

Transporte de Órgãos com Temperatura Controlada

Arthur Faria Campos¹, 16/0024242, Sofia Consolmagno Fontes², 16/0018234
^{1,2} Engenharia Eletrônica, UNB-FGA, Brasília, Brasil

O artigo em questão descreve o desenvolvimento de um módulo eletrônico para o transporte de órgãos. Assim, utiliza-se células Peltier como sistema de refrigeração e sensores discretos associados a um microcontrolador para efetuar o controle de temperatura. Por conseguinte, para uma melhor preservação do órgão e um maior monitoramento, deve-se desenvolver um software em linguagem em C que possibilite a obtenção dos dados do histórico da temperatura por meio de um bluetooth serial, o qual promove o upload dos valores para um aplicativo no celular. E por fim realizar um protótipo avaliando o sucesso do projeto em função da taxa de resfriamento e da manutenção da temperatura desejada por meio de alguns testes de viabilidade.

Index Terms—Transplante de órgãos, pastilhas termoeletrônicas, microcontroladores, msp430, bluetooth, sensor de temperatura.

I. INTRODUÇÃO

DE acordo com o Ministério da Saúde o transplante é a transferência de células, tecidos, órgãos, ou de partes do corpo de um doador para um receptor, com a finalidade de restabelecer uma função do corpo do receptor. Dessa forma, o projeto final da disciplina de Microcontroladores e Microprocessadores será a realização de um módulo eletrônico para o transplante de órgãos tendo sua temperatura controlada pelo sensor LM35 [1].

Hodiernamente, existe uma grande limitação para os transplantes de doações de órgãos, uma vez que, existe uma baixa taxa de autorização da família do doador. Assim, aproximadamente metade das famílias interrogadas não concorda que sejam retirados os órgãos e tecidos do ente falecido para doação. Conforme, a imagem abaixo do Registro Brasileiro de Transplantes - Estatística de Transplantes do Ano de 2017 apresenta os dados da população brasileira relacionados a doação de órgãos [2].

Tabela I
REGISTRO BRASILEIRO DE TRANSPLANTES DE 2017

População atual	206.081.432	Necessidade anual estimada e nº de transplantes						
Extensão territorial (Km²)	8.514.876,60	Necessidade estimada						
		Transplantes realizados						
		15.212	5.929	2.109	380	112		
Número de Óbitos por ano	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017
Todas as causas	1.136.947	1.170.498	1.181.166	1.220.678	1.227.039	1.264.175	Indisponível	Indisponível
Causas externas	143.256	145.842	152.013	151.683	156.942	152.136	Indisponível	Indisponível
Causas neurológicas	25.303	26.948	28.712	30.300	32.381	34.721	Indisponível	Indisponível
População (IBGE*)	190.755.799	190.755.799	190.755.799	190.755.799	190.755.799	202.768.562	204.450.649	206.081.432

IBGE*, a partir do ano de 2015, o IBGE passou a utilizar a estimativa da população, (antes era utilizado o CENSO)

Outras grandes dificuldades para a realização de transplantes são os prazos muito curtos e a dificuldade da conservação dos órgãos durante o transporte. O prazo entre a retirada do órgão do doador e o seu implante no receptor é chamado de tempo de isquemia. Os tempos máximos de isquemia normalmente

aceitos para o transplante de diversos órgãos são mostrados a seguir:

Tabela II
TEMPO DE ISQUEMIA

Órgão	Horas
Coração	4
Fígado	12
Pâncreas	20
Pulmão	6
Rim	48

Fonte: Adaptado de Associação Brasileira de Transplante de Órgãos (2009) e Saadi (2013).

O transporte de tecidos e enxertos é feito por meio da utilização de caixas térmicas compostas por material isolante, e preenchidas com gelo para manutenção do estado hipotérmico, em temperaturas próximas a 4°C, assim como os órgãos são imersos em solução isotônica e isolados por sacos plásticos [3]. Decorrente ao tempo de transporte, cuidados com o manuseio e armazenagem temporária influenciam a qualidade, a integridade, a efetivação do transplante e a diminuição da rejeição do órgão no paciente [4].

Em 2005, de acordo com a Revista Brasileira de Cirurgia Cardiovascular, o mau acondicionamento do órgão junto a solução estéril, acarretou na perda de cerca de 42 % de 1039 corações destinados para o transplante. Com tal característica, com a utilização desse procedimento utilizado atualmente, não existe um controle adequado e um monitoramento elaborado na refrigeração dos órgãos. Portanto, o projeto visa um melhor aproveitamento dos órgãos doados, assim como garantir que as condições fisiológicas do órgão sejam preservadas, reduzindo assim as possibilidades de rejeição.

II. OBJETIVO

O projeto TOTC (transporte de Órgãos com temperatura controlada) tem como objetivo desenvolver um protótipo para o transporte de órgãos que se dará tanto por meio terrestre ou pelo meio aéreo. Assim, com base nas pesquisas foi possível definir alguns parâmetros essenciais para o projeto.

A. Segurança

Para maior segurança no transporte haverá um monitoramento da temperatura do interior por meio de um display, além da possível utilização de outra interface para o acompanhamento.

B. Versatilidade

O projeto contará com um sistema de alimentação versátil para o protótipo, uma vez que, utilizará alimentação elétrica do sistema de 12V do veículo, além de uma bateria para alimentação, em casos em que a caixa alterne entre os meios de transporte, e uma fonte para alimentação de uma tomada 220v.

C. Portabilidade

O protótipo contará com dimensões e pesos menores que as utilizadas atualmente. Assim, a caixa térmica utilizada tem proporções de 20,3 X 16,6 X 26,4 cm, fabricada de polietileno e isolada por isopor, dessa forma, tem-se garantia que o tempo de conservação de produtos frios são de até 8 horas, da mesma forma que quanto maior for o volume de líquido armazenado, maior será o tempo de manutenção da temperatura. Consequentemente, a caixa pesa 0,576 kg e com a utilização pastilhas de efeito peltier ao contrário do gelo seco terá como consequência uma redução do peso e assim facilitará o transporte.

III. METODOLOGIA

Para facilitar o desenvolvimento do protótipo o projeto será dividido em três áreas de trabalho: Controle, estrutura e alimentação.

Também contará com o controle de repositórios e arquivos do projeto feitos através da plataforma GitHub a fim de facilitar a organização e armazenagem dos produtos e documentos do projeto.

A. Controle

A área de controle será o foco principal do projeto, contará com um microcontrolador MSP430 para realizar toda a comunicação entre os módulos e cálculos necessários.

B. Alimentação

Esta área ficará responsável pela elaboração do circuito que alternará entre as diferentes formas de alimentação do protótipo e também das potência de resfriamento.

C. Estrutura

O foco da área de estruturas é elaborar toda a parte mecânica do projeto, principalmente onde será alocado os controladores e o sistema de refrigeração. Assim como a análise de custos.

IV. REQUISITOS

a) *Formatação dos documentos:* A elaboração e manutenção dos documentos produzidos no projeto deverá utilizar LaTeX de forma que a apresentação das informações fique organizada.

b) *Custo:* O projeto deve ser viável economicamente para o escopo da disciplina e restrições da universidade.

c) *Protótipo:* O protótipo resultante do projeto deve ser robusto, portátil e funcional.

d) *Funcionalidade:* O sistema deve ser capaz de manter a temperatura controlada, assim como seu histórico.

V. AMEAÇAS

Uma das principais dificuldades é isolamento entre as placas da célula de peltier, dessa forma o lado quente da célula não pode entrar em contato com o lado frio. Assim como o isolamento da caixa térmica, que depois de aberta para inserção da Peltier e do cooler, deve armazenar o ar resfriado. De acordo com o fabricante a caixa térmica não aguenta fortes impactos, vibrações, contato com produtos químicos nocivos ao plástico, excesso de calor e de exposição a luz solar. Outro problema que pode acontecer é o sistema parar de funcionar e assim não conseguir realizar o resfriamento colocando em risco o órgão transportado. Portanto, um fator muito limitante para o projeto em questão é a falta de treinamento especializado dos motoristas do transporte no acondicionamento de órgãos, sendo assim, para eles utilizarem um aplicativo, um visor de LED usar e um adaptador da fonte no carro durante o transporte dificultaria o traslado.

VI. MATERIAIS E CUSTOS

Uma análise de custos mais detalhada será feita em fases mais avançadas do projeto, porém o objetivo do grupo é manter um orçamento viável.

Tabela III
MATERIAIS PREVISTOS

Material	Quant.	Custo(R\$)
MSP-EXP430FR2433	1	47,00
Sensor de temperatura LM35	1	7,10
Caixa térmica	1	35,00
Coolers	2	5,95×2
Pastilha Peltier 5A-60W	2	5,62×2
Bateria	2	64,76
Módulo de memória para cartão SD	1	6,90
Cartão de Memória SD 2GB-4GB	1	5,79
Fontes de alimentação	1	-
Adaptador para o carro	1	-
Filtro para tirar ruídos	2	-
Custo Total		R\$189,59

VII. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este documento visou apresentar uma base do projeto a ser desenvolvido da disciplina de Microprocessadores e Microcontroladores, do campus Gama da Universidade de Brasília. Foram apresentadas as propostas de organização, os requisitos elicitados e o cronograma a ser seguido IV.

REFERÊNCIAS

- [1] BlackGod, *Temperature Monitor using MSP430 Launchpad and LM35 Temperature Sensor*, 2016. [Online]. Available: <http://karuppuswamy.com/wordpress/2016/10/15/temperature-monitor-using-msp430-launchpad-and-lm35-temperature-sensor>
- [2] A. B. de Trasplante de Órgãos, *Dimensionamento dos Transplantes no Brasil e em cada estado*, V. D. Garcia, Ed., 2017.
- [3] ANVISA, “Agência nacional de vigilância sanitária. transporte de órgãos é padronizado,” *Revista Liberato*, 2009. [Online]. Available: http://www.anvisa.gov.br/divulga/noticias/2009/220509_2%28link1%29.htm
- [4] R. C. S. W. V. PEREIRA, W. A.; FERNANDES, “Diretrizes básicas para captação e retirada de múltiplos órgãos e tecidos. são paulo,” *ABTO*, 2009.
- [5] L. E. Bohn, M. B. Haag, and A. B. Mombach., “Módulo eletrônico para transporte de órgãos em estado hipotérmico,” *Revista Liberato*, vol. 17, no. 27, pp. 01–118, 2016.
- [6] L. P. E. A. T. D. Eduardo A. Di Marzo, Antonio M. Pavone, “Termovida – caixa térmica para transporte de órgãos para transplantes,” *uspdigital*, 2008. [Online]. Available: <https://uspdigital.usp.br/siicusp/cdOnlineTrabalhoVisualizarResumo?numeroInscricaoTrabalho=1731&numeroEdicao=16>

APÊNDICE

Figura 1. Projeto do protótipo e sua construção em EPS [5]



Figura 2. Projeto TERMOVIDA [6]

Tabela IV
CRONOGRAMA

		Abril		Maio		Junho
T			1			
Q			2	Ponto de Controle #2		
Q			3			
S			4		1	
S			5		2	
D	1		6		3	
S	2		7		4	
T	3		8		5	
Q	4	Ponto de Controle #1	9	Refinamento dos Codigos implemntados	6	
Q	5		10		7	
S	6		11		8	
S	7		12		9	
D	8		13		10	
S	9		14		11	
T	10		15		12	
Q	11	Desenvolvimento Inicial dos Códigos com a biblioteca	16	Prova #2	13	Ponto de Controle #4
Q	12		17		14	
S	13		18		15	
S	14		19		16	
D	15		20		17	
S	16		21		18	
T	17		22		19	
Q	18	Prova #1	23	Aprimoramento do Protótipo	20	
Q	19		24		21	
S	20		25		22	
S	21		26		23	
D	22		27		24	
S	23		28		25	
T	24		29		26	
Q	25	Montagem Inicial do protótipo físico e Testes	30	Ponto de Controle #3	27	Entrega Final
Q	26		31		28	
S	27				29	
S	28	Desenvolvimento do Relatório			30	
D	29					
S	30					