

I-196 - AUTOMATIZAÇÃO COMO ALTERNATIVA DE MELHORIA DA OPERACIONALIZAÇÃO DOS SISTEMAS DE CAPTAÇÃO DE ÁGUA DE CHUVA

Vanessa Souza Álvares de Mello⁽¹⁾

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 Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Pará (IFPA) Campus Belém/PA. Pesquisadora do Núcleo de Pesquisa em Saneamento Ambiental do IFPA.

Flávia Augusta Miranda Lisboa⁽²⁾

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.

Alacid Rodrigues de Vilhena⁽³⁾

Engenheiro Sanitarista pela Universidade Federal do Pará (UFPA). Especialista em Educação do Campo pelo Instituto Federal do Pará (IFPA). Mestre em Tecnologia Ambiental pela UNAERP/Ribeirão Preto. Professor efetivo do IFPA Campus Belém/PA. Pesquisador do Núcleo de Pesquisa em Saneamento Ambiental do IFPA.

Moisés Naison Rodrigues de Oliveira⁽⁴⁾

Discente do Curso Engenharia Controle e Automação do IFPA Campus Belém/PA.

Alberto Solary da Silva⁽⁵⁾

Discente do Curso Engenharia Controle e Automação do IFPA Campus Belém/PA.

Endereço⁽¹⁾: Tv Humaitá, 1975, Conj. Dom Fernando, casa 56 - Marco - Belém - PA - CEP: 66093-080 - Brasil
- Tel: (91) 99999-9992 - e-mail: vanessa.mello@ifpa.edu.br

RESUMO

O crescente aumento na procura por soluções de engenharia que minimizem o desperdício de água é um motivador para que projetos de reuso possam ser desenvolvidos e implementados em um contexto urbano. Sendo assim, o presente trabalho objetivou apresentar um estudo realizado com a auxílio de softwares de simulação para projetar um sistema de reaproveitamento de água de chuva em um ambiente urbano utilizando tecnologias de automação, bem como técnicas de controle para que se possa realizar o controle do abastecimento de água de uma residência de forma automática e com pouca necessidade de manutenção e intervenção humana, além de proporcionar maior economia de água e menores perdas por desperdício. Inicialmente foi realizado um levantamento bibliográfico para a fundamentação teórica, e visitas técnicas à Estação de Tratamento de Água (ETA) da Companhia de Saneamento do Pará (COSANPA), a fim de conhecer técnicas de automação utilizadas em ETA's. Paralelamente foram desenvolvidas pesquisas acerca de linguagens de programação para o Arduino e a linguagem LADDER e Diagrama de Blocos Funcionais (FDB) para o Controlador Lógico Programável (CLP) para que ocorresse a seleção do controlador, por fim foi dado início a capacitação para o desenvolvimento dos firmwares do microcontrolador e sua interface gráfica e posterior desenvolvimento do software supervisor do sistema de reaproveitamento de água da chuva. Dentre os programas de simulação pesquisados, conclui-se que o PROTEUS foi o software mais viável para ser utilizado nas aplicações e todas as simulações foram concluídas com sucesso, o algoritmo funcionou perfeitamente para automatização do sistema de reaproveitamento de água de chuva proposto.

PALAVRAS-CHAVE: Reuso de Água, Água de Chuva, Automação em Reaproveitamento, Software para Reaproveitamento, Controle de Supervisor.

INTRODUÇÃO

Nos últimos anos tem se observado no planeta uma crise relacionada a disponibilidade e a qualidade da água potável. Em se tratando de Brasil a distribuição é desigual nas regiões brasileiras, ao contrário da Amazônia, que possui uma reserva de água em abundância, o Nordeste vem sofrendo com a escassez. Por outro lado, a região sudeste, em especial a cidade de São Paulo vem sofrendo com a poluição dos rios que impossibilitam o seu tratamento para consumo humano.

Neste contexto, pode-se considerar muitas razões que culminam na escassez de água, como por exemplo: o incremento do consumo habitacional e industrial; a ampliação da área urbanizada e a pressão sobre os mananciais pela diversificação de seus usos (ROCHA; PEREIRA, 2010).

Por vez, o consumidor também exerce importante papel nesse contexto. Em curto prazo o caminho mais eficaz para se economizar água é o uso racional deste recurso. Se não houvesse tanto desperdício de água, não seria necessário aumentar a utilização dos recursos de forma exponencial. Não se pode afirmar que a responsabilidade é exclusiva dos que utilizam o serviço, mas é verdade que uma parcela desta responsabilidade está em volta daqueles que não se valem da água de forma sustentável e consciente (QUINTAS, 2004).

Diante do exposto, é necessário buscar formas de economizar a água potável e evitar sua escassez. O reuso de águas pluviais destaca-se como uma ferramenta viável para o uso racional em atividades residenciais e em edificações de consumo não potável. Além da reutilização da água da chuva ser viável economicamente, implica na redução de escoamento superficial, diminuindo problemas como alagamentos e enchentes e também diminui a dependência de fontes de água potável superficiais.

As demais atividades de consumo não potável como: lavagens de carro, lavagens de área de serviço, lavagem de roupa, descargas de banheiro, rega de jardim, etc, geralmente consomem uma quantidade significativa de água potável. Tal consumo poderia ser substituído pela água de chuva reaproveitada, consequentemente, o desperdício de água potável reduziria.

MATERIAIS E MÉTODOS

Para que o trabalho pudesse ser realizado uma extensa pesquisa a respeito das linguagens de programação que utilizadas nos microcontroladores este conhecimento era necessário para a realização dos testes de entrada e saída nos mesmos. Com isto, foram estudadas a linguagem C de programação para o Arduino e a linguagem Ladder e Diagrama de Blocos Funcionais (FDB) para o Controlador Lógico Programável (CLP).

Foram realizadas visitas na Estação de Tratamento de Água do Bolonha na COSANPA, com o objetivo de conhecer exemplos de técnicas de Automação no Tratamento de Água, e a instrumentação utilizada, como exemplo: chave bóia; válvulas digitais; sensores de nível; CLP's e outros. Ademais, também tomou-se conhecimento de técnicas de automação de partida direta de motores; circuito de proteção para motores; comunicação dos CLP's com o sistema supervisório; assim como a lógica de programação dos CLP's na linguagem em FDB.

Foi realizada a especificação e métodos de dimensionamento dos materiais que foram utilizados na estrutura física do projeto, como: calhas, grades removedoras de detritos, reservatórios, condutores verticais e horizontais, entre outros. Foram especificados os produtos químicos que serão utilizados para o tratamento da água, e desinfecção do sistema, assim como os períodos de sua manutenção.

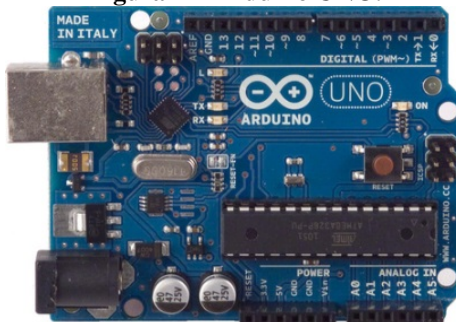
Após o desenvolvimento de firmwares para o controlador foi dado início a capacitação necessária para o desenvolvimento do software supervisório do sistema de reaproveitamento de água da chuva, umas das atividades previstas para essa etapa foi a escolha da plataforma para a construção do supervisório.

O desenho do sistema automatizado de reaproveitamento de água de chuva está dividido em quatro partes principais: (1) sistema digital de controle; (2) sistema físico de captação, armazenamento e distribuição d'água; (3) bombas e seus circuitos elétricos; (4) supervisório e sua comunicação. Os componentes principais para a captação de água de chuva são os seguintes: área de captação, calhas e condutores, "By Pass" (dispositivo de descarte da primeira chuva), grades removedoras de materiais grosseiros, peneiras removedoras de materiais em suspensão, reservatório, extravasor, controlador, supervisório e conjunto motor-bomba.

Os sensores de níveis monitoram juntamente com o supervisório os níveis dos reservatórios. As bombas são responsáveis por encher de maneira automática os reservatórios, de forma que sua partida é controlada pelos sensores de níveis atuando como contatos das bombas. Os níveis dos reservatórios são monitorados por meio de LED's colocados próximos aos reservatórios ou por meio do supervisório.

Testes de entrada e saída foram realizados no controlador. As experiências realizadas nos testes foram as seguintes: “Blinking LED” e “Multiple LED’s”, as quais foram retiradas da revista guia “Arduino Experimenter’s Guide” – (ARDX). Utilizou-se o microcontrolador ARDUINO UNO (Figura 1), uma placa PROTOBOARD, alguns LED’s e outros componentes para fazer as experiências. O CLP não foi utilizado devido a automação proposta no projeto não possuir uma característica de aplicação tão robusta. Como resultado dos testes e pesquisas sobre os microcontroladores foi escolhido o ARDUINO para ser o microcontrolador do projeto, por causa de suas vantagens no custo benefício, além do mais, a parte de Hardware atende as expectativas e objetivos do projeto.

Figura 1 – Arduino UNO.



Fonte: Embarcados..., 2017.

Para o controle de fluxo dos condutores no sistema de reaproveitamento de água da chuva foram utilizadas válvulas solenoides. A válvula é apresentada na Figura 2.

Figura 2 - Válvula solenoide.



Fonte: Válvulas..., 2017.

Para o controle e monitoramento dos níveis dos reservatórios através do supervisor, primeiramente foram escolhidos sensores ultrassônicos, porém, ao decorrer do projeto foi observada uma viabilidade maior na utilização de sensores de Nível da empresa ICOS (Figura 3).

Figura 3 - Sensor de nível ICOS



Fonte: Sensor..., 2017.

A norma da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) NBR 15.527 (Água da chuva – aproveitamento de coberturas em áreas urbanas para fins não potáveis) fornece requisitos para o aproveitamento de água da chuva de coberturas em áreas urbanas para fins não potáveis em que as águas da chuva podem ser utilizadas após tratamento adequado como, por exemplo, descargas em bacias sanitárias, irrigação de gramados e plantas ornamentais, lavagem de veículos, limpeza de calçadas e ruas, limpeza de pátios, espelhos d'água e usos industriais. Nela existem algumas condições gerais para o projeto do sistema de coleta de água da chuva. Tomando por base esta norma, foi iniciado o processo de especificação dos materiais que compuseram a estrutura física do projeto.

A concepção do projeto do sistema de coleta de água da chuva deve atender às ABNT NBR 5.626 sobre instalação predial de água fria e ABNT NBR 10.844 sobre Instalações prediais de águas pluviais. No estudo deve constar o alcance do projeto, a população que utiliza a água da chuva e a determinação de demanda a ser definida pelo projetista do sistema. Incluem-se na concepção dos estudos séries históricas e sintéticas das precipitações da região onde será feito o projeto de aproveitamento da água de chuva.

A determinação da intensidade pluviométrica “I”, para fins de projeto, deve ser feita a partir da fixação de valores adequados para a duração de precipitação e o período de retorno. Tomam-se como base dados pluviométricos locais (verificar NBR 10.844). A vazão de projeto deve ser calculada pela fórmula:

$$Q = \frac{I \times A}{60} \quad (1)$$

Onde: Q é a Vazão de projeto, em L/min; I = intensidade pluviométrica, em mm/h e; A = área de contribuição, em m².

Segundo a norma ABNT NBR 15.527 (Água da chuva – aproveitamento de coberturas em áreas urbanas para fins não potáveis): Os reservatórios devem atender à ABNT NBR 12217; Devem ser considerados no projeto: extravasor, dispositivo de esgotamento, cobertura, inspeção, ventilação e segurança; Deve ser minimizado o turbilhonamento, dificultando a ressuspensão de sólidos e o arraste de materiais flutuantes. A retirada de água do reservatório deve ser feita próxima à superfície. Recomenda-se que a retirada seja feita a 15 cm da superfície e; O reservatório, quando alimentado com água de outra fonte de suprimento de água potável, deve possuir dispositivos que impeçam a conexão cruzada.

O volume de água de chuva aproveitável depende do coeficiente de escoamento superficial da cobertura, bem como da eficiência do sistema de descarte do escoamento inicial, sendo calculado pela seguinte equação:

$$V = P \times A \times C \times \eta \quad (2)$$

Onde: V é o volume anual, mensal ou diário de água de chuva aproveitável; P é a precipitação média anual, mensal ou diária; A é a área de coleta; C é o coeficiente de escoamento superficial da cobertura e; η é a eficiência do sistema de captação, levando em conta o dispositivo de descarte de sólidos o desvio de escoamento inicial, caso este último seja utilizado.

O volume dos reservatórios deve ser dimensionado com base em critérios técnicos, econômicos e ambientais, levando em conta as boas práticas da engenharia. Foram utilizados nesse estudo o método de Ripple para o dimensionamento dos reservatórios. Quando necessário o bombeamento, este deve atender à ABNT NBR 12.214. A NBR 5410, ao admitir os motores elétricos como carga elétrica passou também a reconhecer a existência de proteções para atender os mesmos. Estas proteções elétricas são representadas por relés térmicos de sobrecarga, disjuntores térmicos/ magnéticos e fusíveis. Esta norma deve ser consultada e analisada de acordo com as dimensões do projeto. Contudo, geralmente o projeto é de pequena dimensão foi utilizado o motor de ¾ HP para tensão de 127 V e 1,5 HP para tensão de 220 V.

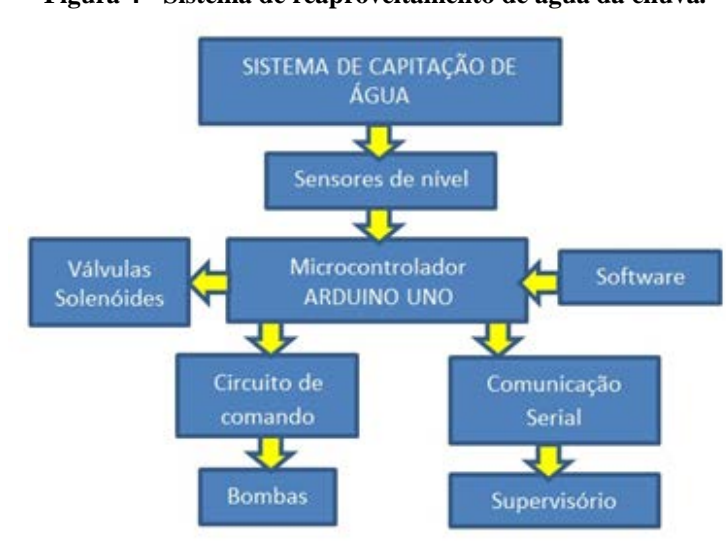
RESULTADOS OBTIDOS

Na simulação foram utilizados LED's azul, verde e vermelho para ilustrar níveis ALTO, MÉDIO e BAIXO respectivamente. Simulações do processo foram executadas com sucesso através do auxílio do programa PROTEUS.

A interface no MATLAB é constituída por um painel no qual é mostrada a situação dos níveis dos reservatórios superiores e inferiores. Nele estão localizadas as imagens que ilustram os níveis dos reservatórios, um botão para carregar o status e uma janela em que aparece o status do sistema. Segue que, para a comunicação serial entre o supervisor e o controlador foi utilizada uma comunicação RS-232 e sua transmissão de dados.

No projeto da placa de comunicação feito no PROTEUS estão localizados o MAX e o DB9, responsáveis pela comunicação serial via cabo. Na Figura 4 estão ilustrados os resultados das etapas concluídas.

Figura 4 - Sistema de reaproveitamento de água da chuva.

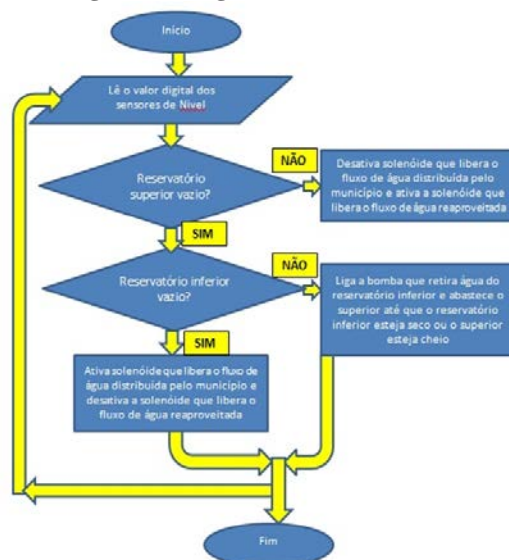


Fonte: Elaborado pelos autores, 2017.

Em um sistema de reaproveitamento de água da chuva, utilizando dois reservatórios – reservatório superior e reservatório inferior – é utilizado um motor bomba que tem a função de jogar água no sentido inferior/superior. Primeiramente, a água proveniente do sistema de captação da água chuva é armazenada no reservatório inferior. Quando o reservatório superior está em nível baixo é necessário transferir água do reservatório inferior para o superior com a ajuda do motor bomba. O reservatório superior irá abastecer todos os pontos de água para fins não potáveis, no local onde o sistema de reaproveitamento foi utilizado. Segue que, os níveis dos reservatórios são qualificados da seguinte maneira: NÍVEL ALTO, NÍVEL MÉDIO E NÍVEL BAIXO.

Duas válvulas solenoides foram utilizadas para direcionar a natureza do fluxo de água. Quando os dois reservatórios estão em NÍVEL BAIXO, a válvula que controla o fluxo de água vindo do reservatório superior de água reaproveitada é fechada e o fluxo de água proveniente da distribuidora municipal é liberado para consumo não potável. Na Figura 5 é apresentado o fluxograma do algoritmo responsável pela parte lógica do controle e funcionamento do algoritmo no sistema.

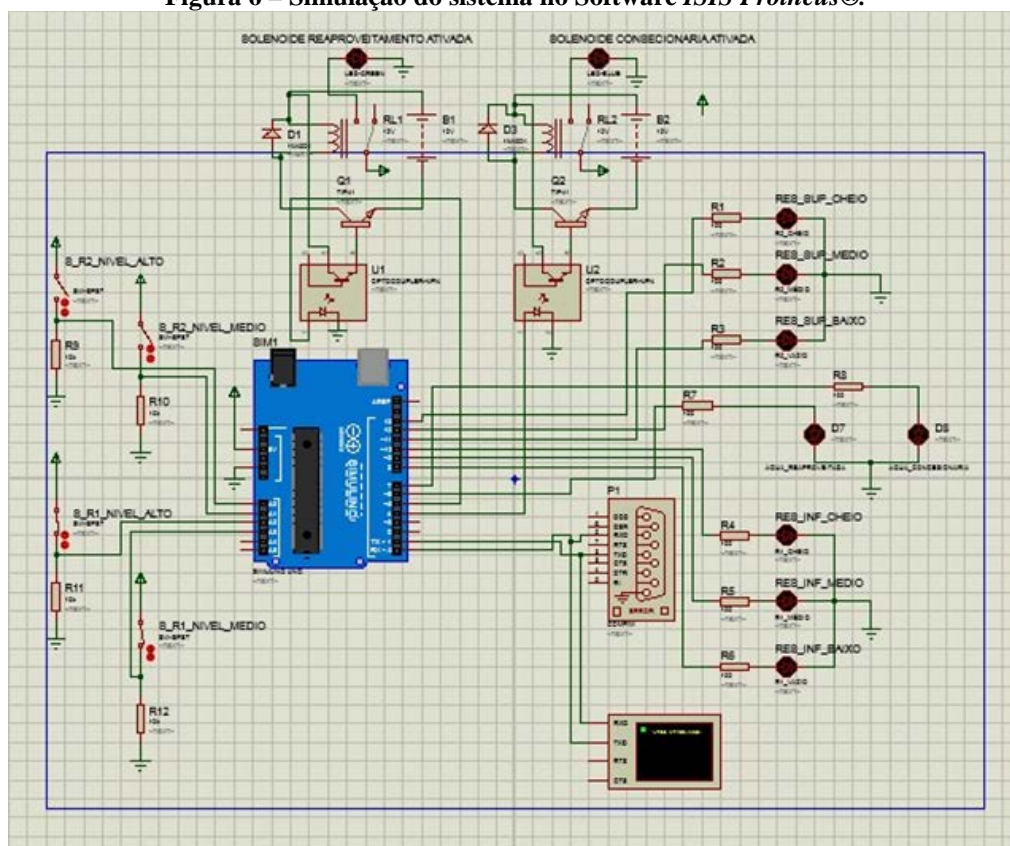
Figura 5 – Algoritmo do controlador



Fonte: Elaborado pelos autores, 2017.

A Figura 6 mostra a simulação realizada, nela foi possível ver a resposta das válvulas solenoides que serão utilizadas na permutação da origem do fluxo de água que irá abastecer os pontos de água para fins não potáveis, os LED's que representam os níveis dos reservatórios.







Figura 6 – Simulação do sistema no Software ISIS Protheus®.



Fonte: Elaborado pelos autores, 2017.

A interface no MATLAB é constituída por um painel aonde é mostrada a situação dos níveis dos reservatórios superiores e inferiores. Nele estão localizadas as imagens que ilustram os níveis dos reservatórios, um botão para carregar o status e uma janela aonde aparece o status do sistema. Os níveis dos reservatórios estão ilustrados na Figura 7.

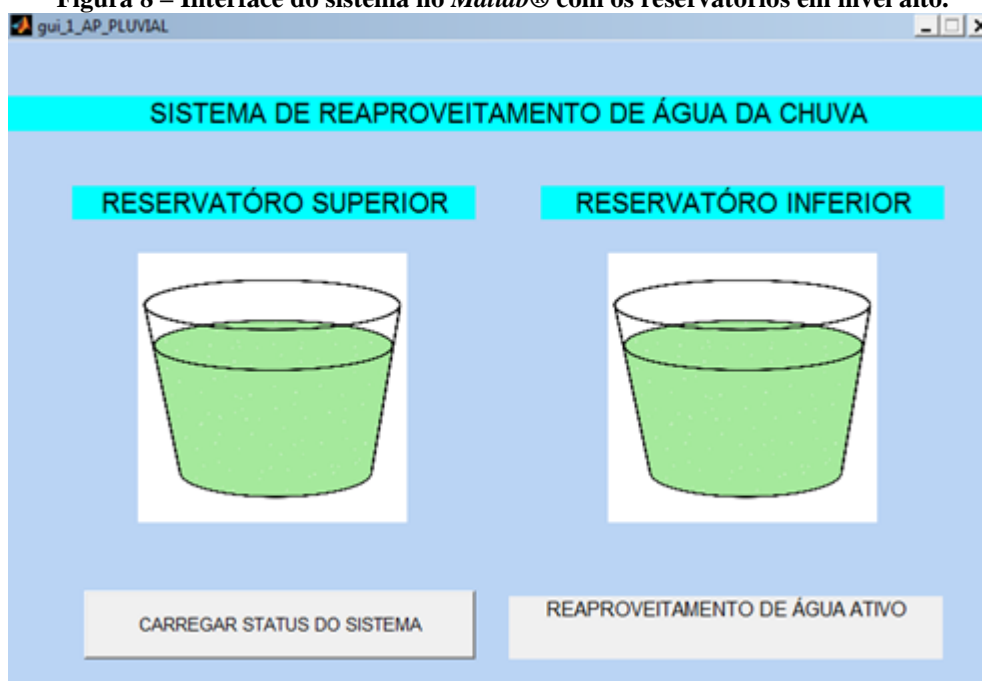
Figura 7 – Representação gráfica das variações de níveis do sistema.

ÁGUA	NÍVEL BAIXO	NÍVEL MÉDIO	NÍVEL ALTO
REAPROVEITADA			
CONCESSIONÁRIA			

Fonte: Elaborado pelos autores, 2017.

A Figura 8 mostra a interface quando os reservatórios de água reaproveitada estão em nível alto.

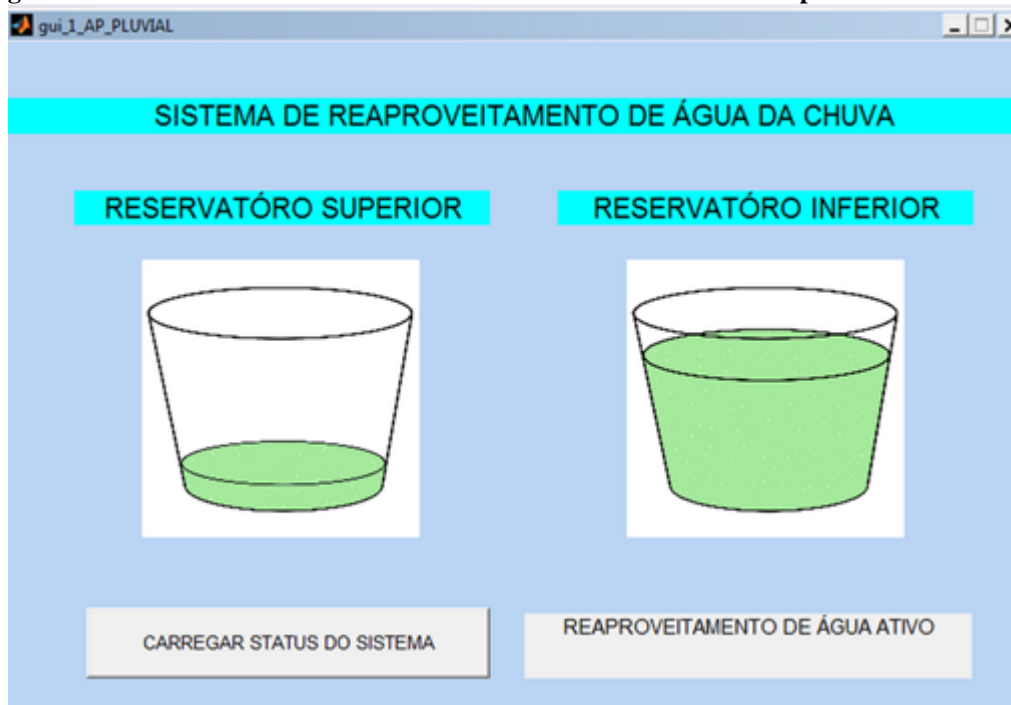
Figura 8 – Interface do sistema no Matlab® com os reservatórios em nível alto.



Fonte: Elaborado pelos autores, 2017.

Quando o reservatório superior de água reaproveitada está em nível baixo e o inferior está em nível alto, a interface do sistema mostrará a seguinte imagem ilustrada na Figura 9.

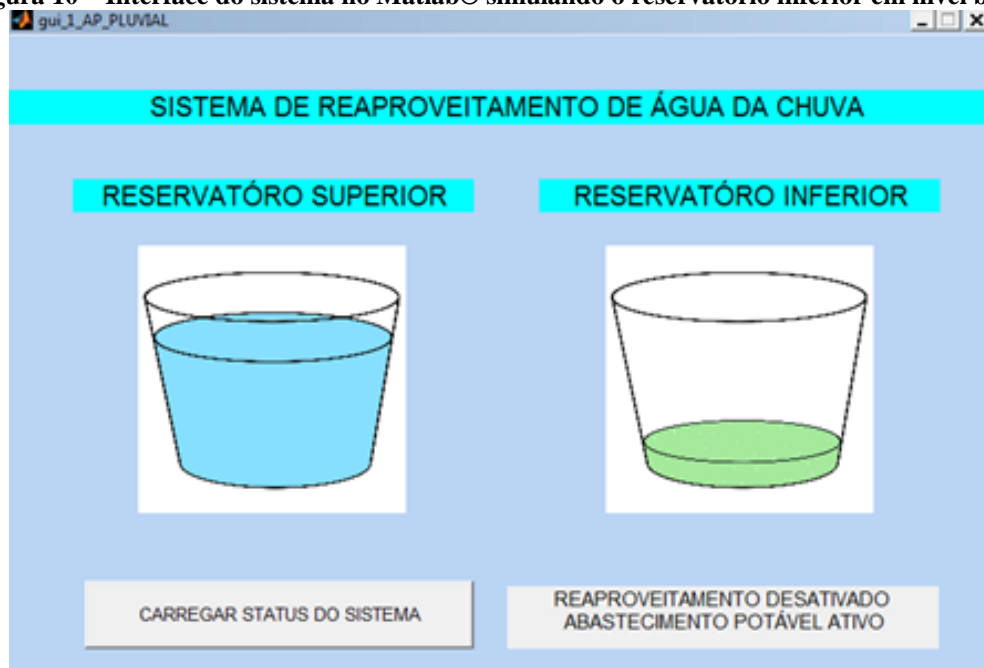
Figura 9 – Interface do sistema no Matlab® simulando o reservatório superior em nível baixo.



Fonte: Elaborado pelos autores, 2017.

Quando os reservatórios superior e inferior de água reaproveitada estão em nível baixo, as válvulas direcionam o fluxo de água proveniente do abastecimento pelo ramal da empresa concessionária de água tratada. Portanto o sistema de abastecimento de água reaproveitada fica em modo de espera até que a sua quantidade de água seja suficiente para abastecer os pontos de consumo não potável. Nesta situação a interface do sistema mostrará a seguinte imagem ilustrada na Figura 10.

Figura 10 – Interface do sistema no Matlab® simulando o reservatório inferior em nível baixo.

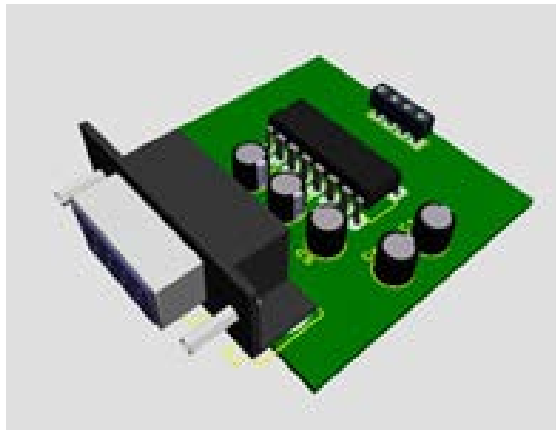


Fonte: Elaborado pelos autores, 2017.

Segue que, para a comunicação serial entre o supervisor e o controlador utilizamos a comunicação RS-232 é utilizado para a transmissão de dados. Ele não é compatível ao TTL. Então, são requeridos no mínimo três pinos para a comunicação entre o PC e o Microcontrolador. O Arduino UNO possui pinos nomeados de RX e TX, estes são usados para transferência e recepção de dados serialmente. Eles estão localizados nos pinos 0 e 1 do microprocessador Arduino UNO. A frequência do XTAL é 16 MHz e possui “baud rat” de 9600 bps.

No projeto da placa de comunicação feito no PROTEUS estão localizados o MAX e o DB9 responsáveis pela comunicação serial via cabo como mostra a Figura 11.

Figura 11 – Interface do sistema no Matlab® com os reservatórios em nível alto.



Fonte: Elaborado pelos autores, 2017.

CONCLUSÕES

Apesar dos problemas encontrados no desenvolvimento deste projeto, os objetivos propostos foram alcançados em sua totalidade. Dentre os programas de simulação pesquisados, conclui-se que o PROTEUS foi o software mais viável para ser utilizado nas aplicações e todas as simulações foram concluídas com sucesso, o algoritmo funcionou perfeitamente. Em relação aos problemas estes foram encontrados no processo de comunicação do controlador com o MATLAB, problemas especificamente na comunicação serial com a INTERFACE, vários testes foram realizados para que, por fim, o sistema ficasse comunicável. Fica como recomendação a proposta de desenvolvimento de outra interface utilizando o LABVIEW como software para o supervisor.

A parte física do sistema não foi executada, pois não fazia parte da proposição do projeto, porém todas as informações foram coletadas para embasar uma futura construção da parte física. A partir da construção e implantação deste sistema automatizado, proporcionará aos usuários maior facilidade na operacionalização que auxiliará na economia de uma grande parcela de água utilizada em equipamentos de descargas de vasos sanitários, na rega de jardins, lavagem de carros e em outras atividades que o homem realiza em sociedade que seja não necessite de água de qualidade mais nobre.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. ARAÚJO Jr, A. C. R. O lago Bolonha no contexto da Região Metropolitana de Belém (RMB) - Pará: abastecimento, qualidade ambiental e ações educativas. 2010. 89 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Geografia) - Instituto de Filosofia e Ciências Humanas, Universidade Federal do Pará. UFPA/Belém-Pará, 2010.
2. BORDALO, C. A. L. O desafio das águas numa metrópole amazônica: uma reflexão das políticas de proteção dos mananciais da Região Metropolitana de Belém-PA (1984 – 2004). 2006. 369 f. Tese (Doutorado em Desenvolvimento Sustentável do Trópico Úmido) – Núcleo de Meio Ambiente, Universidade Federal do Pará. NUMA/UFPA, Belém, 2006.
3. COMPANHIA DE SANEAMENTO DO PARÁ (COSANPA). Plano Diretor do Sistema de Abastecimento de Água da Região Metropolitana de Belém. Belém, 2004.
4. FEITOSA, D. Macrodrenagem e Água Potável em Belém do Pará. Documentário Histórico – COSANPA. Belém, Multisoft, 1994. p. 68.

5. MAY, S. Aproveitamento Estudo da Viabilidade do Aproveitamento de Água de Chuva para Consumo Não Potável em Edificações. 159 p. São Paulo, 2004. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo.
6. QUINTAS, J.S. Educação no Processo de Gestão Ambiental: uma proposta de educação ambiental transformadora e emancipatória. In: MMA/ Secretaria Executiva/ Diretoria de Educação Ambiental (Org.). Identidades da educação ambiental brasileira. Brasília: MMA, 2004.
7. RAMOS, J. P. Poluição e contaminação da orla de Belém-PA. In: UHLY, S.; SOUZA, E. L. (Org.). A questão da água na grande Belém. Belém: UFPS, 2004.
8. ROCHA, G. M.; PEREIRA, I. C. N. População e recursos: crescimento populacional e o uso dos recursos hídricos na cidade de Tucuruí/Pa. 2010. Disponível em: http://www.abep.nepo.unicamp.br/docs/eventos/transdisciplinar/amb_rocha.pdf. Acesso em: 3 ago. 2017.
9. VON SPERLING, M. Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos. 2. ed. Belo Horizonte: SEGRAC, 1996.