

## IX-033 - TECNOLOGIA PARA MINIMIZAÇÃO DE ALAGAMENTOS EM ÁREAS URBANAS

**Alacid Rodrigues de Vilhena<sup>(1)</sup>**

Engenheiro Sanitarista pela Universidade Federal do Pará (UFPA). Especialista em Educação do Campo pelo Instituto Federal do Pará (IFPA). Professor do Ensino Básico, Técnico e Tecnológico do IFPA Campus Belém/PA.

**Vanessa Souza Álvares de Mello<sup>(2)</sup>**

Engenheira Sanitarista pela Universidade Federal do Pará (UFPA). Especialista em Gestão de Sistemas de Saneamento em Áreas Urbanas pelo NUMA/UFPA. Mestre em Saneamento Ambiental e Infraestrutura Urbana pelo PPGE/UFPA. Professora efetiva do IFPA Campus Belém/PA. Pesquisadora do Núcleo de Pesquisa em Saneamento Ambiental do IFPA.

**Flávia Augusta Miranda Lisboa<sup>(3)</sup>**

Engenheira Sanitarista pela Universidade Federal do Pará (UFPA). Especialista em Gestão Ambiental pela (UFPA). Professora efetiva do IFPA Campus Abaetetuba/PA. Pesquisadora do Núcleo de Pesquisa em Saneamento Ambiental do IFPA.

**Moisés Naison Rodrigues de Oliveira<sup>(4)</sup>**

Discente do Curso Engenharia Controle e Automação do Instituto Federal do Pará (IFPA). Campus Belém/PA.

**Luiz Rodrigues Teixeira Júnior<sup>(5)</sup>**

Discente do Curso Engenharia Controle e Automação do Instituto Federal do Pará (IFPA). Campus Belém/PA.

**Endereço<sup>(1)</sup>:** Tv Humaitá, 1866 - Marco - Belém - PA - CEP: 66093-046 - Brasil - Tel: (91) 98846 2524 - e-mail: alacid.vilhena@ifpa.edu.br

### RESUMO

A obstrução de bueiros por resíduos sólidos é um dos agravantes de alagamentos urbanos que castigam, não somente a região metropolitana de Belém, mas a grande maioria das cidades brasileiras. No caso da capital paraense, são fatores que contribuem para o acúmulo de resíduos nas vias públicas e a consequente obstrução do sistema de escoamento de água pluvial: o aumento do descarte inadequado de resíduos sólidos por parte da população, o elevado índice pluviométrico observado na região, juntamente com as insuficientes políticas governamentais que visem à eficiente coleta de resíduos sólidos. Nesse sentido este trabalho tem como objetivo a minimização do problema de obstruções em sistemas de microdrenagem causados por resíduos sólidos descartados inadequadamente nas cidades, por meio do desenvolvimento de um sistema capaz de proporcionar a melhoria do monitoramento das obstruções, ao mesmo tempo em que realiza a filtração desses materiais e a limpeza destes sistemas de forma inteligente, contribuindo com a diminuição de alagamentos em áreas urbanas. O projeto é composto por uma plataforma que fará a aquisição de dados de um determinado sistema de retenção de sólidos para bueiros em tempo real, denominado por vez de “Microdrenagem Inteligente”, visando o monitoramento da capacidade de armazenamento das caixas de retenção. O sistema é formado por dois subsistemas, o físico, que é composto por um filtro e um microcontrolador embarcado (Arduino) que tem a função de monitorar o volume ocupado por resíduos sólidos no filtro e informar, através de um chip GSM, o segundo subsistema que é denominado Supervisório. A interface gráfica é instalada em um dispositivo móvel com sistema operacional Android para monitorar a plataforma de retenção. A implantação desse sistema trará inúmeros benefícios a população, evitando alagamentos nas vias públicas, proporcionando a diminuição da incidência de doenças relacionadas aos alagamentos e atuando como ferramenta de monitoramento do sistema de drenagem pluvial.

**PALAVRAS-CHAVE:** Microdrenagem Inteligente, Desobstrução de Bueiros, Automação, Resíduos sólidos.

## INTRODUÇÃO

O Saneamento ambiental consiste em um conjunto de medidas visando à saúde das comunidades. Neste contexto, a inserção do Saneamento tornou-se necessário no espaço urbano e rural, como um dos principais instrumentos de melhoria da qualidade de vida do ser humano, nos aspectos estéticos e de mobilidade onde ele vive. Dentre as áreas do saneamento, têm-se : a drenagem urbana que se divide em dois outros sistemas o de microdrenagem e o de macrodrenagem.

Devido muitas regiões do Brasil sofrer constantemente com a ação de fortes chuvas, nasce à necessidade de se instalar sistemas de microdrenagem que possam proporcionar um correto escoamento de água. No entanto, com o descarte inadequado de resíduos sólidos em vias públicas, estes sistemas acabam muitas vezes sendo obstruídos. Os resíduos são carregados para o interior das “bocas de lobo”, assim como para o redes coletoras, e dessa forma o potencial de escoamento de água é reduzido contribuindo para a ocorrência de alagamentos. Na Figura 1, é apresentado um exemplo de obstrução de um bueiro.



**Figura 1 – Bueiros ocupados por resíduos urbanos.**  
**Fonte: Pesquisa Direta, 2015**

Com o intuito de prevenir, e consequentemente, reduzir os impactos causados pela obstrução dos sistemas de drenagem, a aplicação de sistemas de microdrenagem inteligente é uma alternativa interessante, visto que além de reter os materiais passíveis de causar obstrução, ainda informa quando é necessário efetuar a manutenção em um sistema lotado.

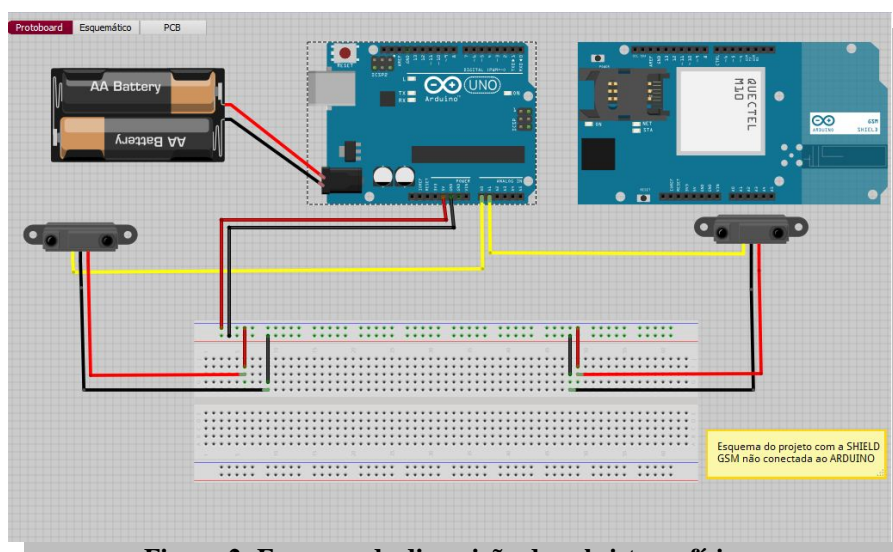
## MATERIAIS E MÉTODOS

Para o desenvolvimento do projeto foi estabelecido que este fosse dividido em dois subsistemas, o primeiro consistindo na plataforma física do sistema que possui um sistema embarcado (que é composto por um microcontrolador Arduino com o chip Atmega328, dois sensores infravermelho de curto alcance e um módulo GSM, a *Shield* GSM/GPRS SIM900.), a qual teria como objetivo o monitoramento do estado do filtro. O segundo subsistema aborda a modelagem do software de administração do sistema, que seria responsável por receber notificações da plataforma física e assim informar ao gerente do sistema a respeito da situação do filtro afim de que a limpeza do mesmo seja realizada.

Os sensores são os responsáveis por identificar os a lotação do volume na caixa de retenção de resíduos. Em outras palavras, os sensores são as peças básicas para o monitoramento do filtro. Eles possuem uma saída

analógica que varia a tensão de 3.1V (caso o objeto esteja a 3 cm de distância do terminal) até 0.3V (se a distância for de 30 cm). A alimentação pode variar entre 4.5V a 5.5V. Possuem um conector do tipo (JST) para que possa ser feita a conexão com o circuito.

Na plataforma física utilizou-se o microcontrolador Atmega328, que foi programado em uma vertente da linguagem C. Esse hardware é o principal ponto do trabalho, pois tem como característica: interpretar o sinal captado pelos sensores e tomar decisões a partir da informação recebida; fazer os cálculos de permanência das obstruções dentro do filtro; e despachar informação ao módulo GSM para que o administrador do sistema receba a mensagem de lotação do filtro. Na Figura 2 é ilustrado o plano simplificado de montagem da parte física do sistema.



**Figura 2: Esquema de disposição do subsistema físico.**

**Fonte: Pesquisa Direta, 2014**

Já no que diz respeito ao código de programação que será compilado no Arduino, este tem sido desenvolvido da seguinte forma: assim que o sensor detectar a lotação do filtro, este enviará ao Arduino uma informação que será armazenada pelo programa em forma de variável do tipo inteiro (int), logo, esta variável será identificada dentro da função loop (a função que proporciona as principais características do programa) e será escrita no SMS pelo método "sms.print(txtMsg);", após isso haverá a identificação do número do aparelho destinatário da mensagem pelo método "sms.beginSMS(remoteNumber)" e, terminando esse processo, o envio da mensagem pelos métodos " sms.endSMS();" e "readSerial". Terminado este ciclo, temos o recebimento da mensagem no dispositivo móvel, que por fim será compreendida na linguagem JAVA. Dessa forma, a interface do Android poderá exibir as informações necessárias para que o Administrador do sistema tome as devidas providências para que ocorra a desobstrução do filtro e este retorne para sua função primária no sistema.

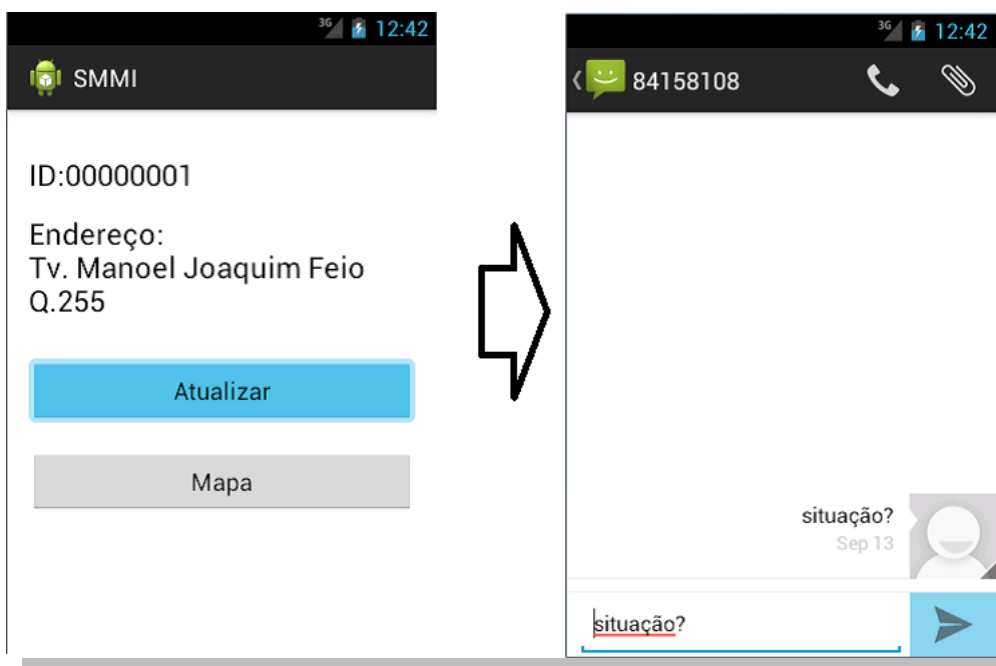
Para se utilizar dos recursos que o módulo dispõe, foi necessário aprender a utilizar os comandos AT que são linhas de códigos com solicitações de serviços aceitos nesse tipo de dispositivo. É muito importante frisar que a Shield GSM é um meio pelo qual o microcontrolador realiza os processos de envio de mensagem, em outras palavras, o módulo sozinho não tem condições de fazer o envio de SMS sem que exista algo que possa lhe conceder instruções.

Na segunda parte do sistema, a versão da aplicação de monitoramento foi desenvolvida para funcionar de forma prática. A mesma conta com três operações básicas: Envio e recebimento de mensagens de texto e o recurso de mapa da aplicação Android. No processo de envio e recebimento de SMS o código está funcionando de acordo com o planejado. Devido à escolha em utilizar o recurso nativo de SMS da plataforma Android o aplicativo de monitoramento está mais rápido e prático, devido ao fato da maioria das pessoas já conhecerem a aplicação nativa de envio de SMS, além do fato de que de certa forma com a utilização da aplicação nativa o histórico de mensagens acaba sendo informado. Deve-se ressaltar que a mensagem de texto

e o número para o qual a mensagem será enviada são predefinidos no código fonte da aplicação de forma a se obter uma maior segurança e precisão no processo de envio da mensagem.

Para o desenvolvimento da interface de monitoramento vários modelos foram cogitados e estudados e o perfil inicial foi o mais intuitivo possível (Figura 3) e o mesmo trabalhava com os seguintes elementos básicos: Opção de comunicação com o sistema físico para solicitação de estado, tratamento da mensagem recebida número de identificação e endereço do subsistema atuador. Em relação à operação do aplicativo inicial ele era constituído basicamente pela função de receber e tratar a mensagem de texto receptada do sistema físico e enviar uma mensagem para que o sistema físico informe a situação de lotação em tempo real.

Em relação ao recebimento de SMS quando tal fato ocorrer o aplicativo será automaticamente maximizado na tela do dispositivo móvel, de forma que o operador poderá visualizar o aplicativo e uma mensagem informando que o sistema físico já alcançou o volume crítico de lotação. Em relação ao recurso de mapas, com a adição do mesmo o operador, caso necessário, poderá se situar e planejar rotas para chegar no sistema físico e realizar as devidas manutenções, em relação as manipulações que poderão ser executadas no mapa, elas serão acrescentadas no decorrer do último trimestre do projeto, de forma que o operador tenha uma máxima praticidade.



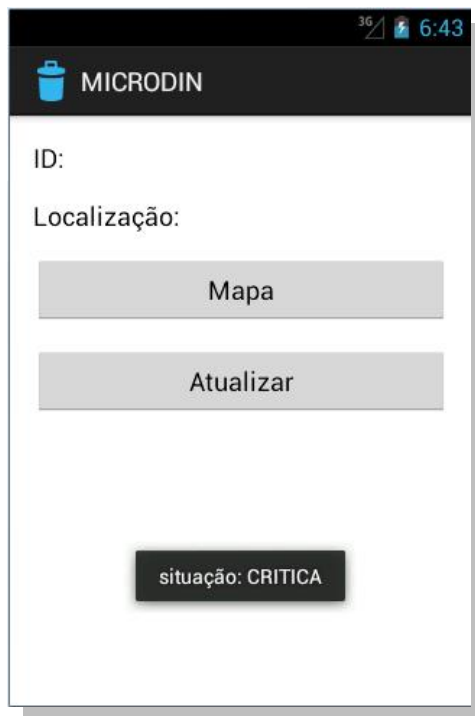
**Figura 3 – Projeto piloto da interface gráfica.**  
Fonte: Pesquisa Direta, 2014

## RESULTADOS

Nos testes executados, verificou-se o desempenho do protótipo e de cada um de seus componentes individualmente para que fossem analisados os erros cometidos com possíveis falhas, tanto no que diz respeito ao software, quanto ao hardware. O sistema executou as tarefas designadas dentro das perspectivas esperadas, atendendo aos objetivos propostos.

No aplicativo de monitoramento, todos os processos simulados no computador também foram realizados pelo aparelho celular. O direcionamento para o aplicativo de envio de mensagens de texto está sendo executado normalmente ao clicar no botão atualizar, porém para se enviar a mensagem de texto é necessário que o usuário possua rede e possa enviar mensagens de texto. O processamento de mensagens de texto também ocorreu como esperado, O conteúdo é informado na forma de uma caixa de texto do tipo Toast quando a

mensagem é recebida, como na Figura 4, porém como no caso de envio é necessário que o aparelho celular possua rede GSM.



**Figura 4 - Imagem do aplicativo no momento em que recebe uma mensagem informando o estado do sistema físico.**

**Fonte: Pesquisa Direta, 2014**

O uso de mapa está sendo realizado e é feito após o operador clicar no botão mapa, e o recurso da adição de marcadores de localização é possível quando o operador clica em qualquer local do mapa após o mesmo ter sido aberto, como ilustra a Figura 4. Entretanto há alguns fatores limitantes na utilização deste instrumento, entre eles o acesso à internet, pois é por meio dela que os dados poderão ser baixados do servidor *Google Maps*, após esse processo não será necessário mais o uso constante de internet.

Os sensores foram posicionados na parte superior do filtro em dois lados distintos da caixa, tendo um ângulo de 180 graus entre eles. Ambos foram programados para reagir a qualquer resíduo que estivesse com a distância mínima de 10 cm dentro do seu campo de enquadramento (luz Infravermelha). A partir disso, o microcontrolador fazia o monitoramento da distância em que o resíduo ficava dos sensores, e por consequência do limite estabelecido para o “Estado Zero”, além disso, fazia também o acompanhamento do tempo em que o resíduo se encontrava no estado de “Zona Limite”.

Foi proposto que, caso o resíduo permanecesse por mais de 30 minutos (o Arduino interpreta isto como 1.800.000 milissegundos) dentro da “Zona Limite”, a função de envio de mensagem seria chamada para que o administrador fosse notificado. É muito importante frisar que cada sensor trabalhava de forma independente, ou seja, se caso um lado da caixa ficasse lotado, um dos sensores notaria de imediato, mesmo que o outro lado do filtro não estivesse cheio, assim as chances do “Estado Zero” ocorrer seriam menores. E foi o que ocorreu. Em alguns testes o material que adentrava a caixa ficava escalonado em um dos lados deixando um dos sensores em estado de alerta.

Na Shield GSM apenas um erro foi detectado. O não recebimento das mensagens por parte do administrador em alguns testes, fato este que se deve aos serviços prestados pelas companhias de telefonia móvel, já que quando se trocavam o chip do socket do módulo GSM, o fato não se repetia.



Em aspectos ambientais muitas vantagens foram observadas, a primeira foi a retenção de boa parte dos resíduos sólidos no sistema, o que possibilita que esses materiais não cheguem aos córregos além de proporcionar o estudo dos índices galvanométricos da região onde se localiza o bueiro. Assim a solução proposta permitirá a identificação das áreas prioritárias para que sejam realizadas intervenções em educação ambiental e sanitária por parte do poder público, visando a sensibilização da população a cerca dos impactos ambientais, sociais e econômicos dos resíduos sólidos destinados em locais inadequados.

Em aspectos de manutenção do sistema de microdrenagem a vantagem está no monitoramento que poderá ser realizado em tempo real, outras vantagens também foram observadas como: a redução do tempo de manutenção e no seu custo já que o processo atual de limpeza exige o uso de equipamentos de sucção dos resíduos que muitas vezes são danificados nesse processo e em geral estes equipamentos possuem custo significativo tanto na compra quanto na terceirização.

## CONCLUSÕES

Apesar dos problemas encontrados no desenvolvimento deste projeto, os objetivos foram alcançados. Por meio de todos os testes realizados foi possível avaliar o desempenho do protótipo como satisfatório para as funcionalidades propostas, como a retenção dos resíduos por parte do filtro, da análise da situação da caixa feita pelos sensores e a execução do envio de mensagem de texto por meio da Shield GSM feita pelo Arduino.

No sistema operacional Android a programação é muito semelhante à linguagem JAVA já que muitos aplicativos desse sistema são programados em uma mistura da linguagem de programação JAVA com a XML. Com isso como no JAVA só basta criar um aplicativo que ele poderá ser utilizado em mais de um sistema operacional. Em relação aos aspectos básicos da programação para Android, os aplicativos podem ser feitos através de ferramentas que possuem os componentes que podem ser utilizados, onde só será necessário fazer a ligação entre os mesmos.

A execução de testes do sistema ocorreu de forma segregada. Um dos alunos bolsistas reside em Barcarena, um município próximo a Belém, e isso possibilitou uma grande quantidade de testes à distância, o que por vez, provou o quanto o sistema independe da distância entre “campo” e supervisor. O sistema físico ficou instalado em Belém, já o administrador, em Barcarena e foi possível o envio de mensagens de texto entre os componentes do sistema de forma eficaz e praticamente instantânea. Enquanto os testes eram executados, os bolsistas mantinham contatos constantes por telefonia celular e internet para ter conhecimento do momento de lotação do filtro, do envio da mensagem de lotação, do recebimento da mensagem pelo administrador, do envio de mensagens de atualização do estado do sistema por parte do administrador, do reenvio de resposta de estado do sistema (lotado ou não) pelo próprio sistema físico e do recebimento da resposta requerida pelo administrador.

Por se tratar de um projeto piloto este sistema de microdrenagem inteligente possui uma interface gráfica compatível somente a um sistema físico, porém o objetivo é transformar este projeto de iniciação científica em um projeto de extensão para ser aplicado nos principais locais do município de Barcarena e realizar com a comunidade beneficiada ações de educação ambiental e sanitária. Durante a aplicação em larga escala modificações estão previstas na estrutura eletrônica do projeto de forma a reduzir custos sem alterar a eficiência do sistema. O aplicativo de monitoramento, para aplicação em larga escala, também sofrerá mudanças para que a mesmo comporte o recebimento de situação de vários sistemas físicos e identifique de qual sistema a mensagem está vindo, além de melhorias no recurso de mapa de forma que o próprio aplicativo possa indicar rotas para que o usuário chegue ao sistema de volume crítico.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. ALBERT EIJE, Cláudio de Barros; KOJIO, Miguel. Curso Java stater. Disponível em: [www.t2ti.com](http://www.t2ti.com). Acesso em: 10 abr 2013.
2. AZEVEDO NETTO, et al. Manual de Hidráulica. Editora Blucher. São Paulo, 2001.



3. BANZI, Massimo. Primeiros passos com Arduino São Paulo: Novatec, 2011. Disponível em: <http://www.arduino.cc>. Acesso em 03 abr 2013.
4. BEPPU, Mathyan Motta; DA FONSECA, Érika Guimarães Pereira. Apostila Arduino. Rio de Janeiro: UFF, 2010.
5. BOYLESTAD, Robert L. Introdução à análise de circuitos. LTD. 10 ed. 2004.
6. COSTA, Ricardo Lopes. Curso de JAVA 7. Universidade XTI. Disponível em: <http://www.youtube.com/playlist?list=PLA03DEA5320ECBF85>. Acesso em: 10 abr 2013.
7. MCROBERTS, Michael. Arduino básico. São Paulo: Novatec, 2011.
8. PERBONI, Marcos. Utilizando recursos nativos de SMS em aplicações android. Disponível em: <http://marcosvperboni.wordpress.com/2013/02/15/utilizando-recursosnativos-de-sms-emaplicacoes-android/>. Acesso em: 17 abr 2013.
9. RIOS, Jorge L. Paes. Controle de Enchentes: metodologia de Projeto. Congresso Interamericano de AIDIS. Panamá, 1982.