

# TURBIDÍMETRO LOW-COST PARA ANÁLISE DA TURBIDEZ DO LÍQUIDO DIALISADO PERITONEAL

Nilson Eduardo Ferreira\*, Suélia de S. Rodrigues Fleury Rosa\*\*

\* Mestrando em Engenharia Biomédica, Laboratório de Engenharia & Inovação, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Biomédica Faculdade UnB Gama/Universidade de Brasília, Brasília-DF

\*\*Doutora em Engenharia Elétrica, Laboratório de Engenharia & Inovação, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Biomédica, Faculdade UnB Gama, Universidade de Brasília, Brasília-DF

e-mail: nilsoneduardo@unb.br

**Abstract** – *Peritoneal dialysis is a substitutive renal treatment whose main characteristic is the maintenance of patients' quality of life. Only in Brazil, a growing number of renal patients are eligible for this therapy and the major challenge for health professionals is to maintain these patients as long as possible in the treatment. In this study we propose a device that will assist health professionals in the control and monitoring of negative markers such as infections and biological alterations by reading and analyzing the turbidity of the dialysed liquid. Most advances in this context are related to technical innovations in equipment, inputs for dialysis, but none of them brings any innovation in assisting in the instantaneous monitoring of turbidity. This gap in the monitoring of the dialysate fluid is interesting because it allows a rapid decision-making by the health team, mainly in aspects related to the quality of treatment, both outpatient and domiciliary. The results obtained with the device, through manipulated analyzes of the peritoneal infusion liquid, demonstrated that the turbidity values measured by the proposed equipment compared to other similar devices of commercial use are within the standard curve.*

**Palavras-chave:** *Turbidez, Dispositivo Médico Assistencial, Diálise Peritoneal, m-Health.*

## Introdução

A Diálise Peritoneal (DP) é um tipo de terapia renal substitutiva que possui um caráter menos conservador que a hemodiálise. O paciente pode realizá-la em ambulatório, num centro clínico ou também no seu domicílio, sem a obrigatoriedade da presença e acompanhamento por um profissional de saúde constantemente [1].

Em condições específicas, o paciente em DP pode realizá-la sozinho ou ser auxiliado por um cuidador. Isso resulta em mais qualidade de vida e custos financeiros menores para o Estado e para o paciente.

Ainda que pareça um cenário positivo, muitos pacientes em regime de DP domiciliar retornam ao

hospital, normalmente em estado de saúde mais precário do que quando foram liberados. Essa situação geralmente decorre da falta de observação das recomendações médicas [2], tais como dieta desbalanceada, higiene precária, com risco de infecções e, principalmente, na dificuldade de monitoramento das condições do líquido dialisado [3].

Dificuldades do próprio paciente ou familiar, sejam cognitivas, físicas, psicológicas ou sociais, também contribuem para seu retorno ao centro de diálise [4]. Dessa forma, desenha-se um cenário onde a avaliação de determinados marcadores negativos, como a turbidez, fica prejudicada.

Essas dificuldades na avaliação do líquido dialisado, em relação à sua turbidez, podem ser amenizadas com o uso de um dispositivo especificamente desenvolvido para a essa finalidade, promovendo maior segurança ao paciente.

## Materiais e métodos

Foi realizado o levantamento bibliográfico nas bases *PubMed* e *Literatura Latino Americana em Ciências da Saúde – LILACS*, utilizando os descritores “diálise peritoneal”, “qualidade de vida”, “tecnologia de apoio”, e “*m-Health*”, entre o período de 2001 a 2017. Poucos estudos apresentaram alguma forma sistemática do uso da absorvância na avaliação do líquido peritoneal.

Após a aprovação pelo Comitê de Ética em Pesquisas, parecer 139.512/2017, foi realizada a coleta de material biológico de um grupo de 5 pacientes dialisados, no Hospital Regional do Gama-DF, no centro de tratamento renal, setor de diálise peritoneal.

Também foi utilizado um equipamento de espectrofotometria comercial (*Spectramax220 – ThermoScientific*) para verificar a turbidez do líquido, de acordo com a absorvância obtida com a leitura das amostras.

Os parâmetros de configuração do aparelho podem ser observados na Figura 1.

Item	Value
Workbook file	unnamed
Software	INSIGHT: 1.4.40
Firmware	3.0.0.109
Application	Scan - Classic\Testes7264
Data Format	Absorbance
Smooth Level	3
Derivative Order	None
Start Wavelength	700,00 nm
Stop Wavelength	400,00 nm
Scan Speed	1500,00 nm/min
Data Interval	1,00 nm
Integration Time	0,040 sec
Bandwidth	DRA XXnm
Sample ID-1	LiquidoInfusão2
Baseline Correction	100 %T
Result Type	Peak Pick

Figura 1: Parâmetros definidos para leitura do líquido de infusão. (Fonte: o autor.)

A partir dos parâmetros obtidos pela leitura no espectrofotômetro, para avaliar aplicabilidade da absorvância luminosa, um circuito eletrônico composto por uma placa de prototipação e um micro controlador *Arduino*, conforme demonstrado na Figura 2, foi elaborado, aplicando-se ao microcontrolador um algoritmo de análise responsável em adquirir a leitura do sensor e aplicar os cálculos para obter-se o nível de turbidez.

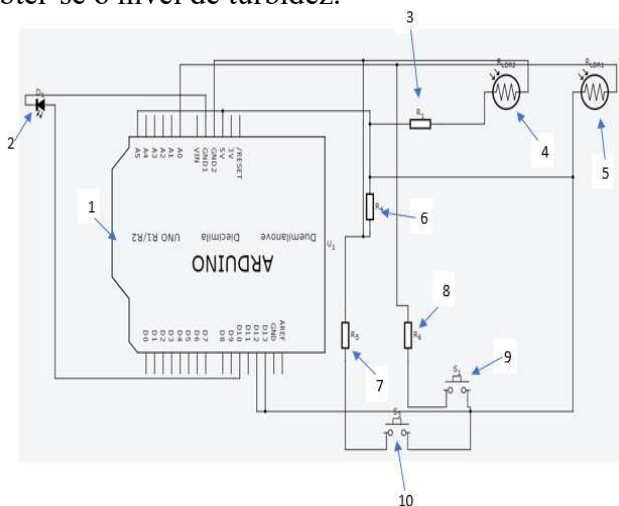


Figura 1: 1 - Microcontrolador Arduino; 2 - Led auto brilho; 3 - Resistor de 10KΩ; 4 - Fotocélula 1; 5 - Fotocélula 2; 6 - Resistor de 10KΩ; 7 - Resistor de 1800Ω; 8 - Resistor de 1800Ω; 9 - Interruptor 1; 10 - Interruptor 2

Para simular a intensidade de cada amostra, primeiramente foi utilizado um tubo contendo apenas 3,5 ml de um líquido estéril (água destilada ou álcool isopropílico). Em seguida foram analisadas

amostras na mesma quantidade, porém com pigmentações de corante (tinta de impressora), nas cores azul, magenta, amarelo e verde.

O princípio da absorvância e transmitância, discutidas na Lei da Absorvância, considera a emissão da luz e sua incidência sobre uma substância. A Equação 1, de acordo com o tipo de luz usada para obtenção da absorvância, representa matematicamente o princípio do enunciado dessa lei.

$$dP = \beta P c dx \frac{dP}{P} = \beta c dx \Rightarrow \int_{P_0}^P \frac{dP}{P} = -\beta c \int_0^b dx \quad (1),$$

onde P é a luz incidente na amostra, c é o caminho da incidência luminosa e x a espessura do meio incidente.

A Tabela 1 ilustra os valores em nanômetros para cada tipo de luz que pode incidir sobre uma substância desconhecida

Tabela 1: valores de transmitância utilizados na análise

Cor	Transmitância (nm)
Laranja	600 – 640
Amarelo	560 – 600
Vermelho	640 – 700
Verde	480 – 560
Violeta	400 – 450
Azul	450 - 480

Como não é para medir uma tensão, mas um valor entre 0 e 1024, que é obtido pelo sensor *LDR*, o algoritmo então realiza a divisão do valor da tensão, 5 volts pela maior resistência possível obtida pelo *LDR*. O resultado é igual 0,0048828125. Dessa forma, obtêm-se um valor padrão para cada amostra, permitindo treinar o programa para que relacione a média alcançada pela leitura da transmitância da luz na substância com um valor pré-estabelecido.

O sistema considera os princípios básicos da espectrofotometria, e tem por finalidade a medição da curva de refletância espectral na luz visível (normalmente de 10 em 10 nm, numa escala de 400 a 700 nm, que é a faixa visível pelo olho humano).

Com o algoritmo implementado no microcontrolador, foram realizados testes com a incidência da luz direta nas amostras de líquido dialisado obtido dos pacientes.

O circuito eletrônico, Figura 2, foi montado numa câmara onde toda a luz externa foi isolada,

impedindo que houvesse interferência na captação do sinal luminoso Figura 3.

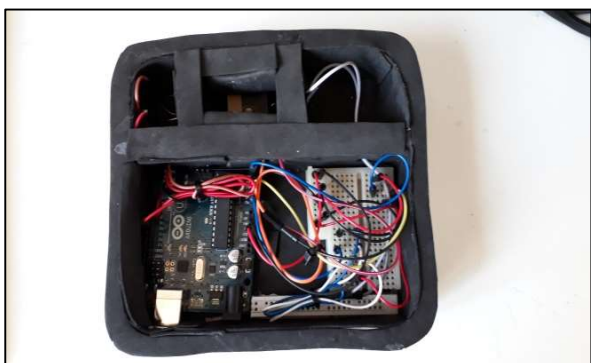


Figura 2: Protótipo para análise das amostras de líquido dialisado. (Fonte: o autor).

Nas análises das amostras foi constatada uma constância maior nos valores da resistência registrada pelo sensor. Isso indicou a princípio que o líquido dialisado possui uma turbidez padronizada e muito próxima dos resultados obtidos pela análise do líquido num equipamento de espectrofotometria comercial.

Uma vez que os valores obtidos pelo sensor ficaram constantes, uma porção de Permanganato de Potássio, ( $KMnO_4$ ), foi diluída em 3.5 ml de água limpa e reproduziram-se as leituras. Para essa amostra de  $KMnO_4$ , que é da cor violeta o valor da absorbância determinada na fórmula ficou sempre o mesmo.

Assim, com um volume maior de substância na cor violeta, a resistência do *LDR* aumenta na mesma proporção, o que sugere que para esse estímulo (cor violeta), é possível identificar a presença da substância desde que ela esteja num nível tal que a absorção da luminosidade possa ser alterada.

## Resultados

As análises do líquido dialisado demonstraram um valor de turbidez média de 0,010. Esse valor, se comparado ao método Snell-Descartes, indica que a refração está em um ângulo de  $0,57^\circ$ , aproximando-se da normal. Logo, embora pequeno, a amostra com líquido de infusão peritoneal possui uma refração (pela presença de açúcar e outros elementos), o que já era esperado.

A partir dessa premissa, pode-se concluir que as alterações de turbidez do líquido de infusão após a realização da diálise peritoneal, havendo presença de elementos que a alterem, pode ser medido com precisão mais acurada que apenas a ocular.

Os resultados obtidos pelas análises de absorbância das amostras coletadas dos pacientes comprovaram que o líquido dialisado peritoneal tem a sua turbidez alterada a cada sessão de diálise

peritoneal. Um aspecto relevante nessa observação é que no caso de pacientes submetidos a algum tipo de profilaxia, antes ou durante a sessão de DP, a turbidez do líquido sofre alteração em seu aspecto.

Ficou demonstrado que, ainda que imperceptíveis a olho nu, a turbidez sofre leves alterações e, portanto, seu acompanhamento contínuo é mais eficaz do que apenas a avaliação visual.

A referência utilizada a partir da leitura do líquido de infusão resultou numa turbidez de 0.17, muito próximo do valor padrão de 0.01 nas análises por outros métodos.

O gráfico presente na Figura 3 demonstra claramente a proximidade dos valores obtidos entre os métodos aplicados na pesquisa, em especial a absorbância luminosa.

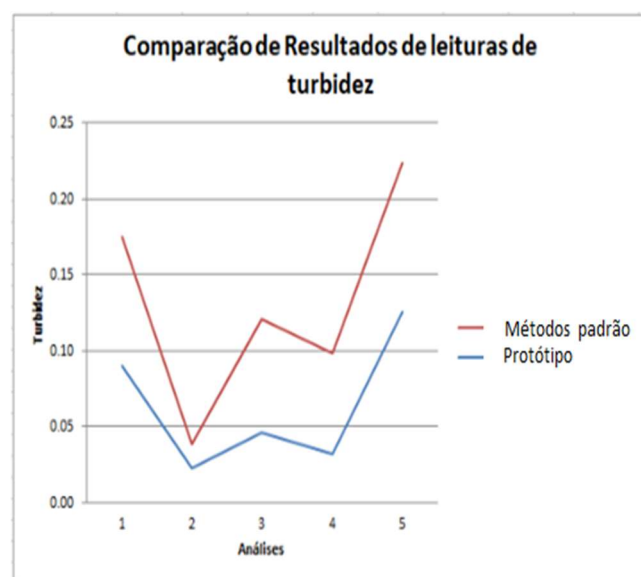


Figura 3: Gráfico comparativo das análises realizadas pelos métodos clássicos de análise de turbidez e os obtidos pelo protótipo de análise por emissão luminosa. (Fonte: o autor).

Os parâmetros foram determinados no software *INSIGHT* 1.4.40, da *ThermoScientif*, como podem ser observadas na figura 5.2. Os resultados da leitura demonstraram que o espectro de absorbância do líquido relação a uma substância estéril é muito próxima de zero (0,001).

Com a técnica de espectrofotometria os testes de leitura das amostras dos pacientes demonstraram que existe uma absorbância relativa ao líquido dialisado, que registrou um valor máximo de 0.001, Figura 5.1, em todos os ensaios realizados.

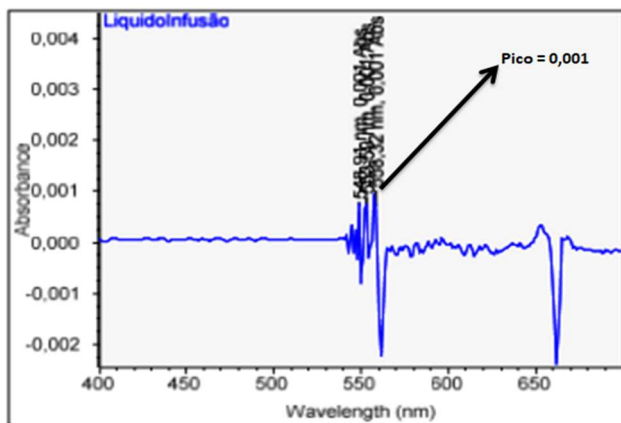


Figura 4: Parâmetros observados a partir da leitura por espectrofotometria por luz UV/Vis do líquido dialisado peritoneal.

## Discussão

A literatura mostrou consonância com o objetivo da pesquisa em [6]–[8], ou seja, a inserção de métodos ou sistemas tecnológicos e uso de recursos computacionais para o auxílio ou apoio em terapias renais substitutivas.

Nos estudos de [2] foram tratadas questões relativas à qualidade de vida, elegibilidade para a diálise peritoneal e causas de abandono da terapia. [9] concluíram que problemas mecânicos relacionados ao cateter, cujo monitoramento automático poderia evitar tais complicações, assim como [4] chama atenção para a permanência desses pacientes por um tempo adequado.

Consoante o fato de não haverem pesquisas específicas que nortegassem a utilização de um dispositivo para análise de turbidez do líquido dialisado, a ideia é adaptá-lo a uma finalidade diferente da usual, ou seja, realizar uma análise biológica de uma amostra líquida fisiológica, com a finalidade de medir o nível de turbidez.

## Conclusões

A partir da aplicação dos conceitos de transmitância e absorbância, concluímos então pela possibilidade real de usar tal dispositivo na avaliação de amostras de líquido dialisado para medição do nível de turbidez.

Estudos futuros pretendem ajustar o nível de acurácia do dispositivo médico assistencial apresentado para análises biológicas mais específicas, contribuindo ainda mais para diagnósticos médicos e tomada de decisão em saúde mais rápidas.

## Agradecimentos

Nossos sinceros agradecimentos à toda equipe do programa de pós-graduação em engenharia biomédica da Faculdade UnB, Gama, unidade acadêmica da Universidade de Brasília, por todo apoio oferecido à pesquisa.

## Referências

- [1] G. Abraham, S. Varughese, M. Mathew, and M. Vijayan, “A review of acute and chronic peritoneal dialysis in developing countries,” *Clin. Kidney J.*, vol. 8, no. 3, pp. 310–317, 2015.
- [2] V. G. Arenas, L. F. N. M. Barros, F. B. Lemos, M. A. Martins, and E. David-Neto, “Qualidade de Vida: comparação entre diálise peritoneal automatizada e hemodiálise,” *Acta Paul. Enferm.*, vol. 22, no. spe1, pp. 535–539, 2009.
- [3] E. Iola and G. Andrade, “Sobrevida de pacientes em diálise no SUS no Brasil Survival analysis of dialysis patients in the Brazilian Unified National Health System,” vol. 28, no. 3, pp. 415–424, 2012.
- [4] J. A. D. Jacobowski, R. Borella, and L. Lautert, “Pacientes com insuficiência renal crônica: causas de saída do programa de diálise peritoneal,” *Rev. Gaúcha Enferm.*, vol. 26, no. 3, pp. 381–391, 2005.
- [5] L. Xiaoli and L. Chengwei, “Research on glucose concentration sensing with single wavelength laser,” *2015 IEEE 12th Int. Conf. Electron. Meas. Instruments, ICEMI 2015*, vol. 3, pp. 1547–1551, 2016.
- [6] J. A. Blaya, H. S. F. Fraser, and B. Holt, “E-health technologies show promise in developing countries,” *Health Aff.*, vol. 29, no. 2, pp. 244–251, 2010.
- [7] M. Kay, “mHealth: New Horizons for Health through Mobile Technologies,” *World Heal. Organ.*, vol. 3, pp. 66–71, 2011.
- [8] J. Lorenzetti and L. Trindade, “Tecnologia, inovação tecnológica e saúde: uma reflexão necessária,” *Texto Context. Enferm.*, vol. 21, no. 2, pp. 432–439, 2012.
- [9] M. Miftah *et al.*, “Mechanical Complications of Peritoneal Dialysis,” no. September, pp. 103–109, 2014.