lixo, resíduos sólidos e procedimentos de coleta

Genericamente falando, a coleta tradicional de lixo se dá por observações, médias e predições – uma vez que já se sabe qual a produção usual, a rotina de coleta e tratamento acaba sendo baseada num formato estatístico simples. Quando não realizada adequadamente, essa coleta ineficaz se traduz em poluição, seja atmosférica, oceânica ou de outro tipo. Dados da última Pesquisa Nacional de Saneamento Básico, realizada pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) em 2008 e publicada em 2010, mostram que, no Brasil, 50,8% dos municípios destinam inadequadamente os resíduos sólidos, que são colocados em lixões a céu aberto [IBGE 2010]. O quadro é pior nas regiões Norte e Nordeste, onde esse valor fica acima de 90%.

No ano de 2010, foi promulgada no país a Lei 12.305, que instituiu a Política Nacional de Resíduos Sólidos (RSU). Ela presume a prevenção e diminuição da geração de resíduos através de práticas de hábitos de consumo sustentáveis e uma série de instrumentos que visam a ampliar a reciclagem e reuso dos resíduos, além de responsabilizar seus geradores pela manutenção da logística reversa e, ainda, estabelece metas que devem contribuir com a eliminação dos lixões, dentre outros pontos. A referida lei estabelece que resíduo sólido é qualquer

material, substância, objeto ou bem descartado resultante de atividades humanas em sociedade, a cuja destinação final se procede, se propõe proceder ou se está obrigado a proceder, nos estados sólido ou semissólido, bem como gases contidos em recipientes e líquidos cujas particularidades tornem inviável o seu lançamento na rede pública de esgotos ou em corpos d'água, ou exijam para isso soluções técnica ou economicamente inviáveis em face da melhor tecnologia disponível [Brasil 2010].

Este é um marco muito importante no contexto nacional, pois indica uma busca pela melhoria do quadro e define diretrizes importantes, mas isso não garante o aperfeiçoamento da gestão dos resíduos sólidos no Brasil, pois para que isso ocorra é necessário que tanto o poder público como a sociedade civil venham a se engajar no sentido de transformar este instrumento normativo em instrumento modificador das atuais práticas de gestão e manejo dos RSUs.

A dimensão de utilidade e inutilidade sobre os resíduos sólidos é passível de discussão, o que nos leva ao ponto da reciclagem e do reaproveitamento do lixo. Entretanto, como esse não é o foco do trabalho, levamos em consideração aqui apenas a etapa mais básica desse processo, que é precisamente a coleta e seus suportes necessários. O manejo desse descarte se configura, assim, como uma etapa posterior, a qual, assim compreendemos, pode vir a se beneficiar se o procedimento fundamental (estoque e coleta do RSU) for otimizado.

A solução proposta neste artigo visa a trabalhar com coleta e processamento de grandes volumes de dados em tempo real, superando modelos preditivos baseados em médias e previsões. Para tanto, buscamos na computação e nas tecnologias digitais o suporte teórico adequado, o qual configura um cenário de inteligência de objetos conectados em rede. Descrevemos esses conceitos na seção a seguir.

3. Smart Cities, Big Data, IoT e computação ubíqua

O fenômeno das cidades inteligentes (*smart cities*) contempla uma série de tecnologias e procedimentos ligados à coleta, filtragem e processamento de dados em grande quantidade [Batty 2013], [Kitchin 2014b], [Kitchin, Lauriault and McArdle 2015], [Lemos and Mont’Alverne 2015], os quais podem se referir a diversas dimensões da vida cotidiana: trânsito, poluição do ar, distribuição de água ou energia, tratamento de esgoto etc. A base tecnológica para tais aplicações se encontra em paradigmas computacionais que evidenciam os seguintes detalhes: a miniaturização e barateamento de componentes eletrônicos acompanhados do aumento das capacidades de processamento e armazenamento de dados digitais (seguindo, assim, a premissa da Lei de Moore²); a pervasividade desses mesmos componentes e seu espraiamento em ambientes e objetos diversos; a conexão destes entre si e com a internet; e a consequente etapa de coleta e processamento de dados, dando vazão a informações úteis para cada cenário trabalhado.

Cada um desses fenômenos ou paradigmas encontram nomes que lhes identificam em suas concepções básicas. O procedimento de espalhar sensores, processadores ou outros componentes eletrônicos na arquitetura e nos objetos cotidianos é descrito como computação ubíqua ou *ubicomp* [Andrade 2012]. Já no início da década de 1990, Weiser (1991) nos fazia o indicativo de que os computadores para o século atual viriam a ser tão pequenos e discretos que se tornariam incorporáveis a coisas banais, perdendo o caráter de algo especializado que tinham até então e tornando-se, assim, ubíquos. Essa incorporação física e eletrônica dotaria tais objetos de algum tipo de capacidade informacional.

A *smart city*, assim, pode ser descrita como uma cidade que se gere a partir de recursos computacionais baseados em sensores, computação ubíqua, Internet das Coisas e *Big Data*, pautada especificamente na produção e no processamento de grandes volumes de dados em tempo real. Não se encontra consenso sobre o conceito básico de uma cidade inteligente – a qual, por vezes, encaminha-se para uma descrição de uma “cidade verde” ou de lugares gentrificados³. Aqui, contudo, tomamos como alicerces as definições que indicam a mescla entre objetos e espaços físicos com camadas informacionais. Algumas dessas conceituações apontam para a inteligência sendo resultado da atuação no campo dos dados produzidos por sensores, com precisões temporais e geográfica [Batty 2013] ou atrelada a serviços e estruturas que se tornam mediadas digitalmente e são orientadas por dados [Kitchin, Lauriault and McArdle 2015]. Nesse processo, geram-se e processam-se dados em tempo real, além de sistemas próprios para esse fim manejam a cidade.

A ideia de conectar objetos e estruturas físicas, não apenas entre si mas à própria internet e dispô-los de ações e funcionalidades em rede é tratado como o fenômeno da

2 Em referência ao pesquisador Gordon E. Moore, que previu essa correlação inversa já em meados dos anos 1960.

3 Lugares revitalizados e enquadrados dentro de uma lógica segregatória, excludente.

Internet das Coisas (IoT – *Internet of Things*). A expressão é apontada por alguns como vaga, pouco precisa e utilizada sem critérios ou para propósitos diferentes. Contudo, é possível compreender que a IoT incorpora um encontro entre os ambientes físicos e os ambientes virtuais: “A Internet das Coisas é um conceito segundo o qual o mundo virtual da tecnologia da informação se integra perfeitamente com o mundo real das coisas”⁴ [Uckelmann, Harrison and Michahelles 2011, p. 2]. Essa afirmação, entretanto, traz consigo algo da separação errônea entre virtualidade e realidade típica dos anos 1990, já amplamente discutida por autores como Lévy (1996) e Turkle (2008, 2011), e tal cisão conceitual perde terreno perante formatos de digitalização de espaços e da alocação da localização em serviços em rede [Sousa 2016].

Fica claro que essa dualidade, além de falaciosa, está superada diante da interação mediada por dispositivos eletrônicos e da onipresença de redes de sociabilidade e ferramentas digitais diversas no nosso dia a dia. A nova perspectiva de coisas conectadas em rede não só possibilita como atualiza um pensamento de ação de objetos na produção de inteligência no dia a dia por meio de sensores, controladores e microprocessadores, especialmente se tomamos como premissa a concretização da computação ubíqua. A IoT, assim, acaba se apresentando como uma internet como realmente deve ser: não apenas de computadores, mas de pessoas e objetos em rede.

De todo modo, ainda que tenha sido usada de modo pouco criterioso, a IoT possui uma definição conjunta dada pelo Grupo para Projetos de Pesquisa da Europa em Internet das Coisas (*Cluster of European Research Projects on the Internet of Things – CERP-IoT*): “A Internet das Coisas (...) pode ser definida como uma infraestrutura de rede global dinâmica com capacidades autoconfiguráveis baseadas em protocolos de comunicação padronizados e interoperáveis, na qual 'coisas' físicas e virtuais têm identidades, atributos físicos e personalidades virtuais” [CERP-IoT 2009 *apud* Uckelmann, Harrison and Michahelles 2011]⁵.

Por fim, de modo a atender a demanda de informações enviadas e trabalhadas em rede, a perspectiva do *Big Data* compreende a coleta massiva de dados de acordo os objetivos pressupostos para cada tomada de decisão. Dados são tradicionalmente tratados como custosos e difíceis de se obter, exigindo largas e complexas etapas de tratamento. Segundo a visão do *Big Data*, ao utilizarmos determinadas ferramentas e métodos adequados, a geração de dados seria constante e tratada em seus detalhes, contabilizada e especificada em tempo real e não mais visualizada por amostragem [Kitchin 2014a]. O *Big Data*, desse modo, aparece como novo paradigma de processamento de dados: volumosos, em tempo real e responsivo às circunstâncias cotidianas, o qual seria o modelo adequado para os formatos de *smart city* com funcionalidades baseadas em IoT.

Em conjunto, esses paradigmas dão as bases para a concretização das cidades inteligentes, que se baseiam em geral numa abordagem informacional (ou seja, utilizando dados e computação para a geração de informações úteis ou tomadas de decisões) sobre os processos citadinos. Ainda que possamos ter críticas sobre as cidades inteligentes [Greenfield 2013], é notório que esse tem sido um assunto pertinente em

4 Tradução nossa para “The Internet of Things is a concept in which the virtual world of information technology integrates seamlessly with real world of things”.

5 Tradução nossa para “Internet of Things (IoT) (...) could be defined as a dynamic global network infrastructure with self configuring capabilities based on standard and interoperable communication protocols where physical and virtual ‘things’ have identities, physical attributes, and virtual personalities”.

diversos campos, como comunicação, arquitetura, design e, obviamente, computação – o que nos mostra que as questões que a *smart city* carrega são inescapáveis à interdisciplinaridade – tais como lógica de eficiência, padronizações de comportamento, perigos relativos à privacidade, educação e formação básica para tais tecnologias etc.

4. Projeto e desenvolvimento

Nesse cenário em evidente crescimento, esta seção apresenta de modo geral o desenvolvimento de um protótipo de lixeira inteligente, a qual, por meio de sensores conectados à internet, captura dados sobre a produção de resíduos sólidos e os envia para um servidor. A lixeira foi disposta numa área coletiva que continha uma lanchonete, mesas e equipamentos de recreação, o que levava à produção constante de lixo. Os dados produzidos nesse projeto dão conta do peso, volume e nível de preenchimento da lixeira, que representam um ponto crítico de parte considerável das coletas usuais não especializadas⁶. Depois de tratados e formatados, os dados geram visualizações sobre o estado das lixeiras e são incorporados a um sistema de gerenciamento baseado na web, o qual dá indicações sobre o montante de lixo em tempo real, a situação de funcionamento das lixeiras, dentre outros detalhes⁷.

O projeto teve início efetivo com uma fase de observação participante da rotina da equipe de limpeza e com uma entrevista semiestruturada com os responsáveis pela gestão do campus universitário onde se situa o projeto. Buscou-se, assim, compreender de que modo se dá o gerenciamento de resíduos sólidos na instituição, obter alguns números acerca da produção de resíduos e também conhecer de perto como os funcionários realizam a atividade.

De imediato, constatou-se que não havia informações detalhadas sobre o montante de lixo produzido no campus, o que resultava num formato de coleta tipicamente dividida por turnos e rotas padrões: três vezes ao dia, por diferentes membros ou grupos, que possuem rotas pré-definidas, entre 7h e 9h, entre 14h e 14h30, e às 20h. As observações indicaram que muitas das lixeiras no percurso não precisaram ser esvaziadas em todas as ocasiões. Pelo pequeno tamanho e baixa complexidade do campus, não foram observadas grandes dificuldades na execução das tarefas, o que não indica, contudo, gastos desnecessários com sacos de lixo ou material de limpeza.

Uma vez que nossa proposta de lixeira inteligente busca lidar com observação de dados em tempo real, dispensado etapas de verificação manual, por exemplo (como é realizado atualmente), a etapa seguinte foi listar e testar componentes a partir de revisão bibliográfica de trabalhos similares.

Para o controle geral da lixeira inteligente, o Arduino Uno foi selecionado como placa microcontroladora devido à facilidade de prototipação oferecida, à vasta

6 Resíduos sólidos de fontes especiais são aqueles produzidos por hospitais, indústrias, aeroportos ou serviços de saúde, por exemplo [Monteiro et al 2001]. Por sua natureza peculiar e potencialmente nociva, a coleta, nesses casos, não pode se dar simplesmente pelo limite da lixeira ou por horários, requerendo um modo de tratamento adequado a cada caso.

7 É necessário frisar que a análise desses dados não fez parte dos objetivos do projeto. Uma vez situada num curso de Design Digital, compreendemos que, naquele momento, os esforços precisavam ser orientados quanto ao funcionamento e ao “apagamento” dos aspectos digitais da lixeira – ou seja, ela deveria coletar os dados propostos, gerar as interfaces de gerenciamento para a prefeitura do campus e, ao mesmo tempo, ser confundida como uma lixeira comum, sem equipamentos eletrônicos. Além disso, por se tratar de uma dimensão administrativa, nossa atenção não recaiu sobre os dados produzidos ou os gráficos montados.

documentação disponível na Internet e também por ser um projeto *open-source*. Com ele, é possível montar desde projetos simples até aqueles mais complexos, como automação residencial.

Para a medição do peso dos resíduos, utilizaram-se dois sensores de carga de capacidade máxima de 50 kg. Para medir o volume do lixo, foi utilizado o sensor HC-SR04, que envia pulsos sonoros e utiliza sinais de eco para medir a distância de objetos até si. Durante a fase de testes iniciais, descobriu-se que fatores como a temperatura e umidade do ar alteram o modo como os pulsos sonoros se comportam, e consequentemente, interferem nas aferições do volume de lixo. Isso exigiu a inclusão de um novo sensor para realizar as medições de temperatura e umidade do ar, algo não planejado. Para esse fim, utilizou-se o sensor DHT22, capaz de ler variações de temperatura entre -40°C e 80°C e umidade entre 0% e 100%. Um outro tipo de sensor foi utilizado na tampa, o U18524, que foi posto próximo a um ímã para realizar uma leitura de variação no campo magnético. Esse pequeno engenho foi suficiente para indicar a abertura da lixeira.

Por fim, a comunicação da lixeira com a Internet ficou a cargo de uma placa ESP8266, capaz de conectar-se a redes Wi-Fi, e a transmissão dos produzidos para o servidor em nuvem utilizou o MQTT (*Message Queue Telemetry Transport*), um protocolo de comunicação leve e flexível inventado e desenvolvido inicialmente pela IBM no final dos anos 90, com fins de telemetria. Por sua leveza e vasta documentação disposta em fóruns e tutoriais, não foi necessária outra tecnologia, e utilizamos de imediato esse padrão, que se mostrou adequado para o protótipo que viria a ser desenvolvido.

Na figura 1 a seguir, localizamos os componentes eletrônicos no protótipo, num esquema desenhado de acordo com o modelo de lixeira utilizado: do tipo basculante de 50L, semelhante às já utilizadas no campus onde a situamos.



Figura 1: Componentes do protótipo da lixeira inteligente

A figura 2 abaixo detalha o esquema de montagem do seu circuito elétrico, realizado no *software* Fritzing, um programa *open-source* destinado ao desenho esquemático de prototipação.

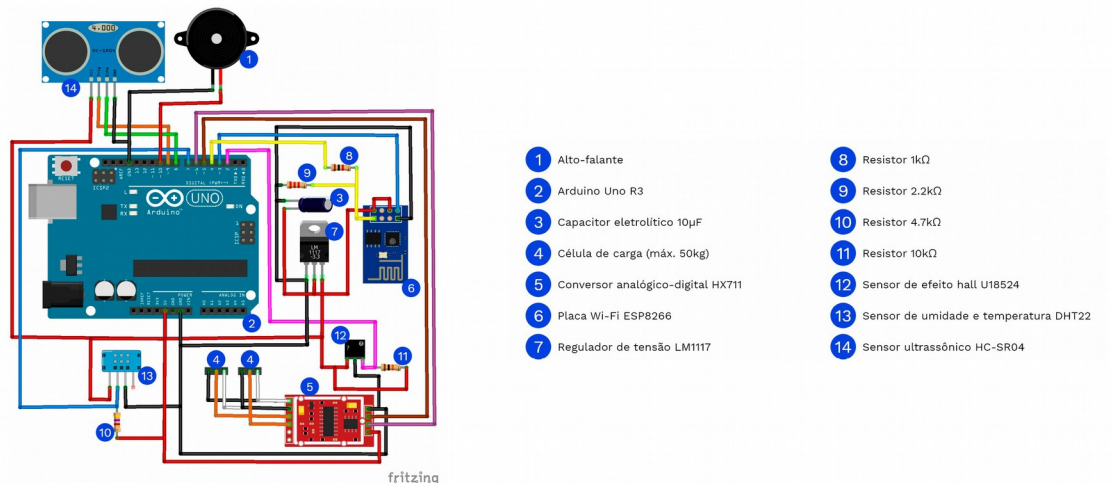


Figura 2: Esquema de montagem do circuito da lixeira e lista de componentes elétricos

Já o funcionamento do sistema se dá em *loop*, de modo que os dados são enviados a um servidor a cada 60 segundos ou toda vez que a tampa venha a ser fechada. A figura 3 mostra o fluxograma de execução do código-fonte.

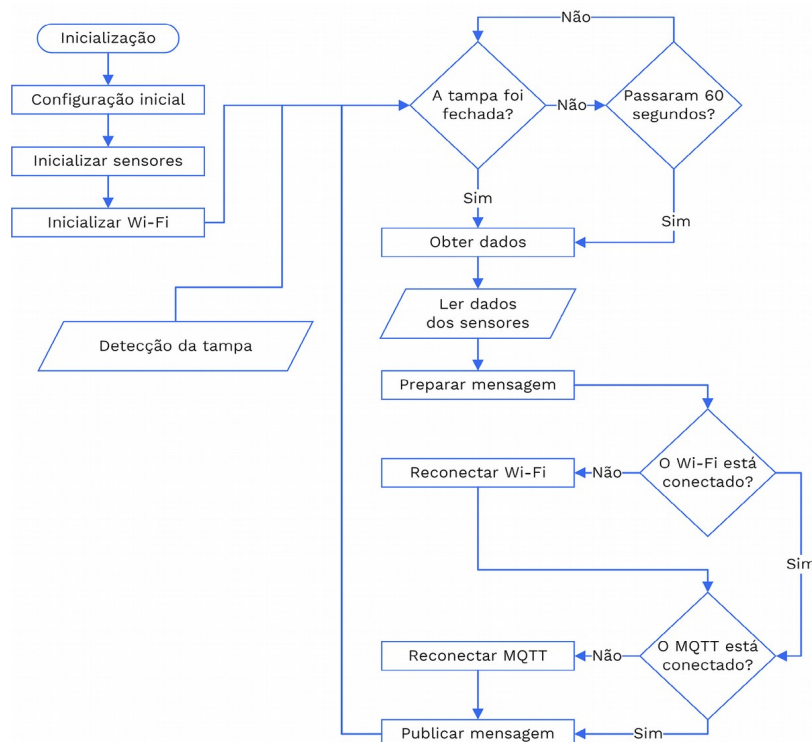


Figura 3: Fluxograma de execução do código-fonte da placa Arduino.

Após montado, o conjunto foi capaz de fornecer todos os dados requeridos no início da etapa: peso, nível de preenchimento (a partir da altura dos resíduos), volume (uma estimativa, com base no preenchimento e no formato da lixeira), se está (ou estava) aberta, o tempo que permaneceu aberta e, ainda, umidade e temperatura do ar no seu interior.

Além da parte física da lixeira, o projeto contemplou o desenvolvimento de uma aplicação web na qual se mostravam informações do estado da lixeira. Essa interface foi pensada para servir a um conjunto amplo de lixeiras, e não apenas de uma, de modo a funcionar em centros de gerenciamento de lugares complexos – exatamente dentro da perspectiva do *Big Data* e da Internet das Coisas. Desse modo, exibe uma série de dados sobre volume e peso do lixo, informações sobre rotinas de coleta, estado de funcionamento e integridade dos componentes, localização das lixeiras, relatórios e análises, dentre outros detalhes e configurações. A figura 4 exibe um recorte da página inicial com uma visão geral do sistema.

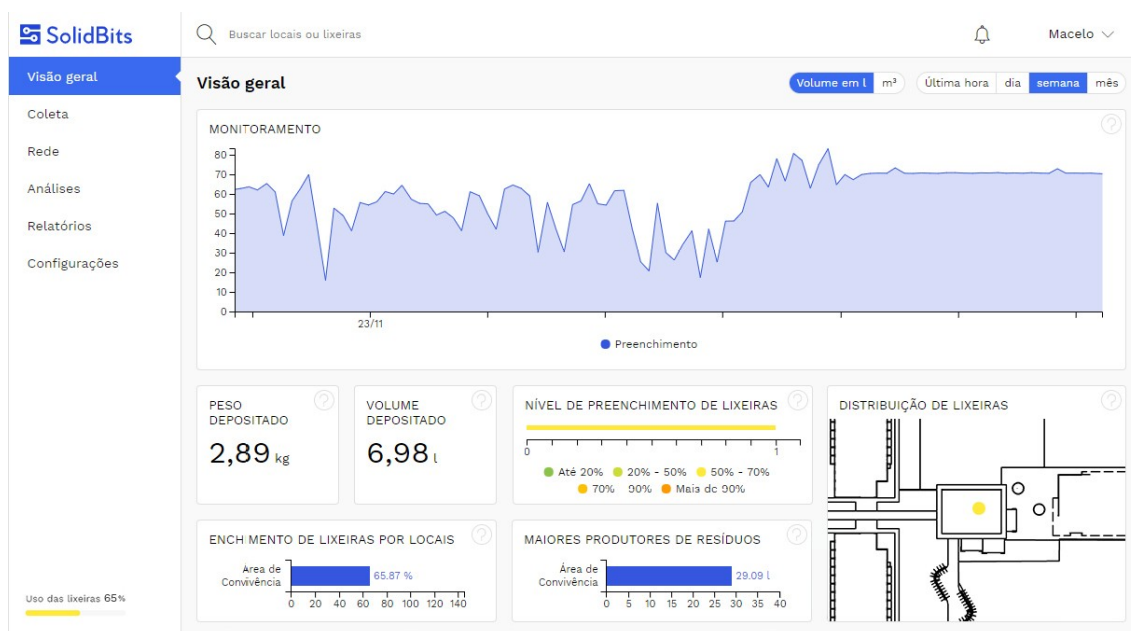


Figura 4: Página inicial do sistema administrativo baseado em web.

O projeto também contou com uma atuação de identidade visual, abrangendo estudos cromáticos e tipográficos, além de uma avaliação da Interação Humano-Computador (IHC) para as interfaces do sistema de gerenciamento. No entanto, como o foco deste artigo está situado no conjunto sociotécnico que fundamenta os paradigmas já trabalhados anteriormente, as demais partes do trabalho não serão ressaltadas aqui. Também por não estar no escopo do projeto, análises de métricas ou avaliações de interface não fizeram parte do trabalho, dando espaço para trabalhos futuros nesse sentido.

5. Resultados e discussão

O pressuposto das cidades inteligentes nos indica a troca constante de dados por objetos em rede, como pressupõe a lógica da IoT. Aliada a esse conceito, as ideias de Internet das Coisas e Computação Ubíqua ajudam a realizar o encontro de duas áreas de atuação apartadas por concepções e métodos de trabalho distintos: se antes tínhamos, de um lado, o design de produtos de origem industrial, um marco da Modernidade, e, de outro, o campo da computação majoritariamente voltado ao cálculo, um marco da Pós-Modernidade, agora, num contexto de coleta e processamento de dados digitais, urge a necessidade de aliar objetos, sensores e computadores, de modo a estabelecer uma simbiose inteligente, responsiva, contextual.

A proposta trazida aqui lida com conceitos e procedimentos básicos, sem avançar para áreas como aprendizado de máquina e visão computacional. Esse experimento já foi suficiente para termos uma boa compreensão do que significa realizar um projeto dessa natureza. Vejamos os pontos principais de resultados:

5.1. O que faz o objeto ou a cidade inteligente?

A ideia de “inteligência”, por mais criticada que possa ser, só tem utilidade se ela caminha no sentido de determinadas necessidades já percebidas numa etapa de pesquisa e avaliação dos problemas – daí a necessidade de atuação do design em projetos como este, por lhe caber a tarefa de análises sociológicas, culturais e tecnológicas, e ser uma

área mais indicada para lidar com processos de significação e boa construção de interfaces. Esse lado *smart*, igualmente, precisa ser posto em perspectiva: se observada por centros de gerenciamento ou a partir de cidadãos, a noção ganha sentidos diferentes. Abordagens inteligentes em cidade precisam levar em conta aspectos de cidadania. Como aponta Batty (2013), numa *smart city* os cidadãos também precisam ser inteligentes.

Além disso, coletar dados por si só não é sinônimo de qualquer tipo de resolução. Ocorre diante dos fenômenos de *Big Data* e IoT alguma fetichização em torno da produção de dados – e percebe-se o uso do termo “produção” em vez de coleta⁸ – como se tudo pudesse se resolver com planilhas e bancos de dados. A lixeira desenvolvida neste trabalho atende a certas lacunas informativas (no caso, especificamente aquelas percebidas junto à administração do campus) e, por isso, tem aplicabilidade imediata em cenários mais complexos que uma casa ou um escritório pequeno, por exemplo – o que nos leva à consideração, de que um objeto desse tipo alocado para soluções caseiras precisaria atender a outras demandas ou necessidades. No entanto, há distintas formas possíveis para se pensar a produção e uso de dados: se tivéssemos partido do desenvolvimento do ponto de vista dos usuários (que apenas depositam lixo), o resultado possivelmente teria sido diferente, e os dados produzidos no trajeto teriam sido bem diferentes. Tais constatações evidenciam em si a necessidade de ajuste para qualquer tipo de projeto dessa natureza, ressaltando a impossibilidade de generalização de produtos, serviços, soluções e informações em rede. A padronização tão desejada por alguns movimentos e escolas de design não tem mais aplicabilidade no momento atual, ou ao menos parece estar limitada.

Além disso, ainda que a chamemos de inteligente, a lixeira não atua sozinha na coleta ou na seleção de tipos de resíduos, mas possui recursos em potencial para indicar a necessidade de avanço na coleta do dia, se for o caso. Por exemplo, num cenário de lixeiras apropriadas para coleta seletiva, é possível que as pessoas disponham lixo orgânico num espaço destinado a recicláveis. A decomposição gera umidade e, principalmente, aumento de calor, e as duas variáveis são percebidas pelos sensores já utilizados neste trabalho. Isso nos leva à consideração de que tal “inteligência” embutida nos objetos atuais deve ser considerada por relativizações: são inteligentes por estarem sensíveis ao contexto, por tomarem decisões sozinhos ou por possibilitar a tomada de decisões mais acuradas por seres humanos? Novamente, dados *per se* não sinônimos de inteligência, tampouco suas análises parecem ser.

5.2. Novos paradigmas, novos procedimentos

A gestão da coleta de lixo, em espaços maiores e mais complexos, necessita também de outras abordagens de cálculo. Se estivéssemos falando de uma cidade ou mesmo de um bairro, o gerenciamento de equipes de limpeza precisaria ir além das capacidades humanas, uma vez que nossas limitações impedem a observação em tempo real de grandes volumes de dados. Além disso, as mudanças de padrão em cenários complexos também precisam passar por comunicação adequada, de modo que a população saiba

8 Em algumas áreas das Ciências Sociais, fala-se em “produzir” dados em vez de “coletá-los.” A razão é relativamente simples, mesmo que a contenda não seja: dados não são frutos ou pedras para serem coletados. Dito de modo mais sofisticado, dados não são noções brutas da natureza. Todo dado é resultado de uma criação metodológica circunscrita num ambiente temporal, cultural e tecnológico. Logo, é impossível que o dado seja plenamente bruto ou neutro: ele sempre será enviesado, enquadrado (tanto em sua produção quanto em sua distribuição) e utilizado segundo propósitos específicos. Sem ferramentas e processos, dados não estão *dados* a esmo: ao contrário, são invenções humanas.

exatamente o que ocorre ou o que virá ocorrer.

Novamente, a noção de inteligência das *smart cities*, aliada ao *Big Data*, só se torna possível com o uso intenso de computadores que monitorem e tomem ações (ou decisões) baseadas em regras pré-estabelecidas por políticas claras, objetivas e transparentes. Do contrário, não é impossível (e tampouco tem sido raro) que vieses ideológicos sejam alocados no código-fonte e (re)produzam preconceitos, ações discriminatórias e problemas similares.

5.3. Falhas técnicas ocorrem e precisam ser previstas

Em nosso projeto, os principais empecilhos foram a instabilidade da conexão Wi-Fi e eventuais quedas ou picos de energia elétrica, que geravam erros na calibragem dos sensores. Isso nos indica que ainda temos que alcançar melhorias na infraestrutura básica no Brasil e que, mesmo diante de uma estrutura ótima, procedimentos de suporte ou ações alternativas precisam estar contempladas nas diversas soluções de cidade inteligente. Também deparamo-nos com outros erros menores, como folgas em dobradiças, problemas de calibragem nos sensores, leituras afetadas por variações na temperatura (e, portanto, com possíveis distorções em ligas metálicas) e até disposições erradas dos sacos de lixo, ocorridas por vezes na troca ou por conta de irregularidades no formato dos resíduos depositados.

De modo geral, tais erros demonstram a imprevisibilidade com que projetos desse tipo precisam lidar. Uma vez mais, a padronização típica do design industrial da virada do século XIX para o XX parece não ter mais lugar no cenário contemporâneo. Na medida em que soluções digitais se apresentam maleáveis e adaptáveis, o inesperado do cotidiano, seja numa dimensão técnica, seja numa dimensão social, acaba sendo uma variável muito presente em projetos dessa natureza.

5.4. Novas soluções pedem mudanças culturais e aprendizado social

Tipicamente nos centros urbanos, o lixo é coletado em dias específicos da semana. A fundamentação desse tipo de planejamento é a de que não é possível realizar coletas todos os dias e que, portanto, os resíduos sólidos precisam ser acumulados – o que gera putrefação de material orgânico e, consequentemente, aumento nos riscos de insalubridade. Soluções como a apresentada neste artigo pressupõe um outro comportamento, baseado mais na análise imediata dos dados do que na predição de uma situação futura. Teoricamente, lixeiras inteligentes como esta trariam (ou necessitariam de) transformações culturais sobre os costumes e as compreensões cotidianas, impondo novos modos de pensar as relações entre sociedade e poder público. Entretanto, parecem-nos, a princípio, que projetos dessa natureza exigem mais adaptação das instituições à população do que o contrário, evidenciando a mudança da sociedade disciplinar para a sociedade de controle, como já demonstrado por Deleuze (1998).

5.5. Projetos em design digital não se resumem a interfaces para telas digitais

Longe disso, a compreensão que temos sobre interface vai no sentido dado por Bonsiepe (1997) e Flusser (2007): um elemento de mediação entre pessoas e o artefato, seus mecanismos, regras, processos e disposições, numa estruturação sógnica entre o indivíduo e aquilo que se objetiva enquanto ação. A interface gráfica usual dos anos 1990 (GUI – *Graphic User Interface*) é cada vez mais um elemento do passado, não no sentido da extinção, mas no sentido de se superar e de se ampliar. Com outras formas de interação (voz, gestos, movimentos de olhos), a interface gráfica precisa ser pensada

apenas como um suporte diante dos vários modos de mediação que os objetos do design podem estabelecer com seus usuários. A lixeira inteligente apresentada aqui, por exemplo, estabelece um ponto de contato maior na dimensão administrativa. À maneira de um cubo, a face que lida com os gestores é aquela que recebe o foco de atenção quanto aos elementos gráficos. Contudo, o usuário que apenas deposita resíduos sólidos nela não necessita nenhuma forma de controle. Para este, na verdade, a lixeira é comum e passa totalmente despercebida quanto às suas funcionalidades digitais.

6. Conclusão

A execução completa do projeto (estudo e análise do cenário, desenvolvimento e testes) nos mostrou o potencial interveniente de qualquer tipo de tecnologia, ficando evidente o quanto ela pode ser opaca, ou seja, não notada por pessoas em geral, ou carente de atenções específicas – quanto à equipe de limpeza, por exemplo, que precisou passar por uma orientação simples. De modo geral, o experimento nos indicou que, conceitualmente, a construção e a utilização de dispositivos de monitoramento ligados à internet é plausível, útil e possível, o que pode contribuir no desenvolvimento de soluções em IoT e *smart cities* num futuro breve. Também foi possível verificar que tipos de erros ocorrem (os quais foram mais estruturais do que de escrita do código-fonte) e quais os pontos de melhoria que a interface gráfica administrativa requer (embora não tenha sido foco deste artigo). Além disso, há de se ressaltar que a solução baseada em Arduino se mostrou muito boa para a realização de um protótipo, mas não necessariamente é a melhor para produções em larga escala (especialmente por conta do valor dos componentes e da placa principal).

Para trabalhos futuros, vislumbram-se:

6.1. Replicação de sistemas de várias lixeiras

Seja em ambiente similar, seja em ambientes mais complexos, o comportamento de uma série de lixeiras em rede deve ser bastante diferente de uma só em funcionamento. Aqui se trata de lidar com a complexidade de informações coletadas a todo instante. É presumível, pois, que da parte de gestores, outras avaliações de interface e funcionalidade sejam necessárias. O funcionamento aqui apresentado é fruto de uma lacuna específica e lida com um dimensionamento próprio, vale ressaltar.

6.2. Aperfeiçoamento do aspecto físico da lixeira e da interface de gerenciamento em plataforma web

Nesse projeto, utilizamos uma lixeira encontrada em lojas e supermercados em geral. Um projeto de design para lixeira inteligente pressupõe um desenho específico não apenas para os componentes eletrônicos mas, especialmente, para a significação do produto junto a seu público-alvo. Seja para passar despercebida (como foi o caso), seja para ser usada como objeto decorativo (em residências, hotéis, restaurantes etc.), o desenho industrial de um produto desse tipo precisa estar alinhado àquilo que se intenciona junto ao usuário. Como protótipo, essa dimensão não foi perseguida por ora.

Além disso, em termos de gerenciamento, a interface como a que desenvolvemos nesse projeto precisa estar adequada espacialmente aos cenários de uso. Metáforas diversas podem e devem ser utilizadas, como mapas, plantas baixas, organograma etc., levando-nos além de listas ou elementos textuais. Novamente, o projeto de design, assim, se estabelece como um mediador entre esquemas epistemológicos e abordagens funcionais, criando relações entre camadas de informação, objetos e espacialidade.

6.3. Desenvolvimento de outros produtos de monitoramento similares

Potencialmente, qualquer outro cenário é passível de monitoramento e controle, tais como o trânsito de veículos ou pessoas, fluxos de água ou eletricidade e sistemas de transporte. Embutir sensores, microcontroladores e microprocessadores em coisas banais nos mostra como o cotidiano pode ser observado e compreendido, muito além de ser administrado. O lixo é um indicativo de nossa vida rotineira, e pode não apenas ser observado da perspectiva de gerência mas também como indicativos de relações, produções e atividades cotidianas.

7. Considerações finais

Ao elaborarmos um projeto de lixeira inteligente, buscamos descobrir como poderíamos produzir dados sobre lixo em tempo real e de modo gerencial, alocando tal experimento dentro das perspectivas das *smart cities* e lidando com suas principais bases conceituais e tecnológicas – *Big Data*, Computação Ubíqua e Internet das Coisas. Nossa intenção, assim, foi a de criar e testar um protótipo funcional, validando seu modo de funcionamento. Conforme indicado, o propósito principal deste artigo foi apresentar o desenvolvimento desse protótipo, sem necessariamente entrar em especificidades quanto a suas funções, seus componentes eletrônicos ou ainda à interface de gerenciamento web que também produzimos. Cada parte deste projeto merece detalhamentos, mas cada descrição cuidadosa careceria de espaços temáticos adequados para tanto – mas, conforme já indicado, é possível acessar o TCC do qual se origina este artigo e verificar os pormenores do projeto.

Nossa perspectiva, findo o trabalho, indica que o pensamento para o design na atualidade não pode estar pautada nem no projeto de produtos meramente físicos tampouco apenas no desenvolvimento de interfaces gráficas. Os objetos da humanidade são sígnicos, simbólicos, funcionais, comunicacionais (o que rende uma discussão ontológica sobre por que falamos de Internet das *Coisas*, não dos *Objetos*; essa, contudo, fica sendo uma questão para outro momento), e cada vez mais precisam ser pensados ao nível de seres atuantes, “vivos”, produtores e mediadores de ações. A lixeira por ora apresentada ainda é passiva, claro, mas em muitas medidas já atua como uma entidade que promove visualizações de estados gerais de um ambiente. O propósito para o campo de design de produtos digitais, desse modo, é que possamos pensar em objetos (ou coisas) que façam entrar em confluência os sentidos simbólico, funcional e comunicacional de suas operações.

O experimento também nos faz perceber como a origem da produção dos dados e suas consequentes formas de uso criam sentidos e modos de percepção dos ambientes, dos problemas e das circunstâncias – o que nos leva a ressaltar, uma vez mais, a impossibilidade de dados serem neutros. Ao produzirmos uma lixeira que alimentou uma central de gerenciamento, ignoramos outros dados e usos que poderiam ser úteis às demais pessoas ou que refletissem seus modos de atuação. Por exemplo, o que o lixo de um campus universitário pode dizer sobre os comportamentos alimentares de sua comunidade? Ou ainda o que a produção de resíduos sólidos nos fala sobre horários de aulas e outras atividades? Quaisquer perguntas nesse sentido ajudam a compreender a sociedade por outras vias distintas dos métodos tradicionais das ciências sociais. No mesmo sentido, resta-nos a questionar o lado “inteligente” das coisas e das cidades, especificamente se não pudermos fazer das pessoas mais inteligentes diante daquilo que elas realizam e produzem – seja conhecimento, seja informação, seja lixo.

Referências

- Andrade, L. (2012). Jogos de Realidade Alternativa: Cibercultura, Espaço e (Trans)Mídia. Tese de doutorado, Universidade Federal da Bahia.
- Baby, C., Singh, H., Srivastava, A., Dhawan, R., Mahalakshmi, P. (2017). “An intelligent waste alert and prediction system using machine learning approach”. In: Wireless Communications, Signal Processing and Networking (WiSPNET), 2017 International Conference on. IEEE, pages 771-774.
- Batty, M. (2013). “Big Data, Smart Cities and City Planning”, In: *Dialogues in Human Geography*, v. 3(3), pages 274–79. Sage Press.
- Brasil. (2010). Lei 12.305 de 02 de agosto de 2010. Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos; altera a Lei n. 9.605, de 12 de fevereiro de 1998; e dá outras providências. Diário Oficial da União, Brasília, DF, 3 ago.
- Bonsiepe, G. (1997). Do material ao digital. Florianópolis: FIEL/IEL.
- Cavalcante, M. (2018). Solidbits: Design de sistema para monitoramento da produção e gestão da coleta de resíduos sólidos. Monografia (graduação), Universidade Federal do Ceará.
- CERP-IoT. (2009). Internet of Things Strategic Research Roadmap.
- Deleuze, G. (1998). Conversações. São Paulo: Editora 34.
- Flusser, V. (2007). O mundo codificado: por uma filosofia do design e da comunicação. São Paulo: Cosac Naify.
- Greenfield, A. (2013). Against the Smart City. Do Project. New York.
- IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. (2010). Pesquisa Nacional de Saneamento Básico 2008. IBGE: Rio de Janeiro.
- Karadimas, D., Papalambrou, A., Gialelis, J., Koubias, S. (2016). “An integrated node for Smart-City applications based on active RFID tags; Use case on waste-bins”. In: Emerging Technologies and Factory Automation (ETFA), 2016 IEEE 21st International Conference on. IEEE, pages 1-7.
- Kitchin, R. (2014a). The Data Revolution: Big Data, Open Data, Data Infrastructures and Their Consequences. Cambridge: SAGE.
- Kitchin, R. (2014b). “The Real-Time City? Big Data and Smart Urbanism”, In: *GeoJournal*, v. 79(1), pages 1–14. Springer.
- Kitchin, R., Lauriault, Tracey P., and McAardle, Gavin (2015). Data and the City. Routledge.
- Lemos, A., and Mont’Alverne, A. (2015). “Cidades Inteligentes No Brasil: As

- Experiências Em Curso de Búzios, Porto Alegre e Rio de Janeiro”, In: *Comunicação Midiática*, v. 10(3), pages 21–39.
- Lévy, P. (1996). *O que é virtual*. São Paulo: Editora 34.
- Monteiro, J., Figueiredo, C., Magalhães, A., Melo, M., Brito, J., Almeida, T., Mansur, G. (2001). *Manual de Gerenciamento Integrado de Resíduos Sólidos*. Rio de Janeiro: IBAM.
- Mware, E. (2017). *A Smart-bin prototype for in-house waste management*. Tese (doutorado) – Faculty of Information Technology, Strathmore University, Nairobi.
- Sousa, P. (2016). “A Localização Em Rede: Integração, Usos e Apropriações de Recursos Georreferenciais em Redes Sociais Digitais”, Tese de Doutorado, Universidade Federal da Bahia.
- Turkle, S. (2008). “Always-On/Always-on-You: The Tethered Self”, In: KATZ, E (ed.). *Handbook of Mobile Communication Studies*, pages 121-138, Cambridge: MIT Press.
- Turkle, S. (2011). *Alone Together: Why We Expect More from Technology and Less from Each Other*. New York: Basic Books.
- Uckelmann, D., Harrison, M., and Michahelles, F. (2011). *Architecting the Internet of Things*. Springer.
- Weiser, M. (1991). “The Computer for the 21st Century”, In: *Scientific American*, v. 265(3), pages 66–75.