



II Encontro de Iniciação Científica e Tecnológica
II EnICT
ISSN: 2526-6772
IFSP – Câmpus Araraquara
26 e 27 de Outubro de 2017



SISTEMA AUTOMATIZADO PARA REALIZAÇÃO DE ENSAIOS DE CARACTERIZAÇÃO DE GEOTÊXTEIS UTILIZANDO A PLATAFORMA ARDUINO

THIAGO GUARNIARI CORRÊA DA SILVA¹, RAFAEL OLIVEIRA RIBEIRO¹,
ANDRÉ DE SOUZA TARALLO², FERNANDO HENRIQUE MARTINS PORTELINHA³

¹Graduando em Análise e Desenvolvimento de Sistemas, Bolsista PIBIFSP, IFSP Câmpus Araraquara, thiagoguarniari@gmail.com, rafaeloliveiraribeiro@hotmail.com,

²Docente na área de Informática do IFSP Câmpus Araraquara, andre.tarallo@ifsp.edu.br

³Docente na área de Engenharia Civil da UFSCar Câmpus São Carlos, fportelinha@ufscar.br

Área de conhecimento (Tabela CNPq): Hardware – 1.03.04.01-0

RESUMO: Geotêxteis são produtos têxteis permeáveis que podem desempenhar diversas funções em um projeto de engenharia civil ou geotécnica. Entre os diversos tipos de funções, é possível citar: a) drenagem, b) filtração, c) separação de do na UFSCar, no Departamento de Engenharia Civil do câmpus São Carlos que realiza ensaios materiais e d) reforço de estruturas geotécnicas. Para a caracterização destes parâmetros, ensaios de permissividade são conduzidos de acordo com a ASTM D4491 (2004). Este ensaio consiste em um permeâmetro de carga variável que possibilita a passagem do fluxo de água perpendicularmente ao plano do geotêxtil, medindo-se a velocidade do fluxo. O objetivo geral deste projeto é automatizar um equipamento desenvolvi de permissividade, de acordo com normas americanas e brasileiras. A automatização será utilizada para a medida da velocidade do fluxo, baseada na medida manual de tempo (uso de cronômetro) entre dois pontos h₀ e h₁, por qual a água flui em um tubo, que contém um corpo de prova com material geotêxtil, determinando a permissividade por meio de leituras de variações de cargas hidráulicas no tempo. A automatização consiste em utilizar a Plataforma Arduino com sensores em h₀ e h₁ para que a medição do tempo se torne mais precisa possível.

PALAVRAS-CHAVE: arduino; automatização; caracterização de geotêxteis; permissividade

INTRODUÇÃO

A tecnologia está presente em diversas áreas, realizando funções distintas, auxiliando os seres humanos a desempenharem suas atividades de forma mais rápida e precisa (BATISTA FILHO; GARCIA, 2014).

A realização de experimentos científicos tem como objetivo levantar dados que possam ser posteriormente utilizados para pesquisas ou aplicações práticas. Os dados encontrados devem aproximar-se o máximo possível dos valores reais; caso contrário, podem interferir diretamente em outros estudos, ou apresentar resultados diferentes e indesejados, se comparados ao esperado.

Os materiais geotêxteis são amplamente utilizados na área da construção civil desde a década de 50. Alto desempenho, versatilidade e fácil aplicação são algumas das características que favoreceram seu uso (COSTA, 1999). É necessário executar um experimento que seja capaz de caracterizar diversos perfis de materiais geotêxteis, para que, então, cada tipo possa ser aplicado em sua finalidade mais adequada.

A plataforma Arduino é utilizada, comumente, para o desenvolvimento e prototipagem de sistemas eletrônicos de baixo custo, devido à grande quantidade de dispositivos compatíveis e diversas bibliotecas que

podem gerenciar os mesmos. Utilizando-se de linguagem de programação, esses dispositivos podem ser interligados de maneira a realizar diferentes funções.

Este projeto de pesquisa tem por objetivo geral automatizar um equipamento desenvolvido no Laboratório de Geotecnia da UFSCar do Departamento de Engenharia Civil do campus São Carlos que realiza ensaios de caracterização de geotêxteis, de acordo com normas americanas e brasileiras.

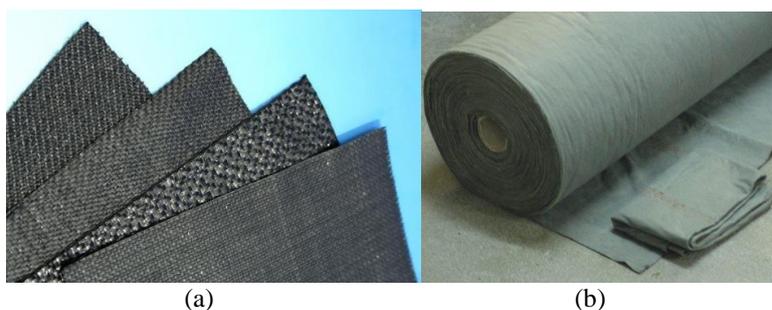
Como objetivos específicos, que permitem contemplar o objetivo geral, é possível citar os seguintes:

- Desenvolver softwares, baseados em linguagem de programação C/C++, utilizando a plataforma de código aberto Arduino para detectar a presença de água entre dois pontos e medir o tempo do fluxo de água entre esses dois pontos.
- Desenvolver um mecanismo em Hardware, com a utilização de sensores, tornando o equipamento desenvolvido no Laboratório de Geotecnia da UFSCar do Departamento de Engenharia Civil do campus São Carlos capaz de detectar a presença de água e medir o tempo do fluxo de água entre dois pontos presentes no equipamento.
- Validar os resultados gerados após a automatização do equipamento.

FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Materiais geotêxteis são produtos artificiais que têm como principal matéria prima para sua confecção polímeros como poliamida, polipropileno e poliéster. São amplamente utilizados devido a sua resistência à tração, alongamento e alta permissividade. Essa característica torna-os ótimas escolhas para obras de drenagem (devido à sua capacidade de conduzir fluidos), reforço de solos (melhorando as características mecânicas de muros ou taludes), controle de erosão e separação do solo (através da granulometria dos diferentes materiais presentes na mistura) (COSTA, 1999).

De acordo com a norma ABNT - NBR 10318/2013 Geossintéticos – Termos e Definições, o geotêxtil é “um produto no qual ao menos um de seus componentes é produzido a partir de um polímero sintético ou natural, se apresentando na forma de manta, tira, ou estrutura tridimensional, utilizado em contato com o solo ou outros materiais em aplicações da engenharia geotécnica e civil”. Os geotêxteis tecidos são formados por uma estrutura tecida que apresenta seus filamentos dispostos de maneira alinhada com direções preferenciais (Figura 1a). Os geotêxteis não tecidos são compostos por filamentos contínuos ou fibras cortadas e dispostas de maneira aleatória, interligadas através de processos mecânicos, térmicos ou químicos (Figura 1b).



(a) Tecidos (b) Não tecidos

Figura 1 – Exemplos de Geotêxteis.

Fonte: NTC BRASIL, 2017 e MATRIM REPRESENTAÇÕES, 2017.

O experimento de cálculo da permissividade dos geotêxteis consiste em obter, através de um cronômetro, o tempo em que um determinado volume de fluido, indicado por duas marcações no tubo, leva para escoar através do material geotêxtil em teste. Este tempo então deverá ser aplicado em uma fórmula, para que, então, o valor de permissividade seja obtido. É importante para os experimentos e futuras aplicações práticas dos geotêxteis ensaiados que os valores finais dos ensaios sejam precisos e estejam o mais próximo possível dos valores reais.

Arduino é uma plataforma eletrônica de código aberto, baseada em softwares e hardwares de fácil uso. A plataforma Arduino é capaz de ler entradas, como por exemplo, o pressionar de um botão, a temperatura de um sensor, e convertê-las para dispositivos de saída, ativando um LED e/ou exibindo um resultado em um monitor. Para fazê-lo, basta enviar ao microcontrolador da placa um conjunto de instruções utilizando a linguagem de programação Arduino e a sua IDE (*Integrated Development Environment*) (ARDUINO, 2017).

Devido a essas características da plataforma, combinadas ao baixo custo de seus componentes no mercado, confiabilidade dos sensores e simples implementação, é de grande interesse sua utilização para desenvolvimento e aplicação de projetos automatizados. Para sua alimentação, a plataforma pode ser conectada utilizando um cabo USB no computador ou através de uma fonte.

METODOLOGIA

O projeto de Iniciação Científica tem como requisito integrar um sistema eletrônico para auxiliar o experimento de cálculo da permissividade dos geotêxteis (Figura 2), de acordo com a norma brasileira, reproduzido no Laboratório de Geotecnia da UFSCar do Departamento de Engenharia Civil do campus São Carlos, utilizando a plataforma Arduino.



Figura 2 - Ensaio de permissividade realizado no Laboratório de Geotecnia da UFSCar.
Fonte: Autoria própria.

Este ensaio consiste na determinação da permissividade de um geotêxtil através de leituras de variações de cargas hidráulicas no tempo. O corpo de prova é colocado no suporte 2 da Figura 2 e preso por anilha de borracha e tubo de acrílico com parafuso e borboletas. Abre-se o registro 3 da Figura 2 e fecha-se os registros 1 da Figura 2 e 5 da Figura 2. Faz-se a retroalimentação do sistema através do tubo de escape 4 da Figura 2 até que o nível de água se estabeleça acima do corpo de prova. Fecha-se, então, o registro 3 da Figura 2 e abre-se o registro 1 da Figura 2 para estabelecer a carga hidráulica acima do corpo de prova, aproximadamente 300 mm. Fecha-se então o registro 1 da Figura 2 e abre-se o registro 3 da Figura 2 para que haja o escoamento da água acima do corpo de prova e mede-se o tempo para que a água escoar entre h_1 e h_0 (mínimo de 250 mm). Todo o sistema é alimentado por uma caixa d'água de 150L (5 da Figura 2) com 2 registros de saída e 1 bico de entrada.

O cronômetro utilizado para a obtenção do tempo era acionado por um responsável pelo experimento, assim, estava suscetível a desvios de seu valor real devido ao tempo de resposta humano, para iniciar e interromper o cronômetro. Essa variação pode acarretar em uma menor fiabilidade ou maior margem de erro para os resultados finais obtidos nos ensaios das amostras.

Para auxiliar o experimento, o sistema deve ser capaz de identificar a presença ou ausência de fluido em dois pontos diferentes, iniciar e finalizar um cronômetro e então exibir ao usuário o valor obtido. Os componentes da plataforma Arduino funcionam de maneira semelhante a módulos, em que cada um é instalado

separadamente e possui suas bibliotecas e funções, e, através do código de programação, eles devem ser interligados de maneira que possam trabalhar em conjunto.

Desta maneira, pesquisou-se sensores que poderiam ser utilizados em conjunto, através da plataforma Arduino para que pudessem automatizar o experimento; os mesmos são citados a seguir. Os sensores de umidade do solo trabalham em conjunto, simulando um sensor de nível, regulados para captar a presença ou ausência de um fluido. O cronômetro é acionado e interrompido de acordo com o sinal por eles emitido e codificado através do *chip* comparador LM393. O *Display* LCD 16x2 exibe os resultados obtidos. Os demais componentes, LEDs e botão servem para auxiliar a interação do técnico responsável pelo experimento com o sistema automatizado.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Para calibração da percepção do sensor de umidade, de quando estivesse submerso ou não em água, foi utilizado um recipiente com água e feito um programa que exibisse constantemente os valores captados pelo sensor e transmitidos pelo *chip* comparador. Quando não imerso em água, o sensor apresentava valores mais altos de resistência a corrente emitidas pelas sondas, e, quando imerso, os valores diminuía significativamente. Para a calibração, foi selecionado um valor de controle entre as médias das duas medidas.

Para validação de seu tempo de resposta, foi feito um programa para imprimir uma mensagem de texto cada vez que fosse submerso ou emerso o sensor. O tempo para exibição foi irrelevante à percepção humana.

Após a calibração e verificação do tempo de resposta do sensor de umidade, a biblioteca utilizada para gerenciar o cronômetro foi a Chrono.h, desenvolvida por Sofian Audry e Thomas O. Fredericks, 2015. Para sua validação, utilizou-se do sensor de umidade. O sensor inicialmente era embebido em água e, quando retirado do fluido, o cronômetro era disparado ao mesmo tempo em que um cronômetro externo (celular) era ativado. Após um intervalo aproximado de tempo, o sensor era novamente inserido na água e, o valor capturado era exibido na tela e manualmente o cronômetro do celular era interrompido. Vários testes foram feitos e os valores foram dispostos em uma tabela para análise, mostrando que a biblioteca é efetiva.

Depois que os sensores mais importantes foram escolhidos e validados, foi possível exibir ao usuário, o estado em que o sistema se encontrava. Com um LED verde aceso, o experimento seria automaticamente iniciado assim que o fluido escoasse através do sensor posiciona na marca superior (h_0). Então o LED verde apaga e o vermelho acende, após a água passar pelo sensor inferior (h_1), o LED vermelho passa a piscar.

Utilizando um botão *push*, foi possível controlar o estado do sistema, para evitar que o experimento fosse iniciado ou interrompido em momentos indesejados. O experimento só pode dar início após o botão ser acionado e os dois sensores estiverem submersos, o LED verde acende e o vermelho para de piscar. Caso seja necessário drenar o fluido para algum ajuste, basta acionar novamente o botão para que o LED vermelho volte a piscar e o verde apague, entrando em modo de espera. Por último, foi instalado um *display* LCD 16x2, junto ao módulo LCD I2C (redução de jumpers), para que, após executado o experimento, o valor do tempo fosse exibido na tela, em milissegundos. A Figura 3 exibe o sistema desenvolvido para automatizar o projeto por meio de um sistema eletrônico, de acordo com o objetivo proposto nesse projeto.

No cálculo da permissividade utiliza-se a seguinte equação empírica, obtida através da Lei de Darcy:

$$\psi = \left[\left(\frac{a}{At} \right) \ln \left(\frac{h_0}{h_1} \right) \right] R_t \quad (1)$$

Em que:

Ψ é a permissividade em s^{-1} ;

a é a área da seção transversal do tubo acima do corpo de prova;

A é a área da seção transversal do corpo de prova ensaiado;

t é o tempo que leva para o nível de água cair de h_1 para h_0 ;

h_0 é a altura inicial de carga hidráulica;

h_1 é a altura final da carga hidráulica.

R_t é a correção devido a variação de temperatura da água.

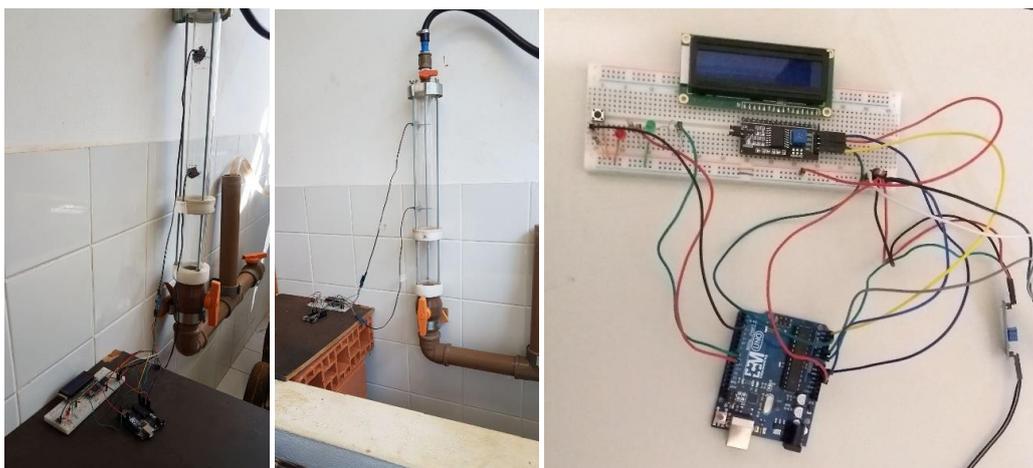


Figura 3 – O sistema automatizado com a plataforma Arduino.
Fonte: Autoria própria.

Após a automatização do processo, o experimento de cálculo da permissividade dos geotêxteis passou a fornecer o tempo em que um determinado volume de fluido, indicado por duas marcações no tubo, leva para escoar através do material geotêxtil em teste de maneira eletrônica, não necessitando mais da ativação manual do cronômetro pelo técnico responsável. Este tempo, então, deverá ser aplicado na fórmula da permissividade (Eq. 1), para que então o valor de permissividade seja obtido.

As amostras de geotêxteis ensaiadas estão apresentadas na Figura 4. Normalmente, a identificação é realizada pela gramatura (g/cm^3) e a espessura (mm) que estão apresentadas nas Tabelas 1 e 2, respectivamente. Na Tabela 3; são mostrados os resultados dos ensaios de permissividade realizados com uso dos sensores propostos neste trabalho. Como era de se esperar, os geotêxteis de menores gramaturas apresentaram maiores valores de permissividade e, conseqüentemente, permeabilidade perpendicularmente ao plano do geotêxtil. O sistema automatizado se mostrou bastante preciso, uma vez que os valores se aproximaram do especificado no catálogo do fabricante deste material.

Tabela 1 Resultados de ensaio de gramatura

<i>Identificação</i>	<i>A (m²)</i>	<i>m (g)</i>	<i>M (g/m²)</i>
<i>CP1</i>	<i>0,01</i>	<i>3,6</i>	360
<i>CP2</i>	<i>0,01</i>	<i>3,048</i>	304,8
<i>CP3</i>	<i>0,01</i>	<i>1,646</i>	164,6



Figura 4 - Exemplos de corpos de prova para ensaios
Fonte: Autoria própria.

Tabela 2 Resultados de ensaio de espessura

Identificação	h_i (mm)	h_f (mm)	T_{gi} (mm)
CP1	6,46	9,34	2,88
CP2	6,44	9,2	2,76
CP3	6,46	8,15	1,69

Tabela 3 - Resultados de ensaio de permissividade

Identificação	t_m (s)	Permissividade (s^{-1})	Permeabilidade (cm/s)	Valores de catálogo
CP1	2,34	1,1487	0,3308	0,30
CP2	2,03	1,3238	0,3654	0,35
CP3	1,04	2,5990	0,4392	0,40

CONCLUSÕES

Como não foram encontrados desvios que, aparentemente, pudessem afetar a fiabilidade dos valores a serem obtidos no final do experimento, conclui-se que os componentes utilizados foram adequados para a automatização do projeto. A instalação do sistema no laboratório já foi realizada e obtenções de resultados já vêm sendo realizadas. A automatização do processo pode contribuir para a execução de medições mais rápidas, nas quais o técnico responsável não precisa coletar os dados manualmente com um cronômetro. Além disso, os valores de tempo obtidos tornaram-se mais precisos, descartando a possibilidade do erro humano através do conjunto eletrônico. Os resultados se mostraram bastante coerentes com o especificado no catálogo, o que valida os resultados obtidos pela instrumentação adotada.

REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR ISO 10318: Geossintéticos – Termos e definições**. Rio de Janeiro, 2013.

AMERICAN SOCIETY OF TESTING MATERIALS. ASTM D 4491: **Standard test methods for water permeability of geotextiles by permittivity**, PA, USA, 2004, 6p.

ARDUINO. **What is Arduino?**, 2017. Disponível em: <<https://www.arduino.cc/en/Guide/Introduction>>. Acesso em 15 mai. 2017.

AUDRY, S.; FREDERICKS, T. O. **Chrono.h**, 2015. Disponível em: <<https://github.com/SofaPirate/Chrono/blob/master/Chrono.h>>. Acesso em 16 jun. 2017.

BATISTA FILHO, O. H.; GARCIA, M. V. R. **Automatização do Sistema de Proteção Térmica para Sala de Servidores de Redes Utilizando Arduino**. VI SEMINÁRIO MULTIDISCIPLINAR ENIAC. v. 1, n 6, p. 76-97, 2014. Disponível em: <<https://ojs.eniac.com.br/index.php/Anais/article/view/190/219>>. Acesso em 10 mai. 2017.

COSTA, C. M. L. **Fluência de Geotêxteis**. 1999. 97 p. Tese (Mestrado em engenharia). Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 97 p.