

## SISTEMA DE APOIO AO DIAGNÓSTICO DE NÓDULOS CANCERÍGENOS ESOFÁGICOS SUBCUTÂNEOS COM USO DE ANÁLISE TÉRMICA

STUDY OF THE ORGANIC CONTROLLER DERIVATIVE FROM LÁTEX BIOMATERIAL TO CORRECTIONS ON THE DIABETIC STEP USING THE QUALITATIVE AND QUANTITATIVE CHANGE OF LOADS APPLIED ON THE FOOT

**Joziane Porcino da Silva**

Mestranda em Sistemas Mecatrônicos, Engenheira Eletrônica, ambas pela Universidade de Brasília.  
Pesquisadora no Laboratório de Engenharia Biomédica (LaB/UnB). E-mail: joziane.eng@gmail.com

**Beatriz Araujo Rodrigues**

Mestranda em Sistemas Mecatrônicos, Engenheira Eletrônica, ambas pela Universidade de Brasília.  
E-mail: beatrizaraujorodrigues@gmail.com

**Stefany Karoline Teodoro Correia**

Graduanda em Medicina pela Universidade Federal de Alagoas. E-mail: fanychcorreia@gmail.com

**Diogo de Oliveira Costa**

Mestrando em Engenharia Eletrônica e Computação pelo Instituto Tecnológico de Aeronáutica, Engenheiro Eletrônico e técnico de laboratório na Universidade de Brasília. E-mail: costadiogo@unb.br

**Suelia de Siqueira Rodrigues Fleury Rosa**

Pós Doutorada no Media Lab, Massachussets Institute of Technology, Professor Associado e Coordenadora da Pós Graduação em Engenharia Biomédica na Universidade de Brasília, Pesquisadora no Laboratório de Engenharia Biomédica (LaB/UnB). E-mail: rodrigues.suelia@gmail.com



### RESUMO

Em sua fase inicial, a maioria das moléstias que afligem o esôfago são assintomáticas. No entanto, com o progresso da doença, o sintoma característico como a perda de apetite, começa a surgir. A carcinogênese esofágica geralmente é diagnosticada via endoscopia superior onde o especialista visualiza uma alteração na estrutura superficial do órgão, indicando exames complementares. Tais exames são feitos através de instrumentos que verificam o

seu comportamento biológico. Embora sejam de estrutura semirrígida, não entram em contato com as paredes esofágicas ou possuem a sua área de contato irregular, podendo gerar um diagnóstico inverídico. Sendo assim, foi desenvolvido um cateter instrumental feito à base de látex que funciona como um balão, o qual é inserido vazio e somente após o seu devido posicionamento é inflado, até encostar nas paredes esofágicas. Nesse sistema embarcado, sensores de temperatura obtêm uma leitura

real das temperaturas ao longo da superfície do órgão e fazem uma análise e mapeamento térmico. A análise realizada é um comparativo do gráfico do comportamento térmico obtido *in vitro* com valores ditos normais. O cateter instrumental foi desenvolvido, utilizando-se de tecnologia livre, podendo ser inserido no Sistema Único de Saúde (SUS) aumentando o ferramental de diagnóstico ao grande número de pacientes atendidos por ele.

**PALAVRAS-CHAVE:** Câncer Esofágico, Biomaterial, Látex, Instrumentação Biomédica.

## ABSTRACT

In its initial phase, most of the diseases that afflict the esophagus are asymptomatic. However, with the progress of the disease, the characteristic symptom such as loss of appetite, begins to emerge. The esophageal carcinogenesis is usually diagnosed via upper endoscopy where the expert sees a change in the surface of the body structure, indicating complementary examinations. Such tests are done through instruments that verify its biological behavior. Although they are of semi-rigid structure, they do not come in contact with the esophageal wall or have their irregular contact area and can generate an untrue diagnosis. Therefore, it developed a catheter instrument made in latex base that works like a balloon, which is inserted empty and only after its proper positioning is inflated until it touches the esophageal wall. In embedded systems, temperature sensors obtain an actual reading of the temperatures along the body surface and make a heat analysis and mapping. The analysis is a comparison of the thermal behavior of the graph obtained *in vitro* with so-called normal values. The instrumental catheter was developed using free technology and can be inserted into the Unified Health System (SUS) increasing the diagnostic tools of the number of patients seen by him.

**KEYWORDS:** Esophageal Cancer. Biomaterial. Latex. Biomedical Instrumentation.

## INTRODUÇÃO

O esôfago é um tubo muscular contínuo, com a parte laríngea da faringe revestida por epitélio pavimentoso estratificado não queratinizado, consistindo em um músculo estriado (controle voluntário) no seu terço superior, um músculo liso (controle involuntário/movimentos peristálticos) no seu terço inferior, e uma mistura de músculo estriado e liso no terço médio (COSTA e ROSA, 2015). Ele é responsável pela continuação da deglutição iniciada na região oral, ou seja, pela condução do alimento. A deglutição pode ser iniciada voluntariamente, porém a seguir passa a estar quase que completamente sob o controle reflexo, o que torna independente da ação da gravidade o transporte de alimento. O reflexo de deglutição é uma sequência ordenada de eventos que impulsionam o alimento da boca até o estômago, os quais inibem a respiração e previnem a penetração do alimento na traqueia durante a deglutição. Composto por um músculo interno circular e um externo longitudinal, desenhados de tal sorte para conduzir os sólidos e os líquidos da faringe para o estômago (PAULA et al., 2010).

Atualmente a literatura traz muitas formas de diagnósticos referentes ao esôfago. Quando se tratando de auxílio ao diagnóstico cancerígeno, a maioria dos exames são realizados por imagem ou por ultrassonografia. Mas grande parte dos diagnósticos são feitos tarde, pois o câncer esofágico é assintomático em seu início e quando existem sintomas eles são confundidos com outras problemáticas. Alguns tumores são descobertos de forma acidental quando o paciente está sendo submetido a um procedimento endoscópico ou radiológico (ARDENGH, 2005).

Nos exames endoscópicos é possível visualizar a textura e aspecto de toda a região esofágica, incluindo a região possivelmente doente, em que o endoscopista verifica vários aspectos físicos do órgão e com sua perícia consegue avaliar a saúde esofágica, dentre esses aspectos são verificados: coloração, rugosidade, e forma. O endoscopista com o auxílio de sua perícia pode indicar exames complementares, como a ultrassonografia via ponteira ultrassônica, colocada no próprio endoscópio para validar o seu diagnóstico.

Uma forma de se mensurar anomalias esofágicas é por meio de uma sonda que é capaz de medir a temperatura intra-esofágica, porém essa sonda é um dispositivo semirrigido o que torna o diagnóstico susceptível a erros de posicionamento ou até mesmo da topologia do órgão. Com a finalidade de auxiliar o endoscopista em seu diagnóstico, foi pensado um dispositivo capaz de realizar medições de temperatura nas paredes esofágicas. Esse dispositivo é um cateter de látex, material biocompatível, que possui uma matriz de sensores. O cateter é inserido murcho e será inflado dentro do esôfago capturando toda a sua geometria irregular.

## MATERIAIS

### Látex

Para a construção do cateter foi feito o levantamento de dados do fornecedor e das características do material. O látex natural é extraído da seringueira *Hevea brasiliensis*, que de acordo com o fornecedor atendia tais critérios: látex extraído de seringais de Santa Catarina - Florianópolis - Brasil; bi centrifugado a 8000 vezes a força da gravidade; em centrifuga A-Laval A-4.100; com passagem contínua e refrigerada a água. Em que tais propriedades possibilitam conferir ao cateter alta biocompatibilidade, alta resistência, entre outras, além de ser um produto nacional.

### Dispositivos Eletrônicos

Foi usado o sensor de temperatura LM35, pois este dispositivo não necessita de calibração externa e tem acurácia de  $\pm 0,5^{\circ}\text{C}$  e seu range de temperatura está definido entre os valores de  $-55^{\circ}\text{C}$  até  $150^{\circ}\text{C}$ . Como a temperatura a ser medida é a do corpo humano, que gira em torno dos  $37^{\circ}\text{C}$  e juntamente com o baixo consumo em corrente, de  $60\ \mu\text{A}$ , torna a escolha razoável para o sensor de temperatura deste projeto.

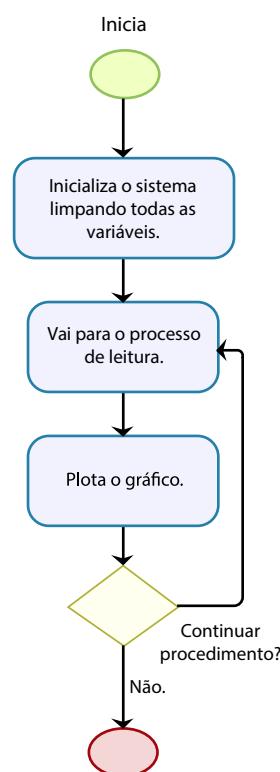
Para a prototipação foi usado também a chave CD4066 usada em sinais analógicos. Em um Circuito Integrado (CI) existem quatro dessas chaves, este fato foi um dos determinantes para a escolha desse dispositivo, pois cada linha da matriz possui o mesmo número de chaves em um CI. Este dispositivo pode ser alimentado com um range de tensão que varia entre 3V e 15V, sua resistência típica quando a chave está em modo ligado é de  $5\Omega$  e tem uma frequência de resposta típica de 40MHz (velocidade de chaveamento é superior à usada neste trabalho) o que torna esse dispositivo uma boa escolha.

Para o processamento dos dados foi escolhido a plataforma de desenvolvimento BeagleBone Black (BBB), que possui sete entradas analógicas. Neste projeto serão necessárias apenas quatro. Essa escolha foi feita pelo fato do sistema UNIX ser livre e ainda dar suporte ao Python que é uma linguagem de programação, também livre, que será utilizada para fazer o tratamento dos dados localmente e os armazenar e enviar a um servidor.

### MÉTODOS

A construção do cateter instrumental visa adquirir temperaturas esofágicas, por isso foi pensado num dispositivo que recebe sinal de sensores analógicos e faz seu processamento. O fluxograma ilustrado na Figura 1, mostra o processo de aquisição dos sinais. Teve que se pensar em uma

forma de multiplexar as entradas analógicas do processador, pois essas têm seu número limitado em sete, por este motivo existe o passo de seleção da linha a ser lida. Somente depois de todos os sensores serem adquiridos, portanto a matriz está completa, que é gerado o gráfico no Python.



**Figura 1** – Fluxograma de funcionamento do sistema, mostrando o caminho percorrido pela informação até chegar ao usuário.

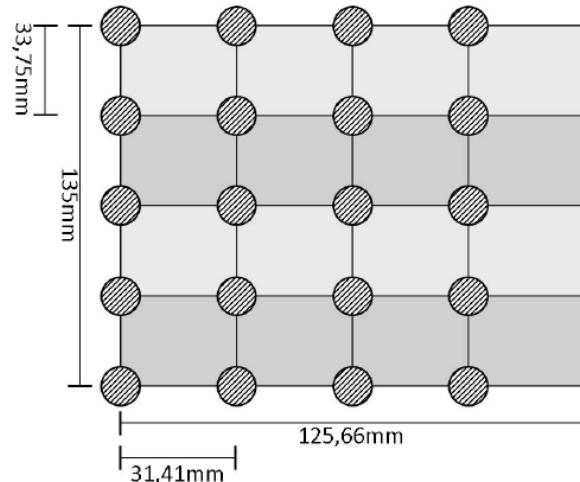
Fonte: Do próprio autor (2016).

## Construção do Cateter

### Matriz de Sensores

Os sensores LM35 estarão dispostos em um formato matricial onde suas posições de linhas são equidistantes entre si, da mesma forma que suas colunas estão equidistantes entre si, como mostrado na Figura 2. Esse formato permite construir uma grade de temperatura para possibilitar a construção de um gráfico de gradiente das temperaturas internas do órgão observado. A partir de

uma interpolação delimitada pela leitura das temperaturas num quadrilátero específico. Tal formato permite a diminuição do número de sensores numa região, fazendo com que se tenha uma melhor disposição dos sensores, obtendo-se uma melhor distribuição do sensoriamento por área coberta. Outra variável que auxiliou nessa escolha foi o fato do órgão ter formato cilíndrico, ou seja, se a matriz for fechada, encostando uma lateral na outra, possibilita-se a cobertura do tubo esofágico, além de possibilitar uma visão planar das temperaturas, que é mais intuitiva ao usuário.



**Figura 2** – Disposição dos sensores de temperatura em formato matricial, possibilitando a interpolação dos valores nos espaços não cobertos pelos sensores.

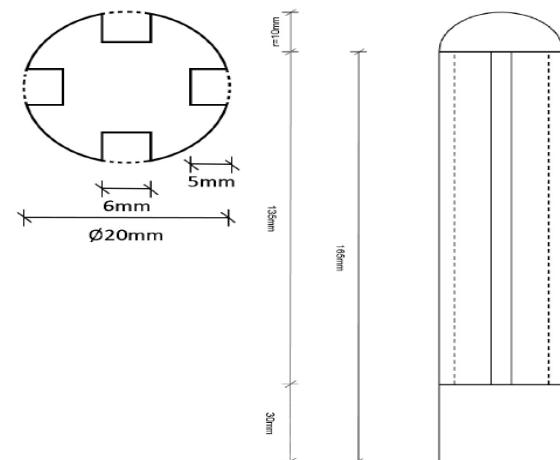
Fonte: Do próprio autor (2016).

### Molde para Confecção do Cateter

Quanto à escolha do material para confecção, inicialmente o náilon foi testado. Porém foi verificada sua alta aderência ao látex, dificultando assim sua retirada do molde, e por esse motivo o náilon não foi escolhido. Entretanto, por ser um material mais mole que o alumínio, o náilon possui um acabamento final páreo para o molde em alumínio, com a vantagem de ser mais barato. O náilon ainda pode ser estudado como material para moldes futuros, sendo necessária uma adaptação para reduzir sua aderência ao látex.

O molde construído para confecção do cateter foi feito em alumínio, no formato cilíndrico de 300mm de comprimento e 25mm de diâmetro, com seis chanfros ao longo de seu comprimento e com a ponta esférica, de modo a evitar que o material fique grudado no momento de sua retirada. Os chanfros têm profundidade de 5mm e largura de 6mm que possibilita a inserção dos sensores nessas cavidades e alinha-los conforme for escolhido. Estas informações podem ser vistas na Figura 3 onde se tem as vistas deste molde.

Também foi testado dois outros modos de se apresentar os chanfros do molde, um com a parte cilíndrica do sensor virado para o centro do molde e, a usada nesse trabalho, com a face do sensor virada para o centro do molde. A primeira escolha deixou o material sensível, pois, a face do sensor virado para fora apresentou quinas vivas e isso fez com que o material fosse rompido com muita facilidade. Quando o látex foi vulcanizado à temperatura ambiente, surgiu uma dificuldade no processo, ele ficou com um aspecto pegajoso, devido a isso, todas as vezes que se fez o cateter usando este método, o amido de milho foi usando na superfície do cateter. Tal aplicação fez com que o cateter moldado descolasse mais facilmente do molde. Posteriormente, a retirada do amido de milho foi realizada por lavagem. Os fios usados no interior do látex foi outro problema encontrado durante a execução da confecção. O látex por ser um material altamente compatível com o corpo humano possui algumas capacidades do mesmo, como ser um ambiente oxidativo. O fio de cobre com revestimento de verniz esmalte que está disponível no mercado, possui microfissuras nessa camada de verniz, sendo necessária a aplicação de uma camada extra de verniz para cobrir esses defeitos superficiais.



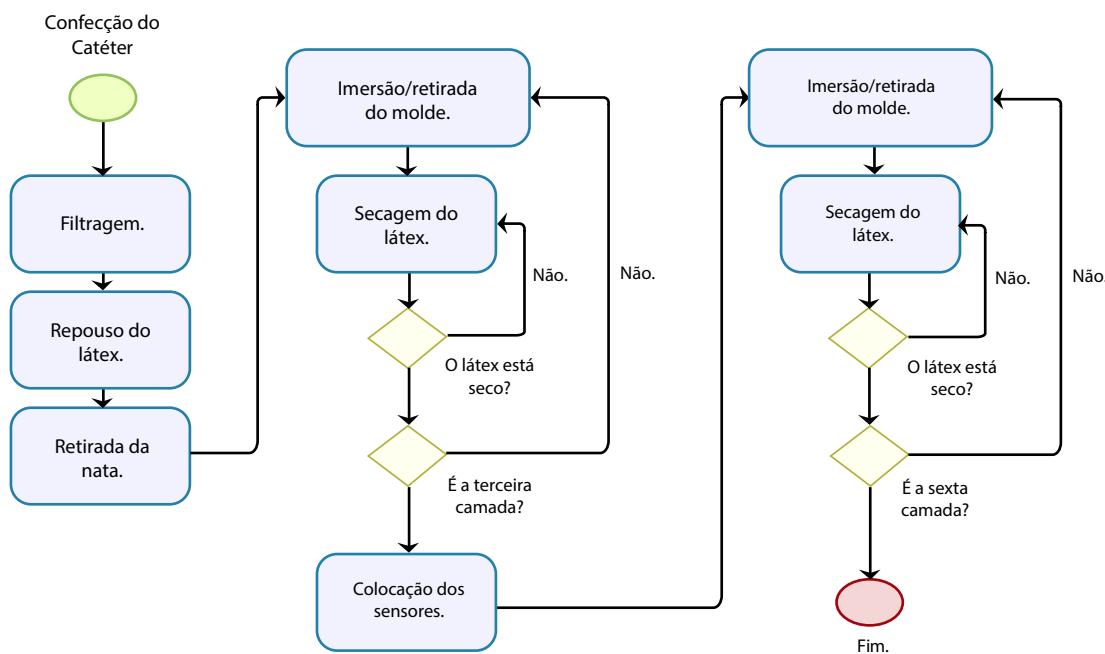
**Figura 3 – Vistas do molde para a confecção do cateter com os chanfros para o encaixe dos sensores.**

Fonte: Do próprio autor (2016).

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

### Confecção do Cateter

A confecção do cateter segue alguns passos que serão descritos nessa secção, o fluxograma que aparece na Figura 4 descreve o caminho a ser percorrido até o sim do preparo e logo a seguir, está à descrição de cada etapa desse trabalho.



**Figura 4 – Descrição gráfica da confecção do cateter instrumental de látex.**  
Fonte: Do próprio autor (2016).

O processo de preparo do látex deve ser feito a uma temperatura inferior a 20 °C para garantir a não formação de aglomeração do material. Após garantir isso é feita uma filtragem do látex em filtro de poro mediano, esse deve ser escolhido de modo com que impeça corpos estranhos em meio ao látex. Após a filtragem, o látex é colocado em uma proveta de vidro que suporte no mínimo o volume do látex com o molde imerso, que é deixado descansar até a formação de nata na superfície. Esse procedimento é feito para retirar as bolhas que aparecem após o látex ser depositado no recipiente, onde logo em seguida é retirada essa nata, garantindo assim a homogeneidade do material.

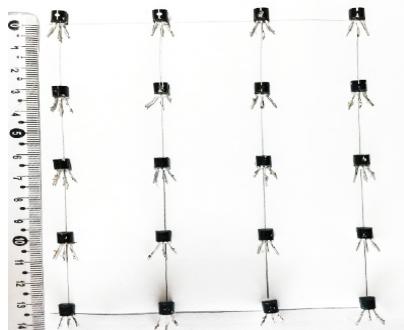
Assim que foram concluídas as etapas anteriores, o molde da Figura 5 é imerso no látex de forma que fique quase que completamente submerso. Este procedimento é feito de forma lenta para evitar o aparecimento de bolhas, então o molde é retirado do látex e deixado suspenso em um lugar escuro, como um armário, para a secagem do material. O processo é repetido até a obtenção de três camadas com um intervalo de uma hora entre as repetições. Após

a última repetição o cateter é deixado secar por três horas, a fim de garantir a total cura do mesmo. Esta primeira fase da construção serve para formar a base onde serão colocados os sensores.



**Figura 5 – Molde em alumínio para a confecção do cateter onde pode-se ver os chanfros para a colocação dos sensores.**  
Fonte: Do próprio autor (2016).

A construção da matriz foi iniciada sobre uma superfície plana, para se conseguir um melhor alinhamento dos sensores. Na Figura 6 pode-se ver como esse processo foi realizado.



**Figura 6** – Alinhamento dos sensores sobre o desenho com as dimensões exatas da matriz.  
Fonte: Do próprio autor (2016).

Ao fim da primeira fase os sensores e seus respectivos fios são depositados sobre o látex com a face voltada para o centro do molde, nos rebaixamentos do molde, e são devidamente identificados com cores para possibilitar a escolha exata de cada sensor e sua posição. Após esse passo os chanfros devem ser preenchidos por látex, um de cada vez até atingir a cobertura dos sensores e atingir à altura da camada mais externa de látex.

Com a conclusão do preenchimento dos chanfros é repetido o processo descrito na primeira fase de forma a atingir o total de oito camadas de látex ao final do processo de construção. Logo após o último período de cura, o cateter é colocado em um recipiente contendo água com uma temperatura em torno de 5 °C devido à diferença do calor específico do material usado no molde e o látex, fazendo com que facilite a retida do cateter do molde.

Assim é concluída a construção do cateter que irá ser usado neste trabalho, o qual cria a possibilidade da leitura de temperaturas ao longo do corpo esofágico. A Figura 6 mostra o resultado final da etapa de construção do cateter.



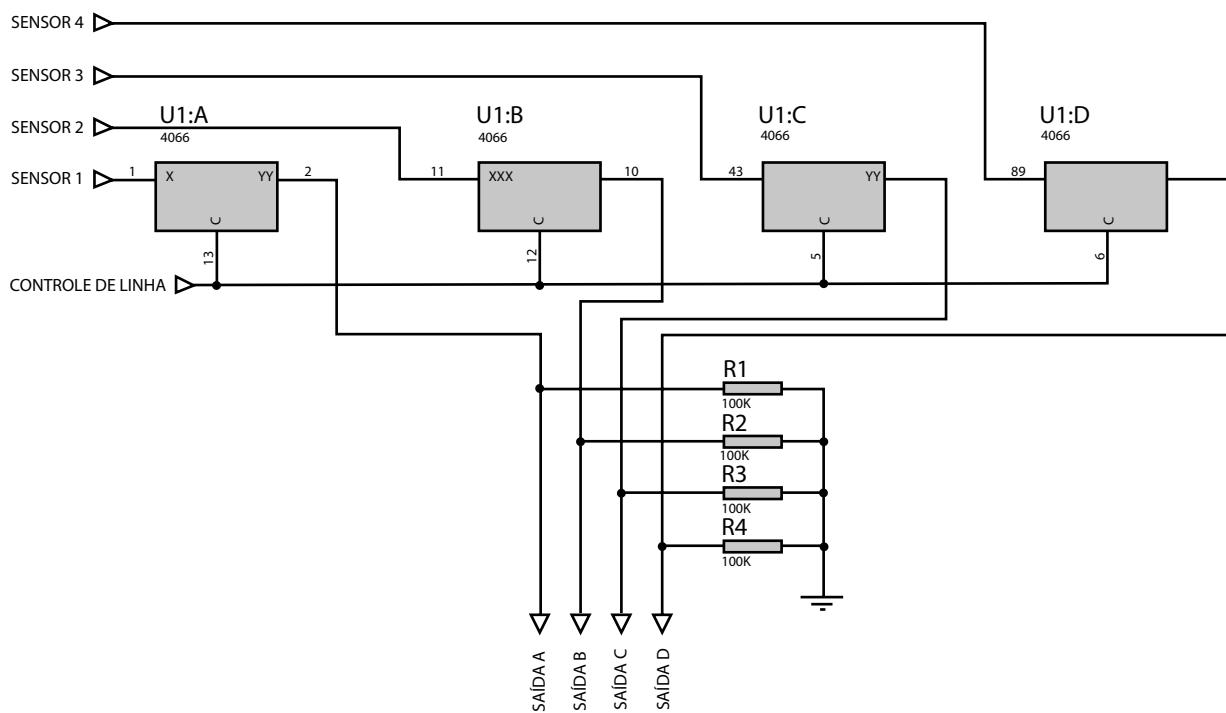
**Figura 7** – Resultado final do processo de confecção do cateter após ser retirado do molde.  
Fonte: Do próprio autor (2016).

## Aquisição de Dados do Cateter

### Círcuito

O circuito para o controle da aquisição dos dados é constituído de chaves analógicas que funcionam como um multiplexador para os sinais a serem injetados nas entradas analógicas. As entradas de chaveamento de cada CI são curto circuitadas a fim de chavear quatro chaves ao mesmo tempo, e a partir desse curto circuito é feito o controle via software embarcado na BBB, assim fazendo o chaveamento de cada linha como visto na Figura 7, essa parte do circuito se repete cinco vezes, uma para cada linha da matriz, o circuito completo do chaveamento e as saídas de cada linha são curto circuitadas com sua igual da linha anterior e os resistores então aparecem apenas em um para cada entrada analógica.

SISTEMA DE APOIO AO DIAGNÓSTICO DE NÓDULOS CANCERÍGENOS ESOFÁGICOS SUBCUTÂNEOS COM USO  
DE ANÁLISE TÉRMICA

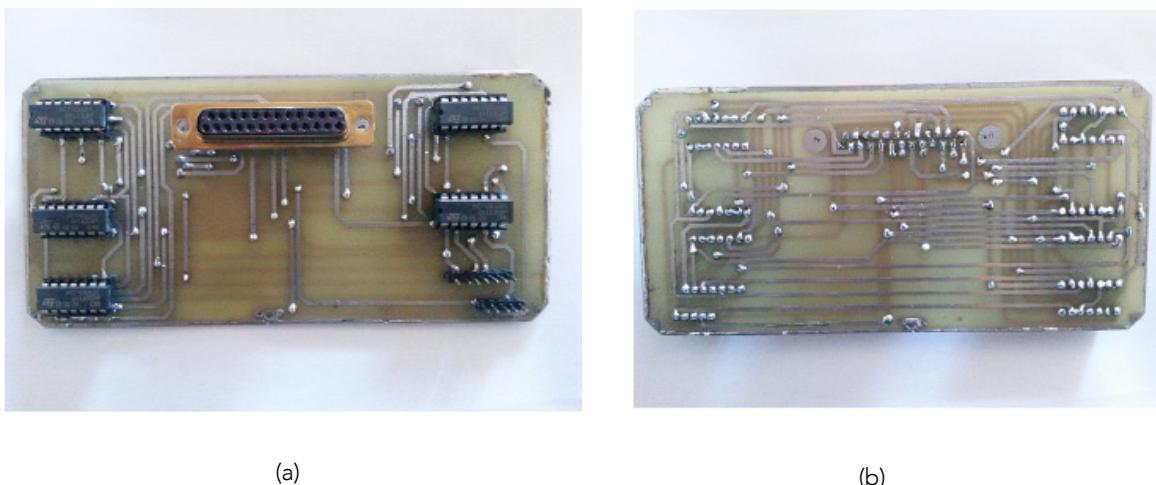


**Figura 8** – Circuito de chaveamento e multiplexagem para uma linha de sensores na matriz, usando o software Proteus 7.8 SP2.  
Fonte: Do próprio autor (2016).

Este circuito é responsável por controlar qual linha de sensores será lida de cada vez, o circuito eletrônico da matriz de sensores é aquele em que as saídas dos sensores deste circuito são ligadas às entradas deste circuito.

A PCI foi gerada com o suporte do software Proteus 7.8 SP2, e foi executada em

placa de fibra de vidro com lâmina de cobre nas duas faces. O método de confecção da mesma foi por sublimação de toner, o serviço de transferência e de finalização foi todo feito de modo manual. A Figura 8 mostra o resultado final da construção da PCI de controle.



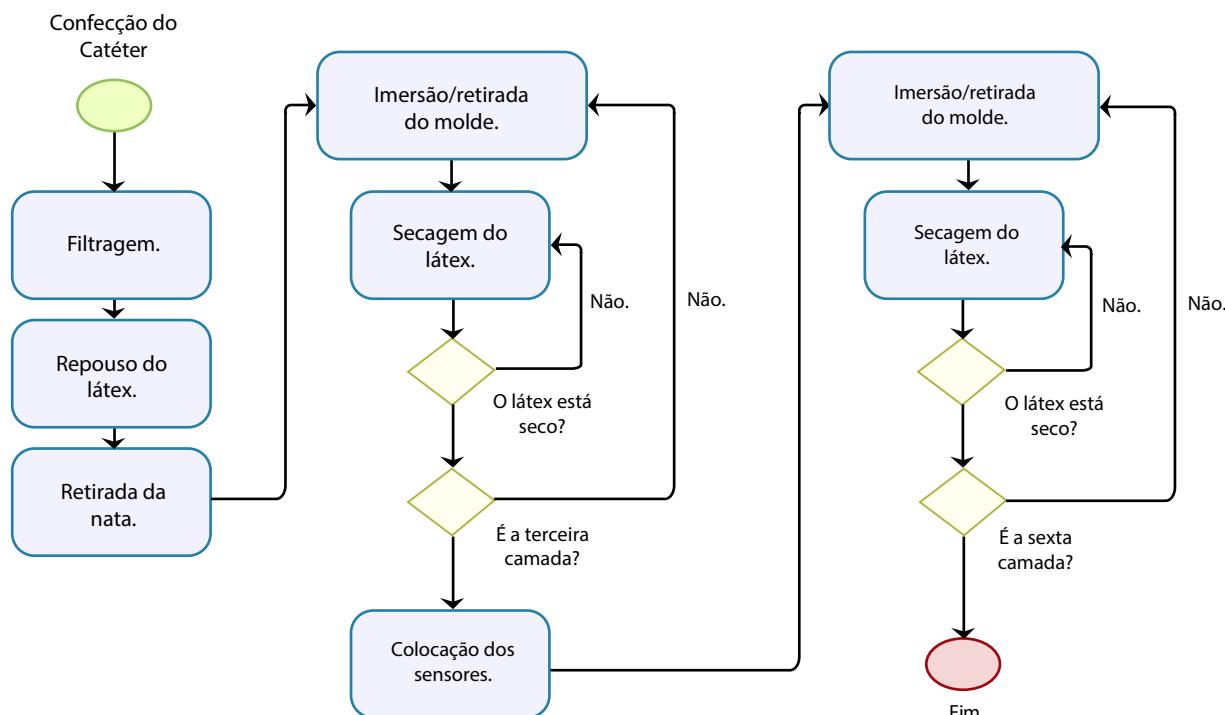
**Figura 9** – Resultado final da construção da PCI de controle de chaveamento em sua vista superior (a) e vista inferior (b).  
Fonte: Do próprio autor (2016).

## Aquisição dos dados

O sistema UNIX escolhido foi o Debian, pois ele mesmo com o modo gráfico ativado se mostrou veloz e suficiente para essa aplicação. No modo gráfico é possibilitado ver o gráfico plotado localmente em um monitor; possibilitando a realização de um exame instantâneo pelo especialista. Porém o processamento não perde em nada se o modo gráfico estiver desligado e os resultados serem armazenados em um servidor, ou localmente, para um exame a distância ou para se gerar um histórico e traçar um diagnóstico mais completo do paciente.

Foi criado um *software* em Python que da mesma forma do Debian é livre e multiplataforma podendo ser transposto para outros sistemas sem a necessidade

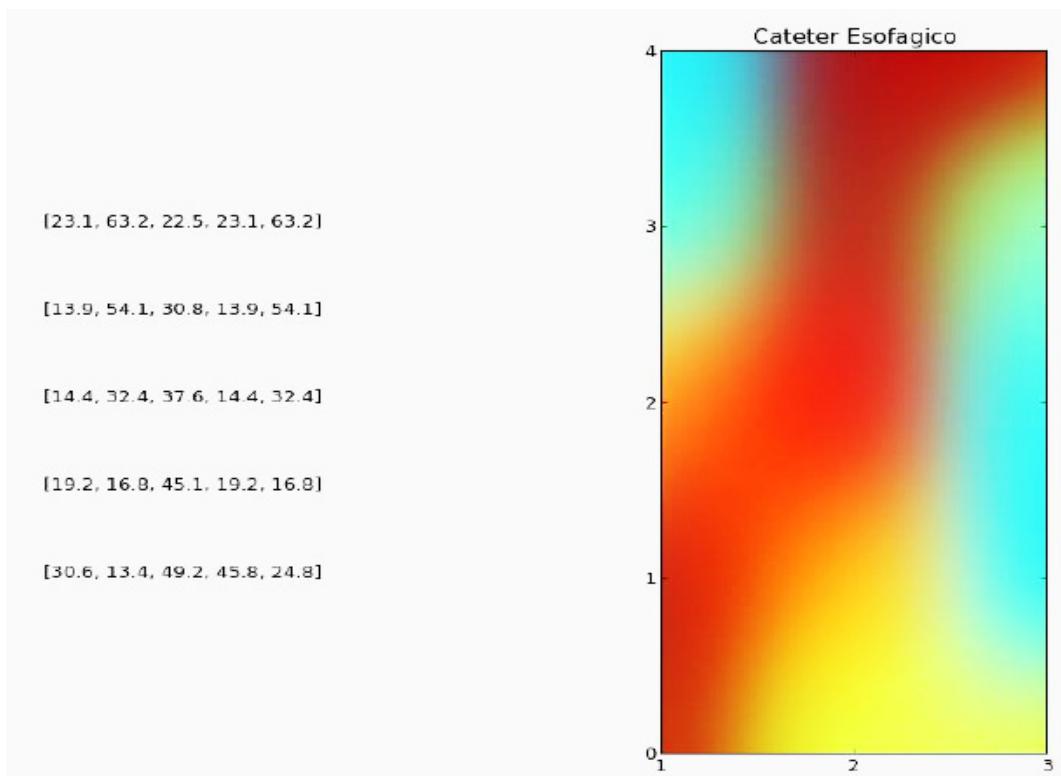
de grandes alterações. Utilizado para o controle, aquisição visualização e armazenamento dos dados vindos dos sensores e, esse foi embarcado na BBB. O *software* consiste em alguns passos que são especificados no fluxograma da Figura 9. A Figura 10 mostra o resultado final do software criado para aquisição dos dados. Ao iniciar o programa é zerado todas as variáveis para evitar lixo indesejável só então é iniciada a leitura de fato. Na etapa de leitura é selecionada a linha a ser lida, então essa é lida e armazenando os valores em suas respectivas posições, esse processo se repete até a última posição de linha. Então os valores devidamente posicionados na matriz são então armazenados em uma outra variável de histórico, e é feita a plotagem do gráfico gradiente dessa matriz.



**Figura 10 – Fluxograma de funcionamento do software para aquisição dos dados.**  
Fonte: Do próprio autor (2016).

Esse sistema completo, por permitir trabalhar em modo gráfico, possibilita ainda a criação de ferramentas bastante intuitivas

para facilitar o trabalho dos especialistas em otimizar a velocidade de diagnósticos dados pelo mesmo.



**Figura 11** – Tela de saída após a aquisição de sinais gerados aleatoriamente nas entradas simulando variações de temperatura nos sensores.

Fonte: Do próprio autor (2016).

## **CONCLUSÃO**

No presente trabalho foi apresentado o método mais eficaz de confecção do cateter com látex, porém no decorrer do desenvolvimento do trabalho foram feitos vários testes variando; o material usado no molde; temperatura de cura; tempo de descanso entre os banhos. Dessas problemáticas, foi utilizado um período de sessenta dias para se obter um protocolo adequado de trabalho em laboratório, como por exemplo o fornecedor de látex que atendesse as necessidades levantadas nos requisitos.

O método que se apresentou mais satisfatório foi o descrito neste trabalho, porém, foi aberta uma gama de outras possibilidades de trabalhos com látex, utilizando-se de outros métodos, conseguindo uma variação na coloração e diferentes resistências mecânicas.

Das várias aplicabilidades desse cateter em meio esofágico, pode-se desenvolver um equipamento semelhante a esse sem muitas alterações, para uso em outras partes do corpo.

Outra possibilidade de trabalho seria mudar o material do molde, substituindo o alumínio pelo náilon, atentando-se apenas com o revestimento a ser utilizado no molde, devendo este facilitar a retirada do material do molde. Devido à aquisição de dados ser baseada em software livre, esse dispositivo pode ser agregado ao SUS, e assim possibilitando um aumento na capacidade de diagnóstico à grande comunidade atendida pelo sistema.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ARDENGH, J. C. Esôfago. In: [S.I.]: Rubio, cap. Aplicabilidade da Ecoendoscopia nas Doenças Esofágicas, p. 68–92, 2005.

COSTA, Diogo Oliveira; ROSA, Suélia Siqueira Rodrigues Fleury. NÓDULOS CANCERÍGENOS SUBCUTÂNEOS NO ESOFAGO: ORIGEM, DETECÇÃO E QUANTIFICAÇÃO. Revista Brasileira de Inovação Tecnológica em Saúde ISSN: 2236-1103, v. 5, n. 3, 2015.

PAULA M. C.; ROSA S.F.R; ROCHA, A.F.; BRASIL L.; RITA S. Analysis of biomaterial latex-derived flow mechanical controller. In: IEEE. Engineering in Medicine and Biology Society (EMBC), 2010 Annual International Conference of the IEEE. [S.I.], p. 263–267, 2010.