



DISSERTAÇÃO DE MESTRADO

**DISPOSITIVO MÉDICO ASSISTENCIAL  
PARA ANÁLISE DE TURBIDEZ DO LÍQUIDO PERITONEAL DIALISADO**

**PUBLICAÇÃO Nº 077A/2017**

**Nilson Eduardo Ferreira**

**Brasília, Novembro de 2017**

**UnB - UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA**



DISSERTAÇÃO DE MESTRADO  
**DISPOSITIVO MÉDICO ASSISTENCIAL  
PARA ANÁLISE DE TURBIDEZ DO LÍQUIDO PERITONEAL DIALISADO**

**Nilson Eduardo Ferreira**

*Dissertação de Mestrado submetida ao Programa de Engenharia  
Biomédica como requisito para obtenção  
do grau de Mestre em Engenharia Biomédica*

**Banca Examinadora**

Profa. Dra. Suélia de S. Rodrigues Fleury Rosa, \_\_\_\_\_  
FGA/UnB  
*Orientadora*

Prof. Dr. Gerardo Idrobo Pizo, FGA/UnB \_\_\_\_\_  
*Examinador interno*

Profa. Dra. Luisiane Ávila de Santana, FCE/UnB \_\_\_\_\_  
*Examinador externo*

## FICHA CATALOGRÁFICA

FERREIRA, NILSON EDUARDO

DISPOSITIVO MÉDICO-ASSISTENCIAL PARA ANÁLISE DA TURBIDEZ DO LÍQUIDO PERITONEAL DIALISADO. PUBLICAÇÃO Nº 077A/2017 [Distrito Federal] 2017.

xvi, 95 p., 210 x 297 mm (FGA/UnB, Mestre, Engenharia Biomédica, 2017).

Dissertação de Mestrado - Universidade de Brasília, Faculdade UnB Campus Gama.

- |                       |                                    |
|-----------------------|------------------------------------|
| 1. Diálise Peritoneal | 2. Dispositivo Médico-Assistencial |
| 3. <i>m-Health</i>    | 4. Análise de Turbidez             |
| I. FGA/UnB            | II. Título (série)                 |

## REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

FERREIRA, N.E. (2017). *DISPOSITIVO MÉDICO-ASSISTENCIAL PARA ANÁLISE DA TURBIDEZ DO LÍQUIDO PERITONEAL DIALISADO. PUBLICAÇÃO Nº 077A/2017*. Dissertação de Mestrado, Faculdade UnB Gama, Universidade de Brasília, Brasília, DF, 95 p.

## CESSÃO DE DIREITOS

AUTOR: Nilson Eduardo Ferreira

TÍTULO: DISPOSITIVO MÉDICO-ASSISTENCIAL PARA ANÁLISE DA TURBIDEZ DO LÍQUIDO PERITONEAL DIALISADO. PUBLICAÇÃO Nº 077A/2017.

GRAU: Mestre em Engenharia Biomédica ANO: 2017

É concedida à Universidade de Brasília permissão para reproduzir cópias desta Dissertação de Mestrado e para emprestar ou vender tais cópias somente para propósitos acadêmicos e científicos. Os autores reservam outros direitos de publicação e nenhuma parte dessa Dissertação de Mestrado pode ser reproduzida sem autorização por escrito dos autores.

---

Nilson Eduardo Ferreira

Faculdade UnB GAMA - FGA

Universidade de Brasília (UnB)

Campus Gama

CEP 70919-970 - Brasília - DF - Brasil

UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA  
FACULDADE UNB GAMA  
ENGENHARIA BIOMÉDICA

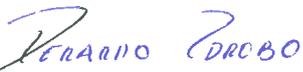
"DISPOSITIVO MÉDICO-ASSISTENCIAL PARA ANÁLISE DE  
TURBIDEZ DO LÍQUIDO PERITONEAL DIALISADO"

NILSON EDUARDO FERREIRA

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO SUBMETIDA À FACULDADE UNB GAMA DA  
UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA, COMO PARTE DOS REQUISITOS NECESSÁRIOS  
PARA A OBTENÇÃO DO TÍTULO DE MESTRE EM ENGENHARIA BIOMÉDICA.

APROVADA POR:

  
\_\_\_\_\_  
Profa. Dra. Suélia de Siqueira Rodrigues Fleury Rosa – FGA / UnB  
(Orientadora)

  
\_\_\_\_\_  
Prof. Dr. Gerardo Antonio Idrobo Pizo - FGA / UnB  
(Examinador Interno)

  
\_\_\_\_\_  
Profa. Dra. Luisiane de Ávila Santana – FCE / UnB  
(Examinadora Externa)

BRASÍLIA, 23 DE NOVEMBRO DE 2017

## **Dedicatória**

*Esse trabalho é dedicado à minha família, meus filhos, minha mulher.*

*Nilson Eduardo Ferreira*

## **Agradecimentos**

*Agradeço em primeiro lugar a Deus, por ter me concedido a oportunidade de obter conhecimentos numa área tão nobre, cujas pesquisas permitem a inserção de novas possibilidades e inovações.*

*Agradeço também a minha orientadora, pela grande capacidade de perceber o valor e a relevância de uma proposta de estudo, dando condições, sendo humana e ao mesmo tempo indicando as trilhas adequadas para o alcance do sucesso. Muito obrigado, professora Suélia.*

*Também reservo agradecimentos aos meus colaboradores, aos alunos de iniciação científica, Mateus e Luan, que demonstraram ser futuros grandes engenheiros-pesquisadores. Agradeço a minha colega de trabalho, experiente profissional da Química, Paula Fernandes, cuja experiência em análises e utilização de material de laboratório foram fundamentais para o andamento da pesquisa. O auxílio de todos no desenvolvimento do projeto foi de fundamental importância. Que brilhe para vocês a luz do sucesso profissional.*

*Agradeço, enfim, aos meus colegas de trabalho, meus familiares, que souberam compreender a necessidade de muitas ausências e opção por outras prioridades, na busca da conclusão de etapa importante em minha vida.*

*Especialmente, agradeço a minha mulher, pelo companherismo, pelo apoio, pelo amor. Aos meus filhos, pela sua existência e por serem o motivo maior de minha busca por esse título acadêmico.*

*Que Deus abençoe todos vocês!*

*Nilson Eduardo Ferreira*

---

## RESUMO

A diálise peritoneal é um tratamento renal substitutivo cuja principal característica é a manutenção da qualidade de vida dos pacientes. Somente no Brasil, um crescente número de doentes renais é elegível para essa terapia e o grande desafio dos profissionais de saúde é a manutenção desses pacientes o maior tempo possível no tratamento. Neste estudo, propomos um Equipamento Médico-Assistencial para auxiliar aos profissionais de saúde no controle e monitoramento de marcadores negativos, como infecções e alterações biológicas, por meio da leitura e análise da turbidez do líquido dialisado. Como processo metodológico da pesquisa, a imersão no conhecimento do perfil das pessoas portadoras de insuficiência renal, em diálise peritoneal, foi necessária principalmente na avaliação da capacidade funcional desses doentes em conviver com o problema renal e tangenciá-los com recursos e mecanismos tecnológicos. As variáveis estatísticas demonstraram que, com o passar do tempo, com as limitações próprias da idade e pela condição de saúde fragilizada, muitos pacientes carecem de um apoio mais eficiente na percepção de sinais indicativos sobre a qualidade do líquido dialisado, ou a turbidez. Inferiu-se nos testes de hipótese que não há qualquer impacto da capacidade funcional face à doença renal, mesmo em casos extremos, no uso de controle eletrônico da turbidez sendo realizada por um dispositivo com as características do proposto no estudo. Os resultados obtidos com o dispositivo, comparados com os métodos de análises padrão do líquido de infusão peritoneal, demonstraram que os valores de turbidez medidas pelo equipamento proposto permitem avaliar as condições de turbidez do líquido peritoneal dialisado com maior acurácia do que o método tradicional, por percepção meramente visual. Nas análises, por meio da observação da absorbância pela técnica da espectrofotometria por emissão de luz visível, o valor de absorbância obtido para a substância de infusão peritoneal foi em torno de 0,001; já a média obtida nas análises do líquido dialisado pós terapia foi em torno de 0,17. Esses dados evidenciam a capacidade do dispositivo desenvolvido, tanto na realização dos testes *in vitro* quanto nos testes *in vivo*, cujos valores médios ficaram em 0,010 e 0,27 respectivamente. O dispositivo eletrônico desenvolvido a partir de componentes eletrônicos de fácil aquisição, e contando com mecanismos auxiliares como software de análise, base de dados para armazenamento e consulta *online* pela *Web*, compreendem um conjunto de ferramentas capazes de promover maior segurança na avaliação da turbidez do líquido peritoneal dialisado, uma análise mais precisa em seus níveis periódicos e, principalmente, a troca de informação permanente entre paciente e profissional de saúde, minimizando a demora em tomadas de decisão em saúde face à turbidez do líquido peritoneal dialisado.

Palavras-chave: Equipamento Médico-Assistencial, *M-health*, Análise de Turbidez, Tecnologia Assistiva, Diálise Peritoneal.

---

## ABSTRACT

Peritoneal dialysis is a substitutive renal treatment whose main characteristic is the maintenance of patients' quality of life. In Brazil alone, a growing number of kidney patients are eligible for this therapy and the major challenge for healthcare professionals is to maintain these patients as long as possible in treatment. In this study, we propose a Medical Assistance Kit to assist health professionals in the control and monitoring of negative markers, such as infections and biological changes, by reading and analyzing the turbidity of the dialysed liquid. As a methodological process of the research, immersion in the knowledge of the profile of people with renal impairment in peritoneal dialysis was necessary mainly in the evaluation of the functional capacity of these patients to live with the renal problem and tangentialize them with technological resources and mechanisms. Statistical variables have shown that, over time, with age limitations and poor health status, many patients lack a more efficient support in the perception of indicative signals on the quality of the dialysed liquid or turbidity. We inferred hypothesis tests that there is no impact of functional capacity against renal disease, even in extreme cases, in the use of electronic turbidity control being performed by a device with the characteristics proposed in the study. The results obtained with the device, compared with the standard methods of peritoneal infusion liquid analysis, showed that the turbidity values measured by the proposed equipment allow to evaluate the turbidity conditions of the dialyzed peritoneal fluid more accurately than the traditional method, merely visual perception. In the analyzes, by observing the absorbance by the visible light emission spectrophotometry technique, the absorbance value obtained for the peritoneal infusion substance was around 0.001; the mean value obtained in the analysis of the dialysed liquid after therapy was around 0.17. These data demonstrate the ability of the device developed in both the *in vitro* and *in vivo* tests whose mean values were 0.010 and 0.27 respectively. The electronic device developed from easy-to-acquire electronic components, and having ancillary mechanisms such as analysis software, database for online storage and consultation by Web, comprise a set of tools capable of promoting greater safety in the evaluation of the turbidity of the dialyzed peritoneal fluid, a more accurate analysis in its periodic levels and, mainly, the exchange of permanent information between patient and health professional, minimizing the delay in health decision making in the face of turbidity of the peritoneal fluid dialysed.

Keywords: Medical-Care Device, Turbidity Analysis, Assistive Technology, Peritoneal Dialysis.

# SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO</b> .....	<b>1</b>
1.1	CONTEXTUALIZAÇÃO .....	1
1.2	FORMULAÇÃO DO PROBLEMA .....	2
1.3	PROPOSTA DA PESQUISA .....	3
1.4	OBJETIVOS .....	4
1.5	JUSTIFICATIVA DA IMPORTÂNCIA DA PESQUISA .....	5
1.6	ORGANIZAÇÃO DO DOCUMENTO .....	7
<b>2</b>	<b>FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA</b> .....	<b>8</b>
2.1	CARACATERÍSTICAS, EPIDEMIOLOGIA E CLASSIFICAÇÃO DA INSUFICI- ÊNCIA RENAL .....	9
2.2	TIPOS DE TERAPIAS RENAIIS SUBSTITUTIVAS .....	11
2.3	O ESTADO DA ARTE EM ANÁLISES DE TURBIDEZ DE LÍQUIDOS .....	15
2.4	EQUIPAMENTOS MÉDICOS ASSISTENCIAIS.....	20
<b>3</b>	<b>MÉTODOS</b> .....	<b>23</b>
3.1	LEVANTAMENTO DE DADOS INICIAIS .....	23
3.2	ANÁLISES <i>in vitro</i> .....	27
3.2.1	EXPERIMENTOS COM O LÍQUIDO DE INFUSÃO PERITONEAL .....	27
3.2.2	EXPERIMENTOS COM PROTÓTIPO DE LEITURA POR EMISSÃO DE LUZ ....	30
3.3	ANÁLISES <i>in vivo</i> .....	32
3.3.1	PESQUISA DE CAMPO .....	32
3.3.2	ESTUDOS COM O LÍQUIDO PERITONEAL DIALISADO DO GRUPO DE PES- QUISA .....	36
<b>4</b>	<b>E-LUME - DISPOSITIVO DE ANÁLISE DA TURBIDEZ DO LÍQUIDO DIALISADO....</b>	<b>40</b>
4.1	DESCRIÇÃO .....	40
4.2	INTERFACE ELETRÔNICA .....	42
4.3	APLICATIVO E-LUMEAPP.....	47
4.4	UTILIZAÇÃO DO <i>E-LUME</i> NO CONTEXTO DA DIÁLISE PERITONEAL .....	50
<b>5</b>	<b>RESULTADOS</b> .....	<b>52</b>
5.1	RESULTADO DAS ANÁLISES ESTATÍSTICAS A PARTIR DA APLICAÇÃO DO QUESTIONÁRIO SOBRE QUALIDADE DE VIDA .....	52
5.2	RESULTADOS DOS TESTES COM O LÍQUIDO DE INFUSÃO PERITONEAL ...	53
5.3	RESULTADO DAS ANÁLISES DE TURBIDEZ DO LÍQUIDO DIALISADO DOS PARTICIPANTES.....	57

5.3.1	COMPARAÇÃO DOS RESULTADOS DAS ANÁLISES DO LÍQUIDO DIALISADO OBTIDOS PELO MÉTODO DE ESPECTROFOTOMETRIA E PELO PROTÓ- TIPO DE ANÁLISE DE TURBIDEZ .....	61
5.4	DISCUSSÕES .....	62
<b>6</b>	<b>CONCLUSÕES .....</b>	<b>72</b>
	<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....</b>	<b>74</b>
	<b>ANEXOS .....</b>	<b>80</b>
I.1	ENTREVISTA SOBRE O ATENDIMENTO AO PACIENTE RENAL EM DIÁLISE PERITONEAL .....	82
II.2	PARECER CONSUBSTANCIADO DO COMITÊ DE ÉTICA EM PESQUISA - CEP/FCE .....	85
III.3	TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO - TCLE .....	86

# LISTA DE FIGURAS

1.1	Atuação do equipamento médico assistencial a partir da identificação de marcadores negativos pela análise do líquido dialisado .....	4
2.1	Distribuição dos indivíduos com problemas renais no Brasil por região.....	8
2.2	Principais patologias indicadas como preponderantes em indivíduos com insuficiência renal.....	10
2.3	Procedimento da Hemodiálise.....	11
2.4	Indivíduo com problema renal com implante de um cateter na cavidade do peritônio, no abdômen.....	12
2.5	Etapas da Diálise Peritoneal Domiciliar com utilização de bolsas de infusão e drenagem .....	13
2.6	Diálise Peritoneal Domiciliar (DPA) com utilização da cicladora.....	14
2.7	Representação esquemática da técnica da turbidimetria. ....	17
2.8	Aparelho de análise de líquidos por espectrofotometria por Luz UV/Vis.....	19
2.9	Ciclo de vida das tecnologias em saúde.....	21
3.1	Demonstração gráfica da Lei de Snell. ....	28
3.2	Posicionamento da cubeta com amostra .....	29
3.3	Emissão do raio <i>laser</i> na amostra de líquido de infusão. ....	29
3.4	Protótipo do dispositivo de leitura por emissão de luz.....	30
3.5	Cateter implantado em um dos participantes da pesquisa.....	33
3.6	Participante da pesquisa de campo na maca.....	36
3.7	Procedimento de coleta da amostra do líquido peritoneal drenado. ....	36
3.8	Evolution 220, da Thermo Scientific.....	37
3.9	Cubetas contendo o líquido coletado dos indivíduos participantes da pesquisa. ....	37
3.10	Líquido de infusão peritoneal da Baxter. ....	38
3.11	Suporte metálico onde a cubeta com o analito é acondicionada .....	38
4.1	Desenho técnico do <i>E-LUME</i> .....	40
4.2	Protótipo funcional do E-LUME .....	41
4.3	Visão geral das ferramentas que compõe o <i>E-LUME</i> .....	42
4.4	Circuito eletrônico do E-LUME .....	43
4.5	Plataforma de desenvolvimento do aplicativo mobile <i>E-LumeApp</i> .....	47
4.6	Detalhe de uma função do <i>E-LumeApp</i> , definida com os blocos no <i>AppInventor</i> ....	48
4.7	Tela inicial do registro online dos dados dos indivíduos. ....	48
4.8	Relatório web com todos os registros da turbidez do líquido dialisado do indivíduo	49
4.9	Modelo relacional do armazenamento de dados do sistema.....	49

4.10	Diagrama representativo da interação entre o sistema e o profissional de saúde ou o próprio indivíduo.....	50
4.11	Diagrama da atuação do <i>E-LUME</i> na DP. ....	51
5.1	Espectro de absorvância do líquido de infusão utilizado na análise.....	55
5.2	Parâmetros definidos para leitura do líquido de infusão pelo espectrofotômetro .....	56
5.3	Gráfico com os valores de turbidez analisados pelo <i>E-LUME</i> obtidos das amostras de líquido de infusão peritoneal pigmentado em cores diversas.....	57
5.4	Gráfico do registro das absorvâncias das cinco coletas do participante 1.....	58
5.5	Gráfico do registro das absorvâncias das cinco coletas do participante 2.....	59
5.6	Gráfico do registro das absorvâncias das cinco coletas do participante 3.....	59
5.7	Gráfico do registro das absorvâncias das cinco coletas do participante 4.....	60
5.8	Gráfico do registro das absorvâncias das cinco coletas do participante 5.....	60
5.9	Gráfico do registro das absorvâncias totais das cinco coletas dos cinco indivíduos analisados.....	61
5.10	Gráfico compartilhado das análises do líquido dialisado .....	62

## LISTA DE TABELAS

2.1	Fases da insuficiência renal, IR, de acordo com o grau em que cada indivíduo se encontra e as condições da filtração glomerular, que indica o nível de comprometimento dos rins. ....	9
2.2	Divisão arbitrária da do espectro eletromagnético ou de frequências.....	18
3.1	Distribuição dos <i>scores</i> calculados a partir das respostas ao questionário SF-36. As células destacadas em azul indicam os indivíduos entrevistados pela rede social. Células em amarelo indicam os indivíduos em diálise ambulatorial.....	27
3.2	Valores de transmitância utilizados como referência no ensaio realizado no protótipo para análise da turbidez do líquido de infusão peritoneal .....	31
5.1	Tabela esperada após o cálculo dos scores máximos e mínimos, elaborada a partir da tabela de cálculo dos scores totais da pesquisa de qualidade de vida em saúde aplicada na pesquisa (Formulário SF-36).....	52
5.2	Teste t: duas amostras presumindo variâncias diferentes .....	53
5.3	Resultados obtidos a partir da leitura da absorbância do líquido dialisado dos cinco indivíduos participantes da pesquisa, a partir dos valores constantes da estatística de regressão de cinco coletas individuais .....	56
5.4	Condições avалиadas para a qualidade de vida de indivíduos em diálise peritoneal considerando a condição da presença de diabetes. ....	64

## LISTA DE SIGLAS

## Siglas

ANVISA	Agência Nacional de Vigilância Sanitária
AIDS	<i>acquired immunodeficiency syndrome</i> (Síndrome da Imunodeficiência Humana Adquirida)
CBTA	Comitê Brasileiro de Tecnologia Assistiva
DR	Doença Renal
DP	Diálise Peritoneal
DM	Diabetes Mellitus
ECG	Eletrocardiograma
EMA	Equipamento Médico Assistencial
FAO	<i>Food and Agriculture Organization</i> (Organização das Nações Unidas para Alimentação e Agricultura)
GPS	<i>Global Position System</i> (Sistema de Posicionamento Global)
GSM	<i>Group Special Mobile</i> (Grupo Móvel Especial)
HIV	<i>Human Immunodeficiency Virus</i> (Vírus da imunodeficiência humana)
HRG	Hospital Regional do Gama
HAS	Hipertensão Arterial Sistêmica
HD	Hemodiálise
IRC	Insuficiência Renal Crônica
IRA	Insuficiência Renal Aguda
IR	Insuficiência Renal
IECA	Inibidores de Enzima Conversora de Angiotensina
LED	<i>Light Emitting Diode</i> (Diodo Emissor de Luz)
LDR	<i>Light Dependent Resistor</i> (Resistor Dependente de Luz)
ONG	Organização Não Governamental
ONU	Organização das Nações Unidas
PDA	<i>Personal Digital Assistant</i> (Assistente Pessoal Digital)
QVRS	Qualidade de Vida Relacionada a Saúde
SUS	Sistema Único de Saúde
SMS	<i>Short Message Service</i> (Serviço de Mensagens Curtas)
TA	Tecnologia Assistiva
TI	Tecnologia da Informação
TFG	Taxa de Filtração Glomerular
TRS	Terapias Renais Substitutivas
UDPRS	<i>Unified Parkinson Disease Rating Scale</i> (Escala Unificada de Classificação da Doença de Parkinson)
UV	Ultra violeta
VIS	Visível
3G	<i>Third Generation</i> (Terceira Geração)
4G	<i>Fourth Generation</i> (Quarta Geração)

# 1 INTRODUÇÃO

## 1.1 CONTEXTUALIZAÇÃO

A Insuficiência Renal (IR) é uma condição de saúde em que os rins não conseguem filtrar adequadamente o sangue, cujos sintomas podem se manifestar por meio da pressão arterial alta, fraqueza constante, dificuldade de urinar, dor lombar ou histórico de pedra nos rins, (NUNES *et al.*, 2010). Como consequência da IR, várias substâncias nocivas não são eliminadas do organismo, devido à queda da Taxa de Filtração Glomerular (TGF) (DUTRA *et al.*, 2014), o que acaba prejudicando o equilíbrio metabólico de proteínas, o equilíbrio hormonal e hidroeletrolítico do corpo.

A fragilidade e vulnerabilidade também são características presentes nos indivíduos com problemas renais, (MANSUR; DAMASCENO; BASTOS, 2012), o que reflete diretamente na sua qualidade de vida. As fragilidades podem ser de caráter físico, como cansaço extremo, indisposição para realizar atividades rotineiras, ou por fatores psicológicos como a sensação de discriminação, até mesmo por pessoas da própria família. A doença também impõe aos indivíduos com problemas renais limitações que impedem a realização de tarefas comuns e necessárias a todo ser humano como os estudos, o trabalho e o lazer. São limitações que podem afetar o desenvolvimento da pessoa, principalmente crianças e adolescentes com doença renal, em plena fase de desenvolvimento físico, intelectual e social (PENNAFORT; QUEIROZ; JORGE, 2012).

O atendimento ao portador de Insuficiência Renal está entre os principais desafios das políticas de saúde ao redor do mundo, não só pelas consequências geradas ao indivíduo com problema renal nessa condição, mas, também, em razão de outros quadros clínicos preocupantes. Somente no Brasil, de acordo com a Sociedade Brasileira de Nefrologia (SBN), um número crescente de indivíduos dependem de atendimento nos centros de diálise. Esse número tem crescido a uma taxa de aproximadamente 9% ao ano, com 89% dos indivíduos dependentes de atendimento pelo Sistema Único de Saúde - SUS (IOLA; ANDRADE, 2012), situação indicada no último senso da SBN, realizado em 2014.

Ainda que as políticas de saúde voltadas às Terapias Renais Substitutivas (TRS) careçam de maiores investimentos, as taxas de mortalidade e sobrevida dos brasileiros com problemas renais é muito semelhante às registradas em países desenvolvidos (LÚCIA *et al.*, 2012). Esse dado demonstra que o Brasil segue os padrões mundiais no tocante às TRS mais utilizadas, como a Hemodiálise (HD) e a Diálise Peritoneal (DP).

O papel de pesquisas como a do presente trabalho, além de propor melhorias e inovações que contribuam com as terapias renais substitutivas, é atuar também na agregação de inovações para melhorar a qualidade do atendimento aos indivíduos com insuficiência renal. Mais especificamente, a inovação tecnológica proposta nesse trabalho refere-se à Diálise Peritoneal em

decorrência de que a sua realização pode ocorrer de forma menos dependente de um centro de saúde.

A inovação tecnológica desenvolvida nessa pesquisa não tem nenhuma interferência direta nas ações próprias da terapia. A intenção do estudo é o desenvolvimento de um Equipamento Médico-Assistencial (EMA) para analisar a condição do líquido peritoneal dialisado, resultante da terapia Diálise Peritoneal, denominado *Eletronic Luminance* (E-LUME). A consequência do uso desse equipamento é o monitoramento *just in time* da turbidez do líquido dialisado. A turbidez do líquido pode apresentar sinais de que a pessoa pode estar com algum problema, como infecções, por exemplo (VILLAR; ANDRADE, 2010). Não foram encontradas durante a produção desse trabalho nenhuma pesquisa semelhante com esse tipo de análise aplicadas à HD ou à DP, embora hajam equipamentos com características parecidas como o proposto nesse trabalho, mas com objetivos e aplicabilidade diversa (WEBER-SHIRK, 2014; MARTINS, 2012).

A qualidade de vida também é um aspecto importante em todas as intervenções de saúde, pois garante ao indivíduo, (DUTRA *et al.*, 2014), além de uma maior interatividade social, um poderoso auxílio na manutenção positiva de sua condição clínica. Para a avaliação dos aspectos relevantes ao estudo, considerando-se a proposição de um sistema de auxílio aos indivíduos em diálise peritoneal, é importante avaliar alguns aspectos sobre as variáveis Capacidade Funcional e Saúde Mental desses indivíduos, (SILVA *et al.*, 2016b) por meio da aplicação de questionários como o SF-36. Essa ferramenta não se destina necessariamente ao tipo de percepção aplicada nessa pesquisa, mas a observação dos seus scores podem contribuir no desenvolvimento adequado de um dispositivo médico-assistencial face aos níveis funcionais dos indivíduos.

## 1.2 FORMULAÇÃO DO PROBLEMA

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

No sistema público de atendimento ao indivíduo com problema renal, algumas fragilidades e fatores de saída da DP puderam ser observados. Na unidade de Diálise Peritoneal do Hospital Regional do Gama, por exemplo, mesmo possuindo recursos e equipe preparada para prestar um bom atendimento, o número de pessoas em regime de internação parcial tem se mantido constante, com poucos casos de liberação para o regime domiciliar e grande número de retorno ao regime mais rigoroso.

Ainda que pareça um cenário positivo, muitos dos indivíduos em regime de DP domiciliar retornam ao hospital, normalmente em estado de saúde mais precário do que quando foram libe-

rados para o regime de DP domiciliar. Essa situação, geralmente, decorre da falta de observação das recomendações e de fatores como dieta desbalanceada, higiene precária, com risco de infecções e, principalmente, na dificuldade de monitoramento das condições do líquido dialisado, que é um dos principais indicadores de que a terapia não está sendo efetiva na manutenção da função residual dos rins. Fatores sociais como pobreza extrema e falta de apoio familiar também são responsáveis por esse quadro.

Em alguns casos, os indivíduos com problemas renais precisam ser retirados do programa de Diálise Peritoneal e encaminhados de volta à Hemodiálise. Percebeu-se que, muitas vezes, as dificuldades do próprio paciente ou familiar, sejam cognitivas, físicas, psicológicas ou sociais, contribuem para seu retorno ao centro de diálise. Em outras situações, o próprio cuidador não tem condições de dar o apoio necessário à pessoa.

Dessa forma, desenha-se um cenário onde a avaliação de determinados marcadores negativos dependem, então, da presença constante do enfermeiro ou da capacidade do indivíduo e seu cuidador em perceberem alguma anormalidade em seu estado clínico e informar esses sintomas ao médico. Um exemplo muito comum é a capacidade de perceber que o líquido dialisado apresenta aspecto turvo.

Durante o treinamento ao indivíduo com problema renal na realização da diálise peritoneal, ou seu cuidador, são dadas orientações de como avaliar visualmente a transparência do líquido dialisado e informar de imediato o centro de saúde caso exista alguma anormalidade, como a turbidez. Assim, há que se questionar até que ponto o próprio indivíduo com problema renal ou seu cuidador, mesmo treinados, têm condições plenas de avaliar se o líquido está ou não turvo.

Essa dificuldade na avaliação do líquido dialisado, em relação à sua turbidez, pode ser amenizada com o uso de um dispositivo especificamente desenvolvido para a essa finalidade.

### **1.3 PROPOSTA DA PESQUISA**

Como solução para o *gap* existente entre a avaliação do líquido dialisado, resultados de exames confirmatórios e a tomada de decisão sobre o tipo de profilaxia adequada para garantir a manutenção do indivíduo com problema renal na Diálise Peritoneal, a presente pesquisa propõe o desenvolvimento de um Equipamento Médico-Assistencial (EMA), para leitura, análise e registro contínuo da turbidez do líquido peritoneal. O dispositivo proposto não interferirá na terapia e nem substituirá o médico nos diagnósticos a respeito do dialisado. Não haverá qualquer modificação na rotina do indivíduo na diálise peritoneal.

O dispositivo médico-assistencial terá um caráter auxiliar, e permitirá que o médico acompanhe as alterações da turbidez do líquido dialisado, contribuindo para uma rápida tomada de decisão, no caso de alterações nessa característica do líquido. Trata-se de uma ferramenta que automatiza e facilita o monitoramento do aspecto visual do líquido dialisado. Seu desenvolvimento será baseado nas premissas e fundamentação a respeito da tecnologia *m-Health*.

O lapso temporal entre a solicitação da realização de exames do dialisado, quando seu aspecto é duvidoso, pode prejudicar a adoção de medidas para reverter ou combater problemas de infecções ou de outros agentes biológicos que podem estar associados a alteração no aspecto do líquido dialisado, ou sua turbidez. A Figura 1.1 demonstra que o Dispositivo Médico Assistencial terá um papel importante no auxílio à tomada de decisões da equipe de saúde.



Figura 1.1: Atuação do equipamento médico assistencial a partir da identificação de marcadores negativos pela análise do líquido dialisado

Fonte: Pesquisador.

Para que o dispositivo médico-assistencial possa atuar de forma eficiente, a pesquisa pretende adaptar o uso de métodos de análises comuns nas análises químicas, por emissão de luz visível, baseados na transmitância e absorvância. Essas técnicas já são consagradas nas análises laboratoriais atuais com o uso de espectrofotômetros, nefelômetros e turbidímetros. No caso da diálise peritoneal, não existe nenhuma técnica específica ou equipamento desenvolvido para análises no líquido dialisado peritoneal que utilize tais dispositivos ou técnicas a eles associadas.

## 1.4 OBJETIVOS

### Objetivo Geral

Desenvolver um equipamento médico-assistencial que permitirá ao profissional de saúde, indivíduo com problema renal ou cuidador, além da análise da turbidez do dialisado, o registro de suas alterações e o monitoramento das informações sobre a condição clínica do indivíduo com problema renal, por meio do acesso *Web* e aplicativo *Android*.

### Objetivos Específicos e Desfecho Primário

- Identificar a turbidez do líquido peritoneal dialisado por meio da absorvância da luz emitida por um *LED*;

- Adaptar métodos de análises químicas a um algoritmo adaptando a um equipamento portátil de fácil utilização;
- Melhorar a comunicação entre o indivíduo com problema renal e profissional de saúde quanto às informações sobre sua condição fisiológica a partir de registros diários da turbidez de forma eletrônica;
- Contribuir no aumento do auto-cuidado dos indivíduos com problemas renais, submetidos à diálise peritoneal, via sistema interativo e colaborativo, para dinamizar as tomadas de decisão em saúde;
- Verificar a capacidade funcional e as limitações dos indivíduos no uso de um dispositivo médico-assistencial, consignadas pela adaptação dos escores das variáveis correspondentes a esses quesitos presentes no formulário de avaliação da qualidade de vida.

Os questionamentos da pesquisa são, portanto: Qual o benefício do uso contínuo de um equipamento médico-assistencial para análise da turbidez do líquido peritoneal dialisado, em contraponto à realização de exames laboratoriais de rotina com a mesma finalidade e, quais as consequências positivas para a melhorar a tomada de decisão em saúde em benefício do indivíduo com problema renal inserido na terapia Diálise Peritoneal?

## 1.5 JUSTIFICATIVA DA IMPORTÂNCIA DA PESQUISA

A relevância desse trabalho pode ser pautada pelos seguintes aspectos: tecnológico, rapidez na tomada de decisões em saúde e assistência personalizada aos indivíduos dialisados. O primeiro aspecto insere-se na própria razão de ser da engenharia biomédica que utiliza princípios da engenharia eletrônica, elétrica, química e outras, para compreender, controlar, modificar ou desenvolver sistemas que podem apoiar as técnicas e procedimentos da área da saúde humana (PEREIRA, 2008).

Em outra vertente, esse trabalho pretende ser colaborativo no aspecto da rapidez da tomada de decisões em saúde. Nos dias de hoje, nada justifica que indivíduos com problemas renais em Diálise Peritoneal acabem pagando o preço da demora em diagnósticos médicos, frente a tantas possibilidades de troca de informação e compartilhamento de espertizes entre profissionais de saúde. As novas tecnologias em informação e comunicação trazem enormes possibilidades para que médicos, enfermeiros ou auxiliares de saúde possam rapidamente dar respostas aos pacientes contribuindo para que o tratamento ora empregado seja mais eficiente.

Esta pesquisa apresenta uma nova abordagem na interação entre indivíduos com problemas renais em Diálise Peritoneal, profissional da saúde e o uso de tecnologia *m-Health* no contexto dos cuidados na terapia diálise peritoneal. Se a premissa básica da diálise peritoneal é manter o paciente pelo maior tempo possível na terapia, mantendo suas funções renais residuais, a atuação do sistema *m-Health* para monitoramento e análise da turbidez do líquido dialisado pode colaborar

na medida em que disponibiliza uma ferramenta mais precisa na identificação de anormalidades, de forma automatizada e rápida, capaz de dar maior segurança ao paciente em diálise peritoneal domiciliar na avaliação do seu dialisado.

A recomendação médica diálise peritoneal para monitoramento do líquido dialisado, pelo próprio paciente, é que a avaliação do líquido se dê pela sobreposição da bolsa coletora do líquido drenado sobre outra bolsa, ou sobre uma superfície onde se permita ver sem maiores dificuldades o que está do lado oposto ao líquido, como um texto por exemplo. É uma metodologia muito primária, que, mesmo realizada pelo médico ou enfermeiro, conta com a acurácia visual do avaliador.

No caso da avaliação do aspecto do líquido dialisado ser realizada pelo próprio paciente, fica ainda mais frágil a eficiência desse método, não só por fatores cognitivos como também por outras questões de caráter físico do paciente. Um paciente renal com deficiência visual, por exemplo, jamais teria condições de avaliar seu líquido peritoneal dialisado. Até mesmo com o auxílio de um cuidador essa análise pode ser questionável.

Em verdade, o procedimento de verificação do dialisado muitas vezes nem é realizado pelo profissional de saúde. Alguns centros de diálise não utilizam as bolsas coletoras. Todo o processo de infusão e drenagem é automatizado, com o uso da cicladora, e o descarte do líquido dialisado é feito diretamente na rede de coleta de esgoto. Nesse último caso, a não ser que seja coletada uma amostra para posterior envio a um laboratório, nem mesmo a análise do líquido é realizada.

Evidentemente, para uma análise mais precisa e sem a incidência de fatores que possam contribuir para o erro de avaliação, existem análises laboratoriais que podem ser utilizadas para avaliar se existe algum problema relacionado ao líquido dialisado. O médico, em alguns casos, solicita um exame laboratorial, onde se coleta uma amostra do líquido drenado e se faz a análise por métodos científicos.

A metodologia mais comum empregada nesses casos é por meio da análise do espectro de absorção, utilizando equipamentos como espectrofotômetros. No entanto, tais aparelhos, são caros, com valores na ordem de \$15.000 Dólares Americanos, em média. Além disso a operação dessas máquinas carece de um químico ou profissional especificamente treinado. Esse cenário é bem diferente do que se vê hoje na maioria dos centros públicos de diálise, muitas vezes carentes até mesmo do material básico para atender um número cada vez mais crescente de pacientes. Em casos pontuais, algumas clínicas e centros de diálise recorrem a exames externos, realizados por diversos laboratórios que possuem a tecnologia necessária para a realização de exames.

Tanto pelo alto custo quanto pela complexidade da operação, os equipamentos para análises laboratoriais não estão presentes no dia a dia de um hospital público ou clínica que atenda pelo Sistema Único de Saúde - SUS, o que torna a perspectiva de disponibilidade de um sistema barato, acessível e de fácil utilização bastante interessante.

Como solução para amenizar os custos na realização dessas análises, este projeto propõe um Equipamento Médico-Assistencial com concepção eletrônica, *software* e utilização muito acessí-

veis, inclusive pelos próprios pacientes. Em outras palavras, o projeto vai permitir que um leigo utilize o sistema sem maiores dificuldades, já que ele se utiliza recursos que nos dias de hoje são muitos comuns para a maioria das pessoas: um *Gadget*<sup>1</sup> e um *smartphone* conectado à Internet.

A contribuição do sistema proposto na pesquisa é auxiliar na avaliação da turbidez do líquido dialisado. Além de realizar uma análise rápida e não invasiva, o sistema permitirá a coleta de informações do quadro clínico do paciente, como algum tipo de sintoma. Isso propiciará ao médico a tomada de decisão antecipada, sem a necessidade de solicitar exames laboratoriais, uma vez que o registro da avaliação do líquido, a cada sessão de diálise peritoneal, será enviado a uma base de dados *just in time*, mantendo sempre atualizado um prontuário eletrônico *online* do paciente.

## 1.6 ORGANIZAÇÃO DO DOCUMENTO

Para melhor compreensão, este trabalho está organizado da seguinte forma: o Capítulo 2 apresenta a fundamentação teórica sobre a doença renal e suas características. Na seção 2.3 são relatadas as principais técnicas de análises por incidência luminosa aplicadas nas diferentes áreas da química como a Turbidimetria e Absorbância Luminosa, que deram embasamento para o desenvolvimento e aplicabilidade dessa pesquisa. Finalizando o capítulo, uma breve fundamentação sobre equipamentos médicos-assistenciais, Seção 2.4. O Capítulo 3, apresenta toda a metodologia utilizada na pesquisa com o objetivo de entender e determinar o grupo de pesquisa e suas características, bem como as análises e experimentos realizados. As referências dos valores de leitura do líquido dialisado e a aplicação das equações matemáticas e métodos de análises mais indicados nesse tipo de averiguação estão na Seção 3.2. O Capítulo 4 apresenta e descreve o dispositivo eletrônico objeto de desenvolvimento da pesquisa, assim como os seus recursos adicionais. Os resultados e discussão da pesquisa podem ser consultados no Capítulo 5.

---

<sup>1</sup>Equipamento que tem um propósito específico,prático e útil. Comumente relacionado a dispositivos eletrônicos portáteis. Fonte: Enciclopédia Livre - Wikipédia. <https://pt.wikipedia.org/wiki/Gadget>

## 2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

A Insuficiência Renal (IR) é um problema de saúde mundial e exige ações e políticas públicas em saúde, especiais. Somente no Brasil o número de indivíduos com problemas renais cresceu nos últimos anos (SESSO *et al.*, 2016), em decorrência de uma série de outros problemas de saúde. Entre os fatores originários da IR a *Diabetes Mellitus* representa cerca de 29% dos casos, além da hipertensão arterial e outras doenças, (ANDRADE *et al.*, 2011).

O senso da Sociedade Brasileira de Nefrologia (SBN,2014), revela que o Brasil dispõe de mais de 700 unidades de diálise distribuídas por todas as regiões do país. Observa-se pelos dados do senso, Figura 2.1, que a região Sudeste concentra o maior número de atendimentos nos quatro anos analisados pelo levantamento. Santos *et al.*, (2011), afirmam que além do envelhecimento da população, as mudanças de hábitos, a industrialização e a urbanização têm contribuído consideravelmente no aumento de doenças crônico-degenerativas, como é o caso da IR (ROBERTO; Sansigolo Kerr Pontes, 2007).

O objetivo do senso da SBN é coletar informações dos vários centros de diálise espalhados pelo Brasil, principalmente para obter dados epidemiológicos. Essas informações têm importância fundamental na interlocução com as políticas governamentais voltadas ao atendimento dos doentes renais em todo o país.

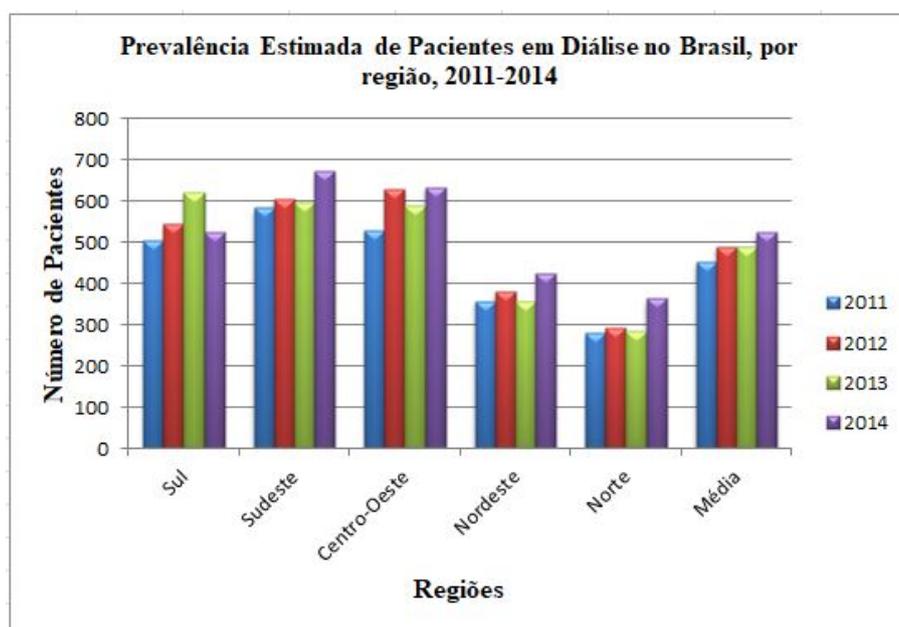


Figura 2.1: Distribuição dos indivíduos com problemas renais no Brasil por região (Fonte: Adaptado de (SESSO *et al.*, 2016).)

Por constituir um grave problema de saúde no Brasil, as políticas de atendimento à doença renal carecem de investimentos públicos que permitam o acesso de um número cada vez mais crescente de indivíduos com problemas renais. Esses gastos giram em torno de 8% ao ano, com

um montante de aproximadamente 1,4 bilhões de Reais (JUNIOR, 2004).

É uma doença silenciosa que atinge homens, mulheres e crianças e, segundo a SBN, 70% dos indivíduos com problemas renais não tinham consciência que apresentavam algum dos cinco estágios da doença, o que muitas das vezes representa um dificultador no seu tratamento, elevando o número de casos cuja solução definitiva é somente o transplante de rins (SAÚDE, 2014).

## 2.1 CARACATERÍSTICAS, EPIDEMIOLOGIA E CLASSIFICAÇÃO DA INSUFICIÊNCIA RENAL

Alguns estudos sobre a IR revelam que tem crescido o número de indivíduos com problemas renais com essa condição, numa proporção de um em cada dez adultos (SILVA *et al.*, 2016a). O surgimento da enfermidade dá-se, muitas vezes, pela falta de políticas de saúde ou do atendimento precoce ao indivíduo com problema renal, aliada à falta de informações e programas de saúde voltados ao esclarecimento da população, em especial os que se encontrem nos estágios iniciais da doença.

A realidade brasileira em relação aos serviços públicos de saúde ainda é um grande desafio para as autoridades. Em relação ao tratamento renal, o Sistema Único de Saúde (SUS) é responsável por uma grande porcentagem do financiamento desta terapia (IOLA; ANDRADE, 2012), uma quantidade de doentes renais crescente a cada ano.

Para efeitos epidemiológicos a doença renal pode ser caracterizada por seis fases. Essas fases demonstram a importância do acompanhamento do indivíduo com problema renal, mesmo para aqueles cuja doença ainda não representa um risco. A Tabela 2.1 lista essas fases de acordo com o grau de insuficiência renal do indivíduo.

Tabela 2.1: Fases da insuficiência renal, IR, de acordo com o grau em que cada indivíduo se encontra e as condições da filtração glomerular, que indica o nível de comprometimento dos rins.

Fase da Insuficiência Renal	Filtração Glomerular	Sintomas
Sem lesão	Normal	Não há
Normal com lesão	Acima de 90 ml/min/1,73m <sup>3</sup>	Não há
Insuficiência leve	Entre 60 e 89 ml/min/1,73m <sup>3</sup>	Difícil detecção
Moderada ou laboratorial	Entre 39 e 59 ml/min/1,73m <sup>3</sup>	Hipertensão, diabetes mellitus
Clínica ou severa	Entre 15 e 29 ml/min/1,73m <sup>3</sup>	Anemia, Hipertensão, Fraqueza
Terminal ou dialítica	Inferior a 15 ml/min/1,73m <sup>3</sup>	Quadro sintomático severo

Fonte: Adaptado de Junior *et al.*, 2004.

A fase de normalidade da função renal corresponde a capacidade dos rins de realizar a filtração glomerular (BEZERRA; SANTOS, 2008). O cálculo da capacidade de filtração nos vários estágios da doença renal pela equação conhecida como *Chronic Kidney Disease Epidemiology Collaboration*, tem sido indicada por uma vasta revisão sistemática como a mais adequada para essa avaliação (DUTRA *et al.*, 2014).

Hain *et al.*, (2013), alertam que indivíduos portadores de *Diabetes Mellitus* e Hipertensão Arterial Sistêmica (HAS) ou com história familiar de DRC, apresentam risco elevado para o desenvolvimento de insuficiência renal. O risco de desenvolvimento de nefropatia em indivíduos com problemas renais com diabetes tipo 1 é em torno de 30%; e nos indivíduos com diabetes tipo 2, de 20% (HAIN, 2013).

No Brasil, dos 2.467,812 indivíduos com diagnóstico HAS e/ou DM cadastrados no Programa HiperDia do Ministério da Saúde, em 29 de março de 2004, a frequência de doenças renais foi de 6,63% (175,227 casos). Constituem indivíduos com risco médio de contrair doença renal crônica os adultos com idade superior a 60 anos, as crianças com idade inferior a 5 anos, as gestantes, e os indivíduos com quadro de infecções do trato urinário de repetição, litíase e uropatias (LÚCIA *et al.*, 2012).

De acordo com os dados levantados pela SBN, 44% do total de indivíduos acometidos por insuficiência renal, de um total de 36 mil indivíduos, foram acometidos da doença em virtude da *Diabetes Mellitus* (SESSO *et al.*, 2016), o que pode indicar um fator preponderante na causa da insuficiência renal crônica.

Além da diabetes, outro fator que merece atenção é em relação ao número de indivíduos acometidos por nefropatia hipertensiva, 35%, como pode ser observado no levantamento da SBN. Esses dados podem ser melhor observados no gráfico demonstrado na Figura 2.2.

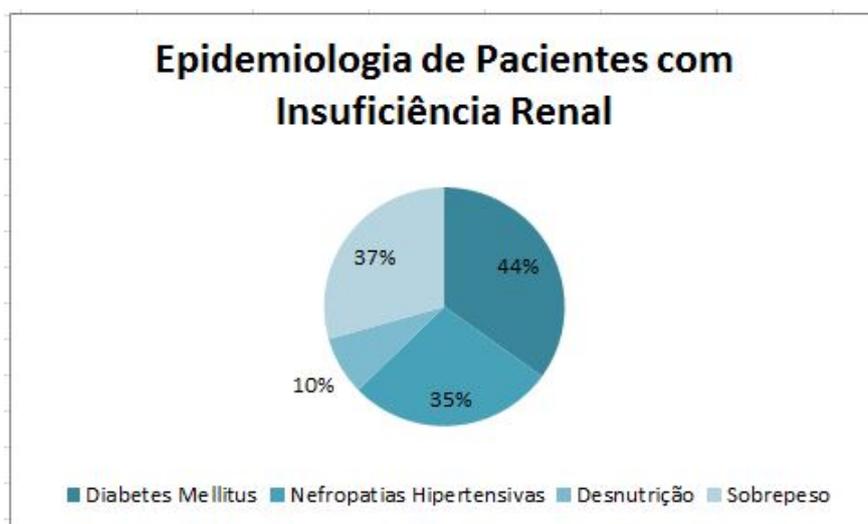


Figura 2.2: Principais patologias indicadas como preponderantes em indivíduos com insuficiência renal. Embora não conclusivos, os estudos indicam que alguns indicadores, como os da diabetes e hipertensão correspondem a um grande número de casos. (Fonte: Adaptado de Sesso *et al.*, 2016).

O tratamento da doença renal, portanto, requer um trabalho que envolve uma grande equipe de profissionais, em decorrência das limitações físicas e também psicológicas do indivíduo. Além dos nefrologistas e enfermeiros, é muito comum a participação de psicólogos durante a terapia, como forma de prevenir maiores complicações, contornar comorbidades e dar maior qualidade de vida aos indivíduos (LÚCIA *et al.*, 2012).

## 2.2 TIPOS DE TERAPIAS RENAIS SUBSTITUTIVAS

Como alternativa para a sobrevivência dos indivíduos com IR, o sistema público de saúde oferece as terapias renais substitutivas Hemodiálise e a Diálise Peritoneal. Essas terapias possuem características próprias e sua indicação depende de uma série de avaliações que precisam ser previamente realizadas pelo médico nefrologista.

O Ministério da Saúde tem adotado ações no sentido de promover e intensificar a educação focada nos cuidados com a saúde e na redução de internações por diabetes, hipertensão e outras patologias diretamente ligadas aos casos de insuficiência renal.

O Brasil encontra-se, em relação ao *ranking* dos maiores programas em diálise do mundo, em quarto lugar. Apenas é superado pelo Japão, Estados Unidos e Alemanha. Conforme a SBN, em relação aos transplantes renais, o Brasil alcançou em 2000 o segundo lugar em número de transplantes, ficando atrás apenas dos Estados Unidos.

### Hemodiálise

A Hemodiálise é a terapia renal substitutiva com maior número de indivíduos atendidos no mundo. Ela exige um longo período de tratamento, normalmente realizado em ambiente hospitalar, por meio de um equipamento dializador. Nesse tratamento, é realizada a filtragem do sangue do indivíduo para remoção de toxinas.

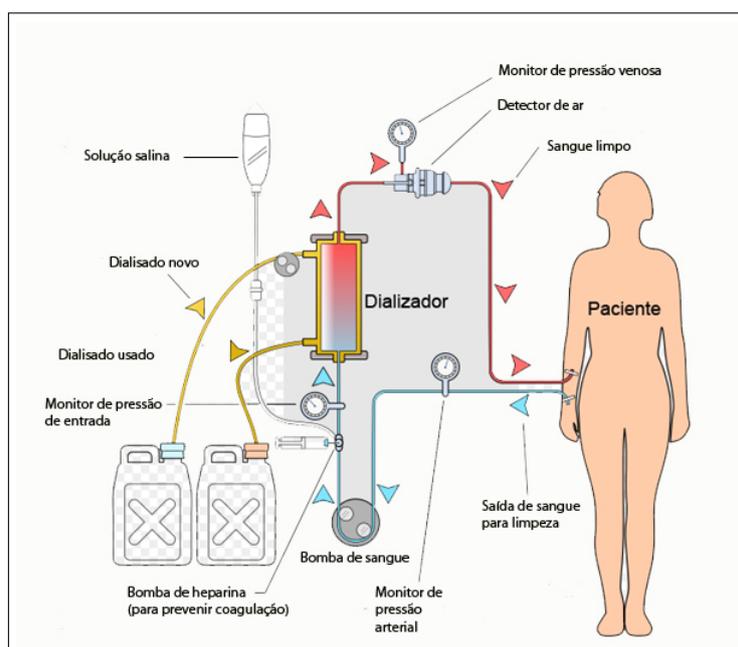


Figura 2.3: Procedimento da Hemodiálise

O indivíduo com problema renal é conectado por meio de um acesso vascular a uma máquina de diálise, que filtra o sangue e o devolve ao corpo do indivíduo ao final do ciclo de hemofiltração. (Fonte: adaptado de Wikipédia. <https://es.wikipedia.org/wiki/Hemodialisis>)

Na Hemodiálise, o indivíduo é conectado à máquina de diálise, por meio de um acesso vascular, por um cateter ou fibra arteriovenosa, como demonstrado na Figura 2.3. O equipamento

possui um bomba que impulsiona o sangue até o filtro de diálise. Os indivíduos indicados para ingresso nessa terapia são aqueles que apresentam insuficiência renal aguda ou crônica graves, após indicação do médico nefrologista. Uma bateria de exames são necessárias para avaliar as condições do indivíduo.

Esse período de perturbação pode ser prolongado por meses, inclusive com hospitalizações de pelo menos um mês ao longo do ano (PENNAFORT; QUEIROZ; JORGE, 2012). Essa condição traz diversas implicações ao indivíduo, especialmente para crianças e adolescentes, prejudicando sua formação, desenvolvimento físico, emocional e intelectual.

Nos adultos, as implicações decorrentes da hemodiálise prejudicam a realização de atividades relacionadas ao trabalho e independência da pessoa, distanciando-a do seu convívio familiar e social (ANDRADE *et al.*, 2011).

### **Diálise Peritoneal**

A Diálise Peritoneal (DP), é uma importante terapia para a manutenção da função residual dos rins e para a sobrevivência de indivíduos com insuficiência renal. Os primeiros experimentos com essa terapia têm registro na década de 20, nos Estados Unidos da América (CULLIS *et al.*, 2014).

A elegibilidade para o tratamento leva em conta diversos fatores relacionados às condições fisiológicas do indivíduo, como a existência de alguns marcadores negativos que podem comprometer a realização da terapia. Depois de avaliado, o indivíduo com problema renal é submetido a uma pequena cirurgia onde é implantado um cateter no seu abdômen, Figura 2.4.

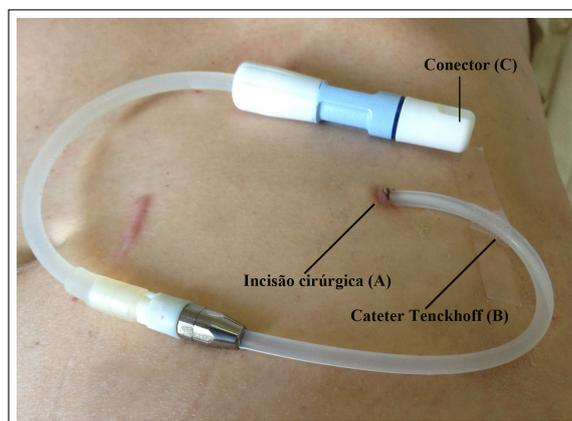


Figura 2.4: Indivíduo com problema renal com implante de um cateter na cavidade do peritônio, no abdômen

Esse procedimento é realizado por meio de uma pequena cirurgia (A), após avaliação do médico nefrologista sobre as condições favoráveis do indivíduo para submissão à diálise peritoneal. Um cateter flexível (B) é implantado no peritônio. Para a realização da diálise peritoneal, o indivíduo utiliza o conector (C) para conectar a bolsa de drenagem/infusão (Fonte: Adaptado do Blog da Diálise. <http://www.blogdadialise.com.br>).

A adoção da DP tem crescido principalmente em países em desenvolvimento, a exemplo do Brasil. Por outro lado, a Hemodiálise é preferida em países desenvolvidos (ABRAHAM *et al.*, 2015). A justificativa está nos altos custos necessários para a manutenção da Hemodiálise.

A Diálise Peritoneal é uma terapia tão eficiente quanto a HD e que não depende exclusivamente de um centro de diálise para ser realizada. Regiões em que o deslocamento e a mobilidade da população aos centros de diálise é mais difícil (ribeirinhos, populações indígenas, moradores de zonas rurais) são as mais indicadas para adoção da DP como terapia. A Diálise Peritoneal também possui a vantagem de não interferir muito na vida produtiva e social do indivíduo. O doente renal em diálise peritoneal pode manter sua rotina diária com poucas limitações.

Além de ser mais confortável e menos traumática, a Diálise peritoneal não exige o deslocamento diário do indivíduo a uma clínica ou hospital. A DP pode ser realizada tanto na modalidade ambulatorial quanto na modalidade domiciliar (ARENAS *et al.*, 2009).

Um líquido de diálise composto por glicose, cloreto de sódio, lactatos e água para diálise, é inserido na cavidade abdominal do indivíduo e permanece ali por um período entre 30 minutos a 1 hora, dependendo da quantidade indicada. O processo pode ser feito com a utilização de bolsas, Figura 2.5, uma contendo o líquido de infusão e outra para a drenagem depois da filtração peritoneal.

Na DP, a filtração das substâncias tóxicas presentes no sangue é feita pela Membrana Peritoneal<sup>1</sup> e o líquido dialisado é então drenado para fora do abdômen do indivíduo. Esse processo se repete durante alguns períodos diariamente (ABRAHAM *et al.*, 2015).

A solução de diálise é submetida a um processo natural de filtração no interior da cavidade abdominal, que resulta no líquido dialisado. Este líquido é expelido por gravidade ou mecanicamente. O dialisado é recolhido numa segunda bolsa ou drenado diretamente para o descarte (MARTÍNEZ; BRAGÓS, 2005).

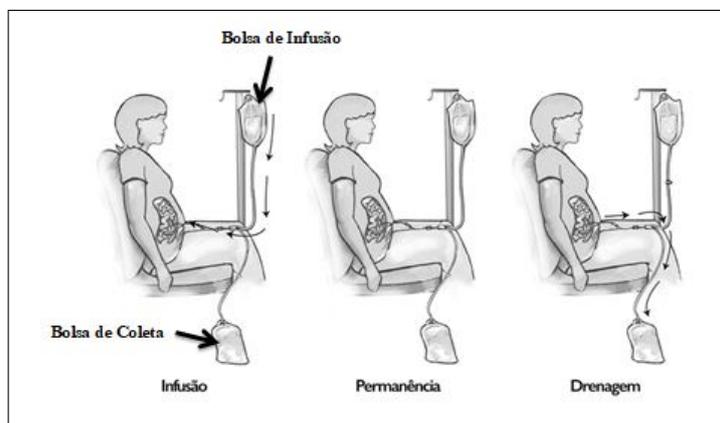


Figura 2.5: Etapas da Diálise Peritoneal Domiciliar com utilização de bolsas de infusão e drenagem (Fonte: <http://saudeexperts.com.br/wp-content/uploads/2015/05/dialise-peritoneal.jpg>).

Além da realização da terapia manualmente, a DP pode ser automatizada com o uso de um equipamento conhecido como cicladora (DPA), Figura 2.6.

Trata-se de uma máquina que realiza todo o processo, com intervalos programados no próprio

<sup>1</sup>Revestimento das vísceras que forra o interior da cavidade abdominal. Fonte: Anatomia do Corpo Humano. Disponível em <http://www.anatomiadocorpo.com/sistema-digestorio-aparelho-digestivo/estomago/peritonio/>

equipamento. O indivíduo faz as conexões das bolsas de entrada do líquido dialisador e da bolsa coletora do dialisado. A cicladora realiza o processo de infusão e drenagem automaticamente.

O indivíduo com o uso da DPA, pode realizar o procedimento durante o período de repouso noturno, tendo o cuidado apenas no posicionamento dos cateteres para evitar obstruções.

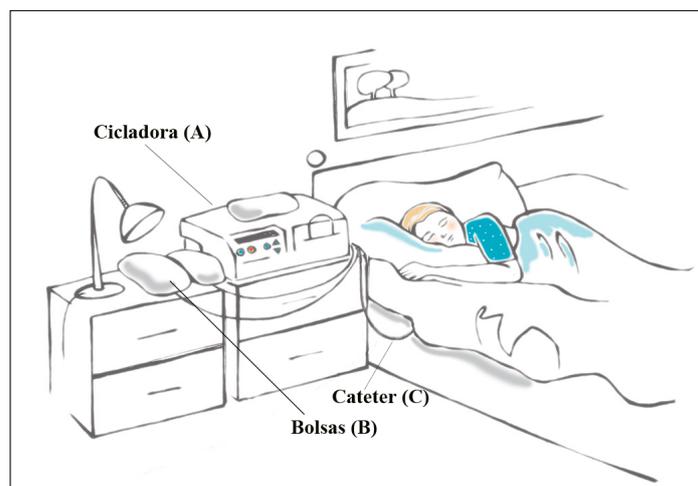


Figura 2.6: Diálise Peritoneal Domiciliar (DPA) com utilização da cicladora.

A cicladora (A) conectada ao paciente por meio do cateter de infusão (C) faz o ciclo de infusão e drenagem automaticamente, enquanto o indivíduo repousa. As bolsas (B) são conectadas à cicladora que mantém o líquido na temperatura corporal) (Fonte: Adaptado de <http://saudeexperts.com.br/wp-content/uploads/2015/05/dialise-peritoneal-ciclica-continua.jpg>.)

A cicladora é apenas um mecanismo que automatiza a infusão e drenagem do líquido. Ela não realiza nenhum tipo de avaliação automática das condições fisiológicas do indivíduo, tampouco analisa o líquido dialisado ao final do processo de drenagem.

### **Causas da saída da Diálise Peritoneal**

Muitos indivíduos precisam interromper a terapia em decorrência da demora na percepção de sinais negativos como, por exemplo, a aparência do líquido dialisado. Villar (2010) observa que, principalmente nos indivíduos que realizam a DP no próprio domicílio, a incidência de infecções no peritônio ou problemas mecânicos no cateter implantado é recorrente (WONG *et al.*, 2014; VILLAR; ANDRADE, 2010).

Pesquisas acerca de marcadores e comorbidades que contribuem para abandono da diálise peritoneal têm conduzido argumentos que reforçam a importância do seu monitoramento constante (BAILLIE; LANKSHEAR, 2015), o que contribui para a permanência na terapia por um tempo maior. Esses casos poderiam ser mitigados por meio de um monitoramento mais eficiente desses indivíduos com o uso de tecnologias mais acessíveis (TORLÉN; KALANTAR-ZADEH; MEHORTRA, 2012).

A literatura médica tem sido bastante incisiva no que diz respeito ao protocolo que se deve seguir a risca para evitar, por exemplo, que fatores externos venham a comprometer o bem estar do indivíduo. A Peritonite, principal causa da saída da terapia, é bastante comum em indivíduos

acometidos por infecções localizadas no cateter (BARRETTI *et al.*, 2014). Podem ocorrer, também, distúrbios biológicos que trazem a presença de bactérias na cavidade peritoneal (VILLAR; ANDRADE, 2010), também resultando em infecções no peritônio.

O auto risco de infecções é certamente um problema que circunda a diálise peritoneal, e uma das principais causas de saída da terapia, (ANDRADE, 2017). Além da própria condição do indivíduo, cuja imunidade já se encontra comprometida pela doença renal, existem fatores que contribuem para o aumento de casos como a contaminação do cateter por bactérias (MIFTAH *et al.*, 2014).

Estudos revelam que os incidentes relacionados à infecções, em especial a peritonite, (AKOH, 2012), têm sido recorrentes na maioria dos países que adotam a terapia renal substitutiva diálise peritoneal. Assim, a identificação de agentes causadores de infecções, alterações biológicas, (JORDAN; CAESAR, 2015), ou alterações mecânicas, podem contribuir para a permanência do indivíduo na terapia por um tempo maior.

As condições sócio-demográficas dos indivíduos e até mesmo o nível de escolaridade dos indivíduos, são fatores que também contribuem para a saída de indivíduos em diálise peritoneal, pois, conforme, esse grupo normalmente está menos vulnerável quanto às condições sanitárias e discernimento sobre riscos de infecções, conforme (JACOBOWSKI; BORELLA; LAUTERT, 2005). Desse grupo, verificou-se que 64,3% dos indivíduos com permanência mais prolongada na terapia residiam em casas com condições sanitárias favoráveis e 46,5% possuíam ensino fundamental completo.

Esses dados reforçam a premissa de que o indivíduo, quanto provido de recursos que o auxiliem na importância da rigorosa observação dos fatores de risco da terapia, possui condições de prosseguir na terapia pelo maior tempo possível. Neste ponto é possível se estabelecer uma condição de causa e efeito que pode ser melhorada com o uso de tecnologias de fácil assimilação e utilização.

### 2.3 O ESTADO DA ARTE EM ANÁLISES DE TURBIDEZ DE LÍQUIDOS

A turbidez, de acordo com a definição do Dicionário da Língua Portuguesa, pode estar relacionada à qualidade daquilo que é turbulento, agitado, rebelde, desordenado ou perturbado (Dicionário Infopédia da Língua Portuguesa com Acordo Ortográfico, 2017).

Na Física, ela se refere ao estado de movimentação não regular de um fluido. O estudo da turbidez tem grande importância principalmente para análise e tratamento de água potável com o uso de metodologias para sua correção (MARONEZE *et al.*, 2014). A turbidez é, portanto, a medida da claridade de um meio líquido. Conforme (CORREIA *et al.*, 2008), a turbidez de uma substância, como a água por exemplo, pode ser determinada pela fórmula

$$UNT = \frac{A * (B + C)}{C} \quad (2.1)$$

, onde:

- A = leitura;
- B = quantidade em ml da substância de diluição;
- C = quantidade em ml da amostra.

Existem diversas técnicas relacionadas à análise da turbidez. Uma delas utiliza a teoria de *Snell-Descartes*<sup>2</sup> (SILVA, 2017), também conhecida como a Segunda Lei da Refração. Segundo essa lei, a Refração é um fenômeno que ocorre quando a luz monocromática incide de um meio para o outro e acaba sofrendo uma mudança na sua velocidade. Em decorrência disso, o ângulo formado pelo raio de luz incidente do primeiro meio se aproxima da reta normal à medida que o segundo meio possui uma característica menos refringente (FASSARELLA, 2007)..

A aplicação mais comum da análise de turbidez é na avaliação da qualidade de água potável e nos processos industriais, para avaliar a presença de materiais em produtos. A análise da turbidez tem demonstrado, também, uma importância significativa em ações de saúde humana, como afirmam Tomazoni *et al.*, (2005), sobre a análise da turbidez da água para questões sanitárias. Exames comuns, como os de urina, tem como primeiro marcador as características visuais do líquido, ou seja, sua turbidez, que quanto mais escuro estiver, mais provável estar com algum alteração que precisa ser investigada (TOMAZONI *et al.*, 2005).

Esse trabalho apresenta os métodos mais utilizados para determinar e quantificar a concentração de partículas em uma substância. As técnicas e conceitos apresentados são importantes para situar o leitor no universo proposto pela pesquisa, acerca dos objetivos apresentados anteriormente cujo foco central é a análise do líquido dialisado. Nenhuma das técnicas descritas apresentam uma metodologia própria para a análise do líquido dialisado. Assim, a consolidação de diversos conceitos e técnicas podem resultar num substrato importante onde se busca a junção de técnicas complexas numa nova metodologia que possa ser facilmente aplicada para um fim específico, ou seja, a análise da turbidez de uma substância orgânica derivada de um processo de filtração peritoneal.

### **Turbidimetria e Nefelometria**

Dentre os métodos mais usuais na avaliação da turbidez de substâncias, a turbidimetria é a primeira técnica que será apresentada, pela sua importância na evolução dos métodos de análise hoje disponíveis. Turbidimetria é a medida da redução de luz em um meio causada pela presença de partículas suspensas numa substância (MCPHERSON RICHARD A., 2017).

A representação gráfica desse conceito pode ser observado na Figura 2.7. Essas partículas absorvem a luz e a dispersam em todas as direções, dando uma aparência turva à mistura. A diminuição da radiação que passa através do meio é a base para a medida turbidimétrica.

---

<sup>2</sup>São na verdade duas leis, de dois cientistas, o físico holandês *Villebrord Snell* e o filósofo francês *René Descartes*

A análise da Turbidimetria não é um método isolado, sendo necessário sua conjugação com a Nefelometria para que a análise seja realizada. Alguns métodos comparativos já foram testados com relativo sucesso, demonstrando que as técnicas de medição por turbidimetria, (ZAPATA; RAMIREZ-ARCOS, 2015), utilizando as duas metodologias em paralelo, tem grande relevância na identificação de agentes bacterianos em substâncias líquidas.

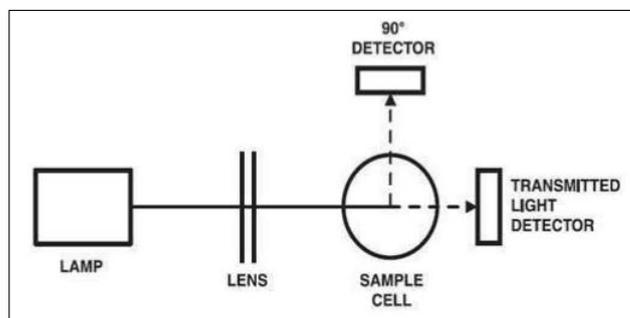


Figura 2.7: Representação esquemática da técnica da turbidimetria.  
fonte:(Larson, 2013)

De maneira mais didática, a técnica consiste em submeter um feixe de luz numa substância aquosa. Esse feixe interage com as partículas sólidas presentes no meio ao qual foi submetido, dispersando-se em várias direções.

A Turbidimetria é um método simples de se realizar e, com os equipamentos modernos, é provavelmente o processo mais preciso na análise da turbidez. As células suspensas da substância analisada absorvem e dispersam a luz que passa através delas, fazendo com que um líquido seja turvo pela observação visual. Realmente, a quantidade e luz absorvida e dispersada é proporcional à massa de células no trajeto luminoso.

Por outro lado, a Nefelometria é um método que pretende calcular a radiação das partículas suspensas por meio do ângulo do feixe incidente, o que na maioria das vezes está a  $90^\circ$  do raio incidente.

Essa técnica não serve apenas para medição da turbidez em meio aquoso mas também pode ser utilizada para medir a presença de substâncias em meios gasosos como fuligem ou fumaça (MORAIS; TÓTH; RANGEL, 2006).

Dolgushin *et al.*, (2015), desenvolveram um estudo dessa técnica para análises microbiológicas, que são de grande utilização como métodos diagnósticos na área da biomedicina (GUR'EV *et al.*, 2015).

O que difere a Turbidimetria da Nefelometria, é que esta última se baseia na medida da dispersão da radiação, geralmente a um ângulo de  $90^\circ$  do feixe incidente. Já na turbidimetria, o detector é posicionado a  $180^\circ$  do feixe incidente. A escolha entre a turbidimetria e a nefelometria está baseada na fração da radiação dispersada.

Quando a dispersão é intensa, devido à grande presença de partículas suspensas, a turbidimetria consegue indicar a turbidez com mais exatidão. Por outro lado, a nefelometria é aconselhada

para baixas concentrações, porque uma pequena intensidade de radiação dispersada contra um fundo negro é mais fácil de se medir do que uma pequena mudança na intensidade da radiação incidente.

### **Análise pela absorbância luminosa**

Uma das formas de se determinar a concentração de compostos em uma solução líquida é por meio da avaliação do seu espectro de absorção, técnica bastante utilizada em bioquímica. A luz é uma das formas de radiação eletromagnética, cujo movimento ondulatório é caracterizado por  $\lambda$  (comprimento de onda). Esse comprimento corresponde a uma distância linear que é medido em nanômetros, matematicamente correspondente a  $10^{-9}$ .

Cada espectro de cor possui uma onda energética intrinsecamente relacionado ao comprimento de onda a que pertence. Assim, cada cor emitida num espectro denominado visível possui seu próprio comprimento de onda. O espectro de absorção da luz é analisado dessa forma por um comprimento de onda luminosa, denominado nanômetro (nm). A tabela 2.2 demonstra os comprimentos de onda utilizados nas análises com aparelhos de espectrofotometria para avaliação da absorbância em substâncias líquidas.

Tabela 2.2: Divisão arbitrária da do espectro eletromagnético ou de frequências

Tipo de onda	Faixa de análise em nanômetros
Rádio	de $10^1$ a $10^8$
Microondas	de $10^8$ a $10^6$
Infravermelho	de $10^6$ a $10^3$
Luz Visível	de 400 a 750
Ultravioleta	de 400 a 10
Raio-X	de 10 a 1

Fonte: Adaptado de Análise Instrumental - CEFET-RJ.

### **Espectrofotometria por luz visível**

A espectrofotometria é um tipo de análise utilizada em muitas disciplinas como Engenharia, Química e Biologia. Seu emprego mais comum é na quantificação das propriedades reflexivas e transmissivas de um material, em termos de comprimentos de ondas de luz que incide sobre o material analisado (AMERICAS, 2017). Uma vez que existem muitos tipos de luz, como a luz visível e infravermelha, existem vários tipos de espectrofotometria, cada uma correspondendo a uma das regiões específicas do espectro de luz:

- Espectrofotometria de absorção: Utiliza um monocromador para análise, baseando-se num determinado comprimento de onda;
- Espectrofotometria por Luz Uv/vIS: Muito utilizada nas análises de líquidos, principalmente na indústria para validação da qualidade de produtos.

Assim como todas as técnicas de análise por meio da emissão de luz, a espectrofotometria também utiliza na sua essência os conceitos advindos da física, em especial os que consideram

que matéria e energia não podem ser consideradas entidades não convergentes uma com a outra. A equação proposta por Einstein,  $E = mc^2$ , demonstra isso de forma a explicar que matéria e energia são indissociáveis, logo, medem-se as propriedades ondulatórias, comprimento de onda e frequência, das partículas como *próton*, *nêutron* ou *elétron* (ANDRADE, 2017) e à luz, que também é composta por partículas em movimento no espaço também possui comprimento de onda e frequência.

A espectrofotometria por luz visível e ultravioleta com a utilização de equipamentos, como o espectrofotômetro demonstrado na figura 2.8, é um dos procedimentos mais usados nas determinações analíticas em diversas áreas, em especial na química analítica.



Figura 2.8: Aparelho de análise de líquidos por espectrofotometria por Luz UV/Vis.

(Fonte: <https://www.moleculardevices.com/systems/microplate-readers/multi-mode-readers/spectramax-m-series-multi-mode-microplate-readers>. Acessado em 22/04/2017).

A leitura do espectro de absorção é muito utilizada em análises químicas para determinar a presença de substâncias ou quantificá-las. Conceitualmente, se refere à medida de absorção ou transmissão da luz. A metodologia adotada para análises de espectro decorrem de estudos muito antigos, e foi consagrada pela teoria de *Max Planck* (1858-1947), que propunha a troca discreta de energia entre átomos, o que ficou conhecido como a Constante de *Planck* (EISBERG, 1979), hoje definida como  $h = 6,63 \times 10^{-34} J.s$ .

A força fundamental da técnica de espectrofotometria, no entanto, está baseada Lei de Beer-Lambert, que define que "*a absorbância é diretamente proporcional à concentração da solução de amostra*". Essa Lei é na verdade uma união de três descobertas distintas, respectivamente de or Pierre Bouguer, em 1729, Johann Heinrich Lambert em 1760 e August Beer em 1852. A expressão ou equação matemática derivada dessa lei pode ser expressa por

$$I = I_0 \times 10^{-x} \quad (2.2)$$

, onde:

- $I$  = Intensidade da Luz transmitida;
- $I_0$  = Intensidade da luz incidente;

- $x$  = constante de absorção;
- $i$  = espessura do meio absorvente.

O uso da espectrofotometria em análises químicas leva em consideração algumas premissas, de acordo com a faixa de transmitância dada em nanômetros, Tabela 2.2. Cada análise, dependendo do que se pretende obter, deve ser calibrada de acordo com a faixa de transmitância adequada e, no caso da luz visível, a justificativa é que uma vez que ela provoca alterações no nível de energia dos elétrons na camada de valência (ANDRADE, 2017), sendo capaz de romper ligações químicas instáveis, sendo, portanto, indicada na análise quantitativa de vários tipos de substâncias.

O que se mede, então, na incidência de uma luz em uma substância, é a luz que conseguiu passar através dela e, portanto, não foi absorvida, processo matematicamente representado pela equação

$$dP = -\beta P c dx \frac{dP}{P} = -\beta c dx \Rightarrow \int_{P_0}^P \frac{dP}{P} = -\beta c \int_0^b dx \quad (2.3)$$

, Onde  $P$  é a luz incidente,  $c$  o caminho da incidência luminosa e  $x$  a espessura do meio.

Em que pese sua grande utilidade no auxílio às análises químicas, os espectrofotômetros via de regra são equipamentos caros, que exigem certo grau de maturidade científica para compreensão dos resultados das análises de espectro, transmitância, absorbância ou na comparação de parâmetros entre substâncias diversas.

Gaião *et al.* (2005), propuseram um dispositivo semelhante a um fotômetro, equipamento de baixo custo que utiliza conceitos e técnicas de análise por luz visível, para identificação de compostos químicos em substâncias variadas (GAIÃO *et al.*, 2005). O experimento demonstrou que a metodologia de análise por espectrofotometria pode ser facilmente adaptada a casos específicos e que não dependem de uma acurácia técnica muito aprimorada para sua utilização e aproveitamento de resultados.

De fato, aplicando-se as técnicas de leitura de espectro ou simplesmente pela verificação de absorbância, uma característica presente nos equipamentos comerciais de espectrofotometria, é satisfatória a avaliação do desempenho desses dispositivos e sua aplicação na área de análises clínicas ou no suporte à diagnósticos.

## 2.4 EQUIPAMENTOS MÉDICOS ASSISTENCIAIS

Nesta seção vamos dissertar brevemente a respeito de um conceito que tem ganhado força nos últimos anos, principalmente com as pesquisas na área de desenvolvimento tecnológico para assistência à saúde, os Equipamentos Médicos-Assistenciais (EMA). É importante deixar claro que um EMA difere-se dos equipamentos desenvolvidos como Tecnologias Assistivas (TA) e *e-Health/m-Health*, já que estes possuem um caráter mais abrangente, não necessariamente rela-

cionados à aplicação direta nos tratamentos médicos.

As características que diferenciam um EMA de uma TA estão presentes na denominação utilizada pela Agência Nacional de Vigilância Sanitária, ANVISA, que em sua Resolução nº 2, de 2010, Art. 4º, parágrafo VIII, define o termo EMA como sendo:

"VIII - equipamento médico-assistencial: equipamento ou sistema, inclusive seus acessórios e partes, de uso ou aplicação médica, odontológica ou laboratorial, utilizado direta ou indiretamente para diagnóstico, terapia e monitoração na assistência à saúde da população, e que não utiliza meio farmacológico, imunológico ou metabólico para realizar sua principal função em seres humanos, podendo, entretanto ser auxiliado em suas funções por tais meios;"

Talvez, um dos grandes problemas a serem atacados num futuro próximo em relação aos EMA seja a relação entre o custo de determinados equipamentos necessários e extremamente importantes para a continuidade do atendimento em saúde na rede pública, e a capacidade de manter esses equipamentos em pleno funcionamento.

Quase diariamente são noticiadas a precariedade e o desrespeito com o dinheiro público na manutenção de dispositivos médicos essenciais. Muitos são os exemplos de sucateamento de máquinas de tomografia, para citar apenas um exemplo, que deixam de ter utilidade antes mesmo de serem retirados da caixa. Isso muita vezes está relacionado à má gestão do dinheiro público ou pela incapacidade de se conseguir assistência técnica qualificada para dar suporte a esse tipo equipamento.

A literatura ainda é muito limitada a respeito do conceito de equipamentos-médicos assistenciais. Algumas diretrizes metodológicas foram elaboradas pelo Ministério da Saúde, (MS,) com o objetivo de orientar os gestores em saúde na avaliação de Equipamentos Médico-Assistenciais (MARGOTTI *et al.*, 2013). No desenvolvimento de um dispositivo médico-assistencial deve-se observar principalmente a segurança do usuário final, além é claro da eficácia na sua utilização.

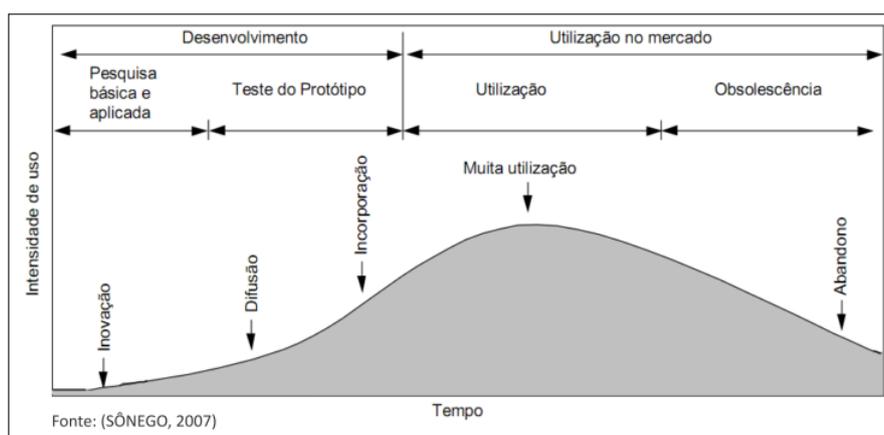


Figura 2.9: Ciclo de vida das tecnologias em saúde.

Intensidade de uso de uma tecnologia em saúde em função do tempo (Fonte: SÔNEGO,2007).

O que pode se destacar a respeito dos EMA no contexto do sistema de saúde brasileiro, conforme dispõem as diretrizes do MS é que eles possuem um ciclo de vida, Figura 2.9, que determinam entre outras coisas o limite de utilização desses equipamentos, o que, segundo a avaliação do MS, contribui para sua utilização racional.

Outra importante observação, muito pertinente aliás no contexto do projeto de equipamento apresentado nesse pesquisa, é a respeito de seu enquadramento quando comparado a profilaxias. Entre as diferenças que podem ser avaliadas, estão os estudos de bancada, essenciais para a avaliação da utilização do equipamento proposto, a impossibilidade de uso de placebo e ou técnica semelhante e incidências de mal funcionamento (DRUMMONT; GRIFFIN; TARRICONE, 2009).

A utilização em desacordo com a finalidade para a qual foi concebido o EMA pode ocasionar algum tipo de risco para os indivíduos e profissionais de saúde (KAY; SANTOS; TAKANE, 2010). Por serem ativos importantes nas ações de saúde, os EMA precisam ser incorporados a partir de um modelo adequado de gestão.

## 3 METODOS

Este capítulo pretende demonstrar quais foram as etapas, procedimentos e métodos adotados pelo pesquisador na busca pelos conhecimentos necessários sobre a diálise peritoneal, os tipos de análises pertinentes ao líquido dialisado e sobre as hipóteses de aplicação do sistema de auxílio aos indivíduos.

Para a realização dessa pesquisa, portanto, fez-se necessário uma imersão conceitual para compreender algumas terminologias utilizadas pelos profissionais de saúde que atuam nesse campo, e, também, pelos indivíduos dessa modalidade terapêutica. Nessa busca, houve a necessidade da pesquisa de campo, melhor detalhada na seção específica, além de um levantamento bibliográfico prévio a respeito das características da terapia diálise peritoneal, dos conceitos e técnicas da físico-química e da operacionalização de equipamentos científicos de análise.

### **Tipo de Pesquisa**

Esta pesquisa tem um caráter explorador a respeito de um marcador específico: a turbidez do líquido peritoneal. A premissa básica desse estudo está baseada no fato de que, sendo turvo, o líquido pode conter agentes nocivos à saúde do indivíduo cuja identificação precoce pode contribuir na manutenção da terapia. Para o trabalho de pesquisa e o respectivo desenvolvimento de um sistema que contribua na análise da turbidez de forma automatizada, foi necessário entender os protocolos da diálise peritoneal e como ocorre o trato com o indivíduo durante o procedimento de infusão e drenagem do líquido peritoneal.

Trata-se, portanto, uma pesquisa qualitativa e empírica. Os dados foram analisados com base numa fundamentação teórica sólida, sustentando a proposição de um procedimento complementar a um método terapêutico já consolidado na área da saúde, a diálise peritoneal, por meio de um sistema que permita maior controle, registro e troca de informações entre médico e indivíduo.

### **3.1 LEVANTAMENTO DE DADOS INICIAIS**

Para reforçar os conhecimentos necessários, deu-se inicialmente a busca de artigos, com uso de descritores e conectivos lógicos para relacionar as palavras-chave com os descritores *peritoneal dialysis*, *assistive technology*, *eletronic health*, *quimical analysis*, *spectrophotometry*, *turbidity* e *m-Health*.

A seleção foi conduzida nas bases *MedLine*, *Scopus*, *PubMed*, *Lilacs* e *IEEE* e por canais de divulgação de conhecimento disponíveis na *web*. Foram analisados estudos entre os anos 2010 a 2017, baseando-se no acrônimo PICO (População, Intervenção, Comparação e Outcome), onde a população refere-se aos indivíduos dialisados; a diálise peritoneal como intervenção terapêutica; o objeto de comparação como sendo a realização da terapia junto a algum auxílio tecnológico

*m-Health*; o resultado da qualidade terapêutica e a consequente permanência dos indivíduos na diálise peritoneal. Essas variáveis foram analisadas num cenário em que o monitoramento do indivíduo tenha sido realizado por meio de algum dispositivo ou recurso *mobile* ou, ainda, com o uso de tecnologia da informação aplicada no apoio às decisões de saúde da terapia.

A produção científica a respeito da terapia diálise peritoneal demonstra um cenário bastante otimista em relação a essa modalidade de diálise, que segundo as análises de muitos pesquisadores, (OLIVEIRA *et al.*, 2012; LÚCIA *et al.*, 2012; ARENAS *et al.*, 2009), compreende uma alternativa terapêutica bastante promissora, com possibilidades que vão além da manutenção da função residual de um órgão tão importante como os rins.

Após o levantamento de dados bibliográficos e estudos pertinentes ao tema da pesquisa, esse trabalho de pesquisa necessitou aprofundar especificamente na análise da absorbância do líquido dialisado. Para esse estudo, duas frentes de trabalho foram determinantes: uma etapa de testes *in vitro*, e uma pesquisa de campo com indivíduos inseridos na terapia diálise peritoneal, sendo essa etapa realizada apenas após a aprovação pelo Comitê de Ética em Pesquisas, cuja análise se deu pelo Comitê de Ética em Pesquisas, CEP, da Faculdade de Saúde da Universidade de Brasília, Campus de Ceilândia.

A aprovação do CEP pode ser consultada no apêndice desse trabalho. O estudo de campo *in vivo* foi realizado nas dependências do Centro de Diálise do Hospital Regional do Gama, HRG, sob supervisão da equipe de médicos e enfermeiros daquela unidade. Os procedimentos dessa fase de pesquisa são descritos detalhadamente na seção específica.

A validação desse trabalho buscou entender algumas técnicas utilizadas para análise de substâncias que melhor se adequassem ao objetivo geral da pesquisa que é auxiliar o profissional de saúde ou o próprio indivíduo no processo de coleta e análise do líquido dialisado. A primeira ação nesse sentido foi buscar junto às bases de dados de trabalhos acadêmicos e pesquisas que tivessem como foco o estudo da diálise peritoneal e tudo que se relacionasse ao atendimento do indivíduo com foco em melhorias ou novas metodologias que pudesse contribuir com a terapia, principalmente com o uso de recursos tecnológicos e agregadas aos conceitos de *m-Health* ou tecnologia assistiva.

Alguns estudos têm demonstrado que a análise da turbidez do líquido dialisado, por um processo que permita maior acurácia (JERONYMO *et al.*, 2005), e não somente por meio da percepção visual do líquido, pode representar uma enorme contribuição para indivíduos em diálise peritoneal. O estudo dessa característica do líquido tem sido pouco explorado na literatura médica no campo da nefrologia, principalmente em pesquisas de origem nacional.

As técnicas utilizadas nessa fase, discutidas nas seções subsequentes, objetivaram o conhecimento das mesmas e a obtenção de parâmetros para o desenvolvimento de um sistema eletrônico, automatizado, assistivo e capaz de auxiliar tanto indivíduo renal em diálise peritoneal quanto às tomadas de decisão clínica por parte da equipe de saúde responsável pelo acompanhamento dos indivíduos dialisados.

## **População, Amostra e Local de realização da Pesquisa**

Após a aprovação pelo Comitê de Ética em Pesquisas, por meio do parecer de número 2.139.512, de 26 de junho de 2017, documento anexo, essa fase da pesquisa foi realizada por meio da coleta de material biológico de um grupo de indivíduos atendidos no Hospital Regional do Gama-DF, no centro de tratamento renal, setor de diálise peritoneal. A clínica de diálise é uma subunidade do Centro de Diálise do Hospital que conta ainda com o setor de hemodiálise.

Foram analisados dois grupos de estudo, sendo um grupo constituído de 5 participantes (N=5) e outro grupo com 18 participantes, da seguinte forma:

Grupo 1 (GI, 5 indivíduos em diálise ambulatorial): foram coletadas 25 amostras de 3.5 ml de líquido dialisado ao final de cada primeiro ciclo de infusão peritoneal, durante o período citado. As amostras foram analisadas no Espectrofotômetro, no laboratório de análise de biocombustíveis da Faculdade UnB Gama, para registro do nível de turbidez, de acordo com a metodologia de análise por luz visível (Seção 5.2). Neste grupo, também foi aplicado o questionário SF-36, para informações sobre a qualidade de vida do indivíduo.

Atualmente o centro de diálise peritoneal conta com uma estrutura mínima adequada para o atendimento da população. Os indivíduos eleitos para esse atendimento são originários principalmente da região do entorno do DF. O centro dispõe de cinco enfermarias, uma sala de procedimento cirúrgico e um posto de medicamentos. O trabalho de atendimento aos indivíduos é realizado por uma equipe de saúde formada por médicos nefrologistas, enfermeiros e auxiliares, todos pertencentes ao quadro de servidores da Secretaria de Saúde do Distrito Federal.

Grupo 2 (GII, 18 indivíduos em diálise peritoneal domiciliar, integrantes de uma rede social (*Facebook*). Esse grupo não teve coletada nenhuma amostra de material, sendo apenas apenas registrados dados a respeito de sua condição de saúde como indivíduo dialisado, por meio da aplicação do questionário de qualidade de vida (SF-36), cujas respostas foram coletadas digitalmente por meio de formulário eletrônico utilizando a ferramenta do *Google Docs*.

### **Análise do perfil do indivíduo em diálise peritoneal**

Uma das primeiras avaliações que pareceu necessária para iniciar os estudos sobre a inserção de uma tecnologia com as características pretendidas na pesquisa, foi imergir na busca pelo perfil do indivíduo dialisado.

Considerando que a qualidade de vida tem um aspecto bastante relevante no dia-a-dia dos indivíduos em DP, oferecimento de qualquer recurso adicional para a rotina do indivíduo também precisa levar em conta o impacto em sua vida e conhecer determinados aspectos sobre a capacidade do indivíduo é inerente ao oferecimento de recurso que melhorem sua condição.

Num universo em que, segundo o levantamento da SBN (2014), conta com mais de 8 milhões de brasileiros, talvez, muitos sequer tem qualquer tipo de contato ou uso de algum dispositivo eletrônico.

Apesar de os *smartphones* serem hoje uma tecnologia muito popularizada, uma grande parcela

de usuários não possui ou não deseja ter conhecimentos sobre as possibilidades computacionais desses aparelhos, sendo para eles apenas um telefone muito moderno.

Os dados sobre o perfil do indivíduo dialisado foram obtidos numa rede social sobre Diálise Peritoneal, (<https://www.facebook.com/groups/dialise/>) e de cinco indivíduos em terapia no Centro de Diálise do Hospital Regional do Gama-DF.

Do grupo da rede social, foram selecionados 18 membros com idade média de 36 anos, de ambos os sexos, de um total de 604 participantes. O grupo de indivíduos em terapia na clínica era formado por 2 homens e três mulheres, com média de idade de 55 anos. A eles foi aplicado o questionário sobre qualidade de vida (SF-36) para se obter um perfil a respeito de 8 variáveis: a) Capacidade Funcional; b) Limitação por aspectos físicos; c) Dor; d) Estado geral de saúde; e) Vitalidade; f) Aspectos Sociais; g) Limitação por aspectos emocionais e e) Saúde mental. Dessas variáveis, a Capacidade Funcional e a Saúde Mental representam um maior interesse nessa pesquisa.

O que se pretende é verificar a capacidade do próprio indivíduo utilizar um dispositivo eletrônico para analisar o seu próprio líquido dialisado. De outra forma, com essas variáveis apresentando um *score* muito baixo, essa possibilidade interativa pode ficar comprometida.

O questionário SF-36 foi aplicado eletronicamente, por meio da ferramenta *online Google Docs*, disponível no endereço eletrônico <https://docs.google.com/forms/d/>. Após o envio das respostas pelos participantes da pesquisa eletrônica, os dados ficaram armazenados em uma planilha eletrônica para posterior análise dos resultados.

Para avaliação dos *scores* desse grupo, os dados coletados pelo formulário eletrônico foram transferidos para uma planilha eletrônica, como demonstrado na Tabela 3.1. Cada aspecto analisado precisa ser devidamente calculado de acordo com o tipo de pergunta presente no questionário.

### **Avaliação da qualidade de vida dos indivíduos dialisados**

Não seria viável estudar toda a população de doentes dialisados em diálise peritoneal que, segundo a Sociedade Brasileira de Nefrologia, (SBN, 2014), já passam de 8 milhões de indivíduos em todo o Brasil. Assim, para o estudo de caso presente nessa pesquisa, o parâmetro de decisão sobre a amostra de indivíduos em diálise peritoneal, Capacidade Funcional e Saúde Mental são suficientes, e a amostra de indivíduos (n=23) possui as mesmas características da população, com pelo menos uma variável comum observável (BUSSAB; MORETTIN, 1987) de indivíduos dialisados no país. Trata-se, portanto, de uma amostra representativa.

Para traçar o cenário desejado nessa análise, foram utilizados os softwares estatísticos SPSS 12.0 e BioStat. O método inferencial deu-se por meio do teste t-Student, para amostras independentes, objetivando identificar as diferenças de ambos os grupos. Adotou-se para tanto um intervalo de confiança ( $\alpha < 0,05$ ).

O teste de hipótese nula diz que não existe diferença entre as médias das variáveis de interesse, (BUSSAB; MORETTIN, 1987). Logo, a hipótese nula considerada na pesquisa é de que o

Tabela 3.1: Distribuição dos *scores* calculados a partir das respostas ao questionário SF-36. As células destacadas em azul indicam os indivíduos entrevistados pela rede social. Células em amarelo indicam os indivíduos em diálise ambulatorial.

Capacidade Funcional	Limitação por Aspectos Físicos	Dor	Estado Geral de saúde	Vitalidade	Aspectos Sociais	Limitação por aspectos funcionais	Saúde mental
25	0	32	45	35	63	33	52
50	0	41	55	70	50	0	68
85	0	51	30	30	25	0	40
85	25	90	75	75	88	67	96
80	50	40	40	70	63	0	24
80	50	40	40	70	63	0	24
50	100	84	55	75	100	100	100
50	100	84	55	75	100	100	100
65	25	74	50	35	38	0	48
15	0	40	45	35	50	33	40
40	0	41	35	45	38	0	60
90	0	41	55	45	63	0	52
75	25	64	70	40	75	0	60
50	0	51	55	35	50	100	60
80	50	62	55	65	100	100	88
20	25	51	40	30	63	33	40
0	0	42	30	65	50	0	60
80	75	61	40	65	100	33	60
95	75	62	10	70	63	100	56
40	50	90	60	75	100	33	100
80	0	90	70	45	50	0	56
10	50	21	35	25	50	67	20
100	75	90	65	50	100	67	88

fato de um indivíduo renal em diálise peritoneal possuir um *score* baixo na variável Capacidade Funcional, interfere na sua capacidade de obter êxito no uso contínuo de um sistema automatizado para análise da turbidez do seu líquido dialisado. De outro lado, a hipótese alternativa informa que existe não essa relação e que portanto o indivíduo tem essa capacidade. Na capítulo 5 são demonstrados os valores dessa análise estatística de forma mais detalhada.

## 3.2 ANÁLISES *IN VITRO*

### 3.2.1 Experimentos com o líquido de infusão peritoneal

Os testes de bancada realizados nessa pesquisa foram realizados com o auxílio técnico dos profissionais em Química, da Faculdade UnB, Campus Gama. O laboratório de química conta com equipamentos e ferramentas próprias para o desenvolvimento de análises de substâncias

líquidas, com possibilidade de manipulação adequada para a obtenção dos resultados esperados.

Para essa fase da pesquisa foram escolhidas algumas técnicas manuais de medição e avaliação da turbidez de substâncias, o Disco de Secchi<sup>1</sup>, que permite a avaliação ocular a partir de parâmetros pré-definidos.

A importância do conhecimento dessas técnicas dará embasamento para o desenvolvimento da tecnologia que se pretende utilizar como auxiliar, de forma que se abstraia toda a parte técnica de manipulação e cálculos necessários para que sejam realizados de forma automatizada por meio de um algoritmo embarcado em um sistema eletrônico.

### Aplicação da Lei de Snell-Descartes

Inicialmente foi realizada a análise manipulada *in vitro* do líquido de infusão peritoneal. O método escolhido nessa etapa foi a aplicação da Lei de *Snell-Descartes*, ou a Segunda Lei da Refração. Essa lei refere-se ao fenômeno que ocorre quando a luz incide numa interface que separa dois meios, o que ocasiona a mudança no direcionamento da luz e de sua propagação. Matematicamente essa teoria remete à relação entre ângulos de incidência e refração. Teoricamente, a Segunda Lei da refração enuncia que:

"Na refração, o produto do índice de refração do meio, no qual se encontra o raio pelo seno do ângulo que esse raio forma com a reta normal à interface no ponto de incidência é constante."

Segundo (AGUIAR, 2009), também se aplicam a ambientes de geometria dinâmica dando uma nova perspectiva mais intuitiva.

O estudo dessa lei pode derivar algumas conclusões pertinentes ao estudo relacionado à medição da turbidez do líquido de infusão peritoneal, importantes para o desenvolvimento do dispositivo eletrônico responsável pela análise do líquido. A Figura 3.1 demonstra graficamente o comportamento da refração de luz de acordo com a lei de *Snell-Descartes*.

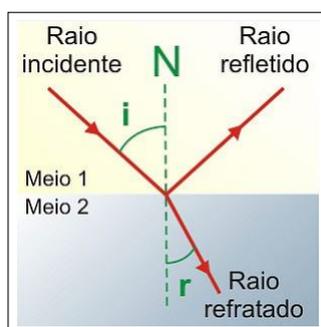


Figura 3.1: Demonstração gráfica da Lei de Snell.

A Lei de *Snell* é usada para avaliar a direção dos raios de luz. Os índices de refração dos meios,  $m_1$ ,  $m_2$ ,  $m_3$  são usados para representar o fator pelo qual a velocidade de um raio de luz

<sup>1</sup>Utilizado na avaliação da claridade de líquidos, como a água potável

diminui ao deslocar-se por um meio refrativo, como vidro ou água, em oposição à sua velocidade no vácuo. A fórmula derivada da Lei de Snell pode ser representada por

$$n = \frac{\sin\theta_1}{\sin\theta_2} \quad (3.1)$$

, onde  $n$  representa o índice de refração e  $\sin\theta_1$  e  $\sin\theta_2$  representam os ângulos de refração dos meios.

### Detalhamento do experimento

Através do orifício presente no adesivo afixado na cubeta, o raio *laser* emitido transpassa o líquido, água destilada, e sua projeção é demarcada para se ter a referência inicial, como demonstrado na Figura 3.3.

Foram utilizados como material de pesquisa: uma cubeta de vidro, contendo 3,5 ml de líquido de infusão peritoneal; uma cubeta de vidro contendo 3,5 ml de água destilada; um emissor de *laser* vermelho; régua de 15 cm; transferidor de ângulos.

O primeiro passo do experimento foi posicionar a cubeta contendo água destilada à 15 centímetros da fonte emissora de luz (*laser*), como demonstrado na Figura 3.2. Essa cubeta foi parcialmente coberta com um pequeno pedaço de adesivo branco, com um pequeno furo do tamanho da ponta de um lápis.

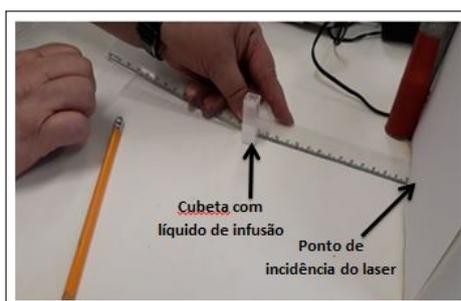


Figura 3.2: Posicionamento da cubeta com amostra  
A amostra contém 3,5 ml de água destilada a 15 centímetros do ponto de emissão de luz

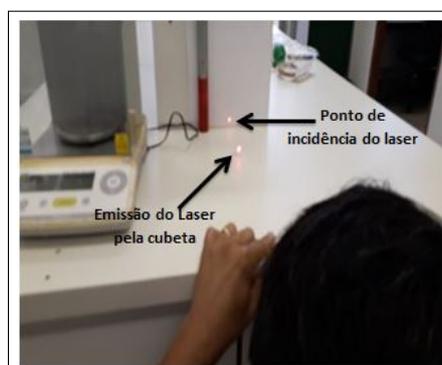


Figura 3.3: Emissão do raio *laser* na amostra de líquido de infusão.  
O raio *laser* foi posicionado e emitido de forma a transpassar o furo presente no adesivo afixado na cubeta, e sua projeção demarcada.

O raio de laser vermelho foi projetado sobre a perfuração do adesivo da cubeta e sua projeção foi demarcada com um ponto na folha. O mesmo procedimento foi realizado com a cubeta contendo a amostra de líquido de infusão peritoneal, seguindo-se rigorosamente os mesmos passos realizados anteriormente.

A partir desses pontos, obteve-se um gráfico. O primeiro ponto, demarcado a partir da emissão do laser na primeira cubeta, com água, chamou-se de  $i$ . Sobre esse ponto, traçou-se o eixo da interface e a reta normal passando pelo ponto  $i$  e o feixe refratado  $r$ , da segunda amostra.

Os valores obtidos na medição do raio refratado pelo laser na amostra foram tabulados e os resultados podem ser observados na seção 5.2.

### 3.2.2 Experimentos com protótipo de leitura por emissão de luz

O primeiro desafio nessa fase da pesquisa foi o desenvolvimento de um protótipo de leitura, com um algoritmo desenvolvido para avaliar e registrar as informações sobre a transmitância e absorbância da luminosidade incidente sobre um líquido. Esse algoritmo foi compilado num microcontrolador *Arduino*, em uma interface prototipada com circuitos eletrônicos auxiliares, LED's emissores de luz e sensor de luminosidade LDR, como pode ser observado na Figura 3.4.

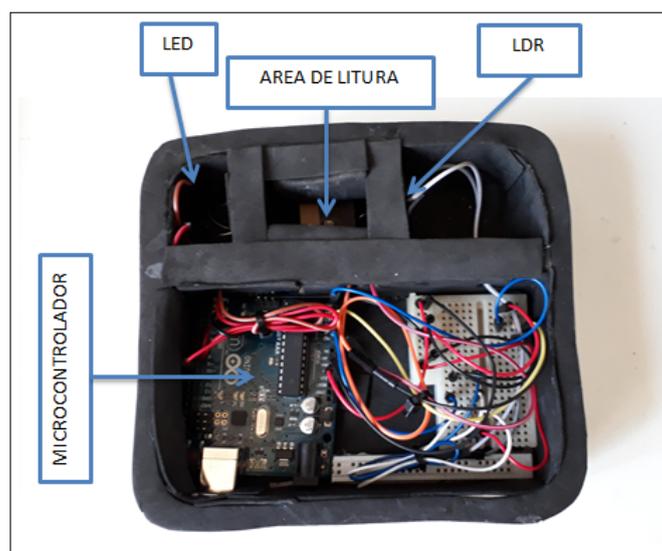


Figura 3.4: Protótipo do dispositivo de leitura por emissão de luz.

O compartimento isola a luminosidade ambiente. O dispositivo é composto por microcontrolador e dispositivos eletrônicos auxiliares para emissão de luz e sua captação e medição. (Fonte: o Autor).

#### Detalhamento do Experimento com o primeiro protótipo de análise de turbidez

Para simular a intensidade de cada amostra, primeiramente foi utilizada um tubo contendo apenas um líquido estéril (água destilada ou álcool isopropílico). Em seguida, utilizou-se amostras com a mesma quantidade, porém com pigmentações de corante (tinta de impressora), nas cores azul, magenta, amarelo e verde. O princípio da absorbância e transmitância, discutidas na Lei de *Beer-Lambert*, considera a emissão da luz e sua incidência sobre uma substância pode ser

aplicado à equação de acordo com o tipo de luz usada para obtenção da absorvância. A Tabela 3 ilustra os valores em nanômetros para cada tipo de luz que pode incidir sobre uma substância desconhecida.

Tabela 3.2: Valores de transmitância utilizados como referência no ensaio realizado no protótipo para análise da turbidez do líquido de infusão peritoneal

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

Uma vez que os parâmetros obtidos pelas metodologias de análise de turbidez estudadas (Subseção 3.2.1) permitiram conhecer a aplicação e os resultados da análise de turbidez por meio daquela metodologia, o passo seguinte foi a elaboração de um algoritmo desenvolvido na Linguagem C++ para automatizar o processo de análise. Assim, foi desenvolvido um algoritmo, seção 4.2, que analisa as leituras sucessivas de uma amostra de líquido e adquire os sinais captados pelo sensor *LDR*, convertendo-os em valores numéricos.

Para poder treinar um algoritmo e compilá-lo num microcontrolador eletrônico, foi necessário compreender como os métodos tradicionais de análise funcionam. Outra informação importante nesse tipo de análise é saber qual as características necessárias do objeto de análise, nesse caso o líquido de infusão peritoneal. Esse líquido é a peça fundamental na terapia de diálise peritoneal. Ele é uma solução que muito se assemelha ao soro presente na cavidade do peritônio, normalmente composto por glicose a 1,5%, lactato de sódio a 0,5%, cloreto de sódio a 0,56%, cloreto de cálcio diidratado a 0,026%, água 100 ml, além de conteúdo eletrolítico  $Na^+$ ,  $Ca^{++}$ ,  $Mg^{++}$ ,  $Cl$  (MCEVOY; SHANDER, 2013).

Para a realização dos testes, foram adotados os princípios básicos da espectrofotometria, com a medição da curva de refletância espectral na luz visível de 10 em 10 nm, indo de 400 a 700 nm, que é a faixa visível pelo olho humano.

As leituras do *E-LUME* obtêm o que é chamado de coordenadas trí-estímulos, ou valores X, Y e Z, com três filtros: violeta, verde e vermelho. Considerando essa característica com a intensidade da luz, variou-se a resistência do LDR para mais ou para menos, de acordo com cada cor de pigmento

Dessa forma, baseado na mesma equação de *Beer-Lambert*, a intensidade da luz emitida decresce exponencialmente à medida que a espessura do meio absorvente aumenta aritmeticamente, conforme a equação

O experimento demonstrou que com o *LDR* a medição da luz precisa ser equilibrada, já que o que se pretende não é obter o valor em volts, como é a saída do sensor. Nesse caso, foram considerados os valores 1023 como a resistência máxima do sensor *LDR* e 5 para o valor em

*Volts*. A declaração

$$lux = analogRead(sensorLuz) \quad (3.2)$$

e a equação

$$comLuzInc = lux * \frac{5}{1023} \quad (3.3)$$

, onde *lux* é a variável que recebe o valor da resistência do sensor e *comLuzInc* a variável que converte o valor da resistência em *volts*. As variáveis foram declaradas no algoritmo de análise, foram elaboradas para se obter o valor de absorvância a cada amostra lida.

Os testes com o protótipo demonstraram-se satisfatórios, à medida em que observou-se a possibilidade de uma medição de turbidez baseadas em princípios físicos da emissão de luz com valores muito próximos aos das análises realizadas na Seção 3.2.1. O algoritmo do dispositivo eletrônico necessita, então, agregar aos seus cálculos a medição da turbidez propriamente dita, considerando a fórmula proposta para a exibição de valores em nível de turbidez (NTU). A turbidez das amostras manipuladas foram obtidas, conforme a Equação 3.3, e atribuída a uma variável com valores previamente determinados como 7.00, correspondendo ao meio de diluição e 3.50 o volume de amostra da cubeta.

Como não é para medir uma tensão, mas com um valor entre 0 e 1023, que é obtido pelo sensor *LDR*, cada passo foi definido, então por  $[5/1023 = 0,0048828125]$ , que foi atribuído a uma constante denominada *vout*. 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.

### 3.3 ANÁLISES *IN VIVO*

#### 3.3.1 Pesquisa de campo

A intenção, após os testes preliminares descritos na Seção 3.2 e seguintes, foi analisar a absorvância de uma substância não manipulada, derivada de um processo de filtração corporal de indivíduos reais, coletadas após o período de permanência na cavidade peritoneal de cada indivíduo, Figura 3.5.

O líquido permanece na cavidade peritoneal por um período de aproximadamente 45 minutos, controlado automaticamente pela máquina cicladora, dispositivo utilizado na diálise peritoneal automatizada. Essa permanência é necessária para que aconteça o processo de filtração peritoneal, (AGUIRRE; ABENSUR, 2014), uma membrana com poros de três tamanhos diferentes que são responsáveis pela passagem do soluto presente na cavidade peritoneal.

O detalhamento do processo de filtração peritoneal não é objeto do estudo dessa pesquisa, e não será tratado nas seções referentes à análise desse líquido. O que se pretende com a descrição nas seções subsequentes é justificar o porquê da necessidade de avaliação de um líquido real, com



Figura 3.5: Cateter implantado em um dos participantes da pesquisa. indivíduo do sexo masculino em diálise peritoneal, participante da pesquisa. O líquido dialisado no abdômen do indivíduo sai da cicladora por um outro catéter e é descartado na rede de coleta. Fonte: pesquisador

todos os seus componentes biológicos e demais substâncias decorrentes do processo de filtração intracorporal.

A avaliação do líquido na pesquisa de campo é necessária para que se tenha a compreensão e os valores de absorvância analisados por um equipamento de leitura. Assim, pretende-se equilibrar o que se consignou como uma avaliação positiva da turbidez de líquidos manipulados, como a água destilada, o álcool, e o próprio líquido de infusão virgem, pelas análises realizadas com o protótipo de análise de turbidez por emissão de luz.

## Determinação da quantidade de amostras necessárias

Foi adotado um estudo pareado (teste “t” de *Student*) em seu delineamento experimental que permite a redução da variabilidade das medidas e necessidade numérica amostral bem como maior comparabilidade entre os indivíduos de acordo com os cálculos a partir dos dados coletados nas leituras. O software usado para realizar o cálculo foi BioEstat versão 5.0 e é um programa gratuito para análises estatísticas.

Por se tratar de um estudo que não possui nenhuma analogia na literatura em relação à análise de turbidez de líquido de infusão peritoneal, foi adotada uma diferença mínima a ser avaliada ( $d$ ), com base no delineamento experimental realizado com estudo *in vitro*, considerando-se a leitura de amostras do líquido de infusão peritoneal.

Segundo (FONTELLES *et al.*, 2010), o cálculo do  $n$ , pelo teste "t" de *Student*, o erro alfa correspondendo a 0,05, ( $\alpha = 0,05$ ) e poder do teste = 0,95, logo o  $z\alpha/2 =$  Valor do erro alfa (bicaudal). O cálculo da amostragem será realizado de acordo com a equação

$$n = 2\left(\frac{s^2}{d^2}\right) \times [z\alpha/2 + z\beta]^2 \quad (3.4)$$

Os resultados obtidos com o teste t-Student podem ser verificados na seção 5.1.

### **Critérios de Inclusão e Exclusão de participantes no grupo de pesquisa *in vivo***

Foram incluídos no estudo os indivíduos que atenderam aos seguintes requisitos:

- Residir na cidade do Gama ou entorno, numa distância de até 30 quilômetros do centro de atendimento do HRG;
- Possuir prontuário no e ser atendido no setor de diálise peritoneal do Hospital Regional do Gama, nas modalidades DPAC ou DPA;
- Ser maior de 18 e menor e plenamente capaz;
- Não fazer uso de diuréticos.

Foram excluídos os indivíduos que apresentaram algum dos seguintes critérios:

- Não consentir fazer parte do grupo da pesquisa;
- Ser gestante, incapaz, menor de idade ou com idade superior a 75 anos;
- Ser usuário de bebidas alcoólicas e/ou drogas.

### **Coleta do material biológico do grupo de pesquisa**

A primeira coleta foi realizada em 13 de julho de 2017, no centro de diálise peritoneal do Hospital Regional do Gama, Distrito Federal. Do grupo de pesquisa indicado na fase inicial,

os cinco participantes, a seguir discriminados, tiveram amostras do líquido dialisado coletadas individualmente.

Grupo de Participantes da pesquisa:

- Participante 1: indivíduo do sexo masculino, com 54 anos de idade, lavrador, já submetido à hemodiálise quando identificada a insuficiência renal, ha um ano e seis meses submetido à diálise peritoneal;
- Participante 2: indivíduo do sexo masculino, 63 anos de idade, lapidador, já submetido à hemodiálise quando identificada a insuficiência renal, ha 1 ano submetido à diálise peritoneal;
- Participante 3: indivíduo do sexo feminino, 63 anos de idade, trabalhadora do lar, já submetida à hemodiálise no início do tratamento renal, ha 1 ano e seis meses submetida à terapia renal substitutiva diálise peritoneal;
- Participante 4: indivíduo do sexo feminino, 72 anos de idade, já submetida à hemodiálise no início da tratamento renal, ha 10 anos submetida à terapia renal substitutiva diálise peritoneal.
- Participante 5: indivíduo do sexo feminino, 43 anos de idade, auxiliar de nutrição, nunca submetida à hemodiálise, portadora de deficiência visual completa.

Em seguida, aguardou-se a preparação dos indivíduos, que são separados por sexo em salas específicas. Após chegarem ao setor de diálise, os indivíduos são encaminhados às respectivas salas, onde permanecem deitados na maca hospitalar, Figura 3.6, pelo período necessário para todo o ciclo de infusões e drenagens.

Os ciclos de infusão no peritônio podem variar de indivíduo a indivíduo, sendo normalmente de 30 horas de terapia por 24 de descanso. Nesse período, não houve qualquer interferência ou auxiliou em qualquer procedimento preparatório dos indivíduos por parte do pesquisador, sendo essa fase realizada apenas pelos profissionais de saúde da unidade de diálise, conforme a rotina adotada na terapia naquele centro de diálise.

Cada indivíduo dialisado segue uma prescrição específica, de acordo com sua condição fisiológica. Os profissionais envolvidos nesse procedimento na clínica de diálise do hospital onde a pesquisa se desenvolveu nessa fase, conta com 4 enfermeiros plantonistas que se revezam no atendimento aos indivíduos.

O tempo de infusão em cada ciclo, com o auxílio da cicladora automática leva em torno de 40 minutos. A coleta em cada indivíduo deu-se ao final do segundo ciclo de infusão, quando a cicladora começa o processo de drenagem do líquido peritoneal.

O pesquisador, com o auxílio da enfermeira da unidade de diálise, desconectou a cânula e coletou, de cada indivíduo cerca, de 10 ml do líquido dialisado, diretamente do cateter de saída,



Figura 3.6: Participante da pesquisa de campo na maca.

Os indivíduos dialisados na clínica permanecem deitados na maca hospitalar, conectados à máquina cicladora que realiza o processo de infusão e drenagem do líquido peritoneal

próximo à rede de descarte. Cada amostra foi devidamente identificada como pac001, pac002, sucessivamente.

Cada uma das amostras foi acondicionada em um tubo de coleta, um para cada indivíduo. Os tubos foram identificados para posterior análise por espectrofotometria.



Figura 3.7: Procedimento de coleta da amostra do líquido peritoneal drenado.

As amostras foram inseridas num tubo de coleta. As amostras foram retiradas do cateter de drenagem, sem contato direto com o participante. Fonte: pesquisador

### 3.3.2 Estudos com o líquido peritoneal dialisado do grupo de pesquisa

O passo seguinte a cada coleta de material biológico, foi a análise da absorbância. Esse procedimento foi realizado em laboratório da Universidade de Brasília, Campus do Gama, com o auxílio do equipamento de espectrofotometria, Figura 3.8, utilizado para análises bioquímicas.

A espectrofotometria, conforme já fundamentado na Seção 2.3, permite a análise por meio da seleção de uma ondas específicas de análise por luz.

Nas análises com as amostras do líquido coletado do indivíduo, buscou-se por meio dessa

metodologia de análise o registro da absorvância da luz emitida na substância em faixas de leituras entre 700 a 400 nanômetros.

A faixa de leitura pelo equipamento de espectrofotometria compreende a faixa de luz visível pelo olho humano, ideal para análises de substâncias com as características do objeto de estudo da pesquisa.



Figura 3.8: Evolution 220, da Thermo Scientific.

Espectrofotômetro utilizado na leitura de absorvância das amostras coletadas dos indivíduos dialisados - Laboratório de Análises da Faculdade UnB Gama. Fonte: pesquisador

### **Detalhamento dos procedimentos adotados na análise do dialisado**

Cada uma das amostras coletadas foi mantida em um tubo plástico próprio para coleta de material biológico, como nos utilizados nos laboratórios de análises. A Figura 3.9 mostra o material que foi identificado com um código, cada um representando um dos indivíduos participantes da pesquisa *in vivo*. A quantidade coletada por indivíduo foi de aproximadamente 10 ml.



Figura 3.9: Cubetas contendo o líquido coletado dos indivíduos participantes da pesquisa.

Fonte: Pesquisador

O primeiro procedimento para que cada uma das amostras fosse submetida a leitura da absorvância é a leitura da referência ou do branco. Essa etapa é importante pois a partir das leituras seguintes, o equipamento consegue determinar a curva de absorvância relativa. A substância utilizada como referência para a leitura foi líquido de infusão peritoneal.

### **Material Utilizado para a leitura do branco:**

- Cubeta de vidro, nas dimensões de 10 x 10 mm;
- Pipeta volumétrica de 5,00 ml;

- Solução de infusão Baxter, 3,5 ml;
- Espectrofotômetro Evolution 220;
- Software de análise Thermo Scientific;
- Seringa plástica com agulha.

Inicialmente coletou-se diretamente da bolsa de infusão, Figura 3.10, por meio de uma seringa, a quantidade de 3,5 ml do líquido e essa substância foi injetada na cubeta de vidro.



Figura 3.10: Líquido de infusão peritoneal da Baxter.  
Solução aquosa composta de dextrose, cálcio, potássio entre outros. Fonte: Pesquisador

A cubeta então é posicionada cuidadosamente no suporte metálico do espectrofotômetro, Figura 3.11. Esse suporte é então colocado na câmara de leitura do espectrofotômetro e, por meio do *software* de análise, foi realizado scaneamento do líquido, numa faixa de leitura pré-definida entre 400 a 700 nanômetros, que corresponde à faixa do visível.

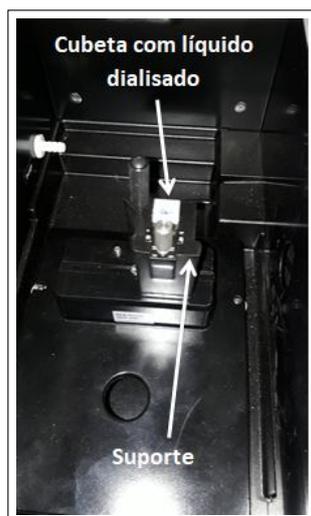


Figura 3.11: Suporte metálico onde a cubeta com o analito é acondicionada  
Fonte: Pesquisador

Nessa etapa, com o líquido de infusão peritoneal na câmara de leitura, obteve-se o espectro de absorvância que serviu como parâmetro para as demais análises. A importância dessa informação está na determinação da referência das leituras subsequentes, ou seja, o líquido de infusão será o comparador.

A partir de sua absorvância e turbidez determinados, será possível verificar o aumento ou a manutenção da turbidez do líquido biológico resultante da filtração peritoneal em cada indivíduo.

# 4 E-LUME - DISPOSITIVO DE ANÁLISE DA TURBIDEZ DO LÍQUIDO DIALISADO

## 4.1 DESCRIÇÃO

O *E-LUME*, nome criado a partir da junção das palavras *Eletronic*, do Inglês, e *Lume*, *Lumen*, do Latim, é um dispositivo eletrônico para análise da turbidez do líquido dialisado. O *design* portátil e leve do dispositivo facilita o transporte e a sua manipulação. O funcionamento do *E-LUME* depende apenas de uma alimentação de 5 volts por meio de uma fonte ou por conexão *USB*.

Além de ser um recurso auxiliar à Diálise Peritoneal, o dispositivo também oferece aos indivíduos dialisados a análise eletrônica do aspecto de turbidez do líquido dialisado. O indivíduo, portanto, terá em mãos um dispositivo que permite uma contra-prova na avaliação visual do líquido.

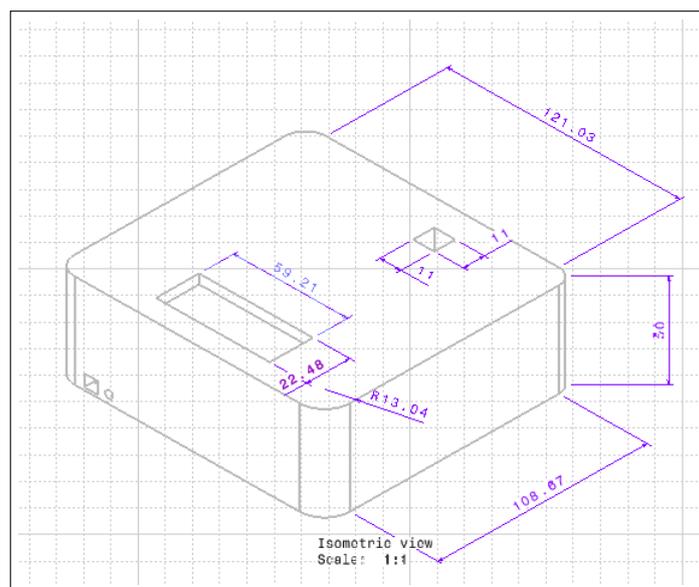


Figura 4.1: Desenho técnico do *E-LUME*

O *E-LUME* conta também com um aplicativo *Android* e uma interface *Web* para visualização das informações relacionadas à turbidez do líquido analisado. O dispositivo eletrônico *E-LUME* e o aplicativo *Android* são os componentes com utilização ativa pelos indivíduos, enquanto que a interface *Web* será acessada pelos profissionais de saúde para monitorar a variação da turbidez do dialisado em cada sessão de diálise peritoneal.

Esse conjunto de soluções pretendem mitigar algumas dificuldades encontradas no monitoramento dos indivíduos em diálise peritoneal, em especial os que fazem a terapia domiciliar. Nesse ponto, o *E-LUME* atuará como um mecanismo de aproximação entre a equipe de saúde

e os indivíduos, muitos deles residentes em áreas com pouca mobilidade urbana, cujo contato com a equipe médica acaba tendo uma periodicidade reduzida em decorrência da dificuldade de locomoção dos indivíduos.

Outro fator complicador, nos casos em que há disponibilidade de locomoção, são os custos relacionados a essas locomoções. Dessa forma, uma alternativa que garanta o acompanhamento à distância pelo médico das condições do líquido dialisado também é uma maneira de amenizar os gastos, tanto de deslocamento quanto da realização de exames para essa finalidade.

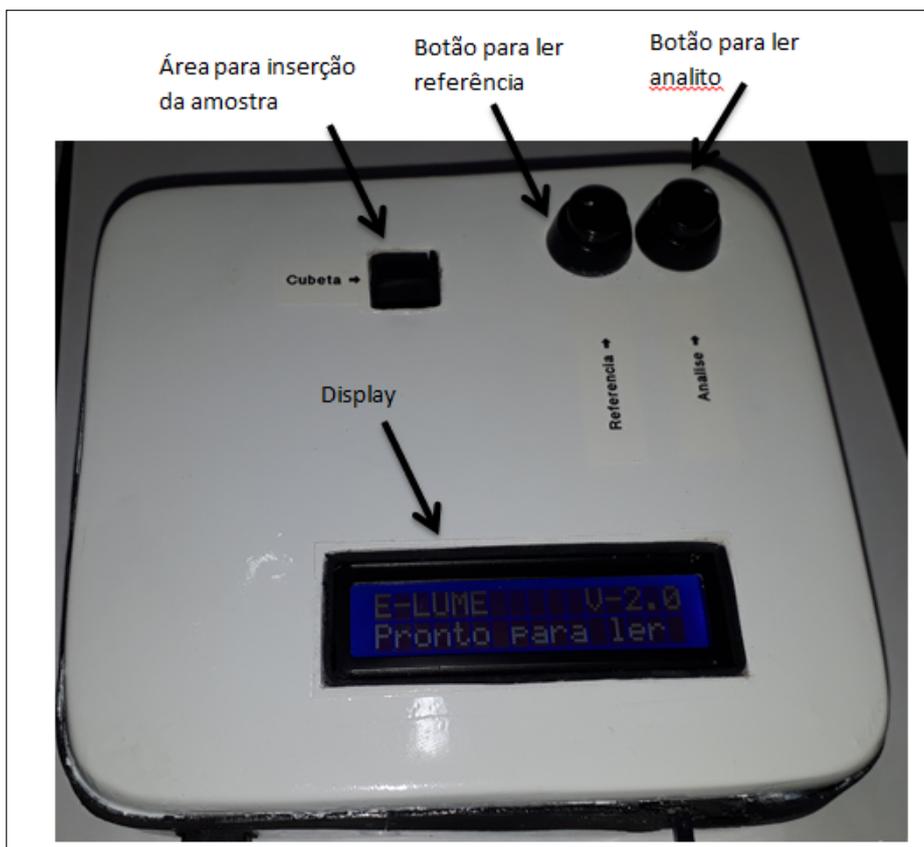


Figura 4.2: Protótipo funcional do E-LUME

## Etapas do desenvolvimento do E-LUME e acessórios

O desenvolvimento do Equipamento Médico-Assistencial foi realizado em três etapas. A primeira delas consistiu em desenvolver um equipamento eletrônico para aquisição de dados a partir da leitura de uma amostra de líquido dialisado peritoneal.

Foi confeccionado um aplicativo na plataforma de desenvolvimento *Android*, denominado *E-LumeApp*, responsável pela interatividade do usuário, escrita de informações básicas sobre sua condição de saúde e a comunicação com o dispositivo eletrônico para captação dos dados por meio de transmissão *bluetooth*.

A última etapa foi a disponibilização de uma interface *Web* capaz de exibir de forma organizada e personalizada as informações sobre as análises diárias do líquido dialisado peritoneal, a cada sessão da terapia.

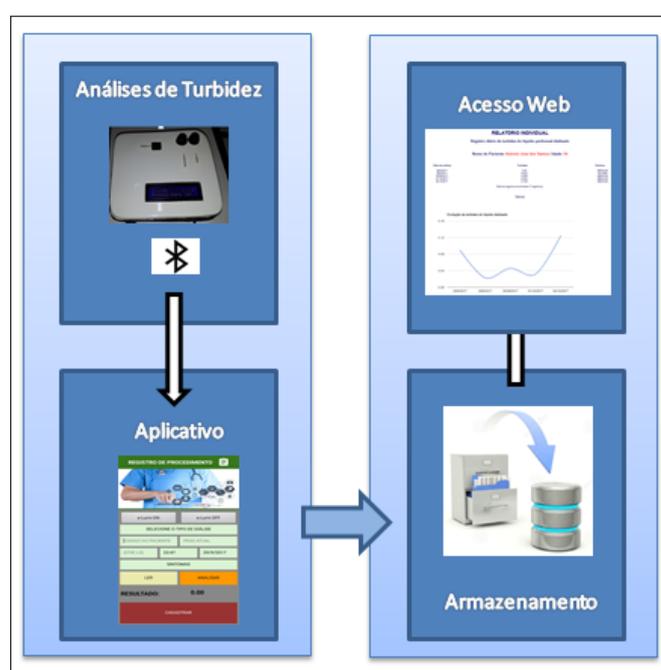


Figura 4.3: Visão geral das ferramentas que compõe o *E-LUME*  
Fonte: Pesquisador

## 4.2 INTERFACE ELETRÔNICA

O sistema conta com um microprocessador *Arduino UNO* montado em uma configuração padrão, Figura 4.4. O microprocessador é responsável por fazer a alimentação dos demais componentes e também executar toda a lógica de controle.

Ele conta com 3 terminais: o primeiro é utilizado para sua alimentação, que deve ser em uma faixa de operação de 3 *Volts* a 7.2 *Volts*. O segundo terminal é o que vai conectado ao terra do circuito. O terceiro é o de sinal, que envia os dados para o processador.

Uma das vantagens de se utilizar esse componente para o projeto do dispositivo, foi pela necessidade de apenas um fio para fazer o controle, uma vez que o microprocessador precisa controlar diversos outros componentes simultaneamente.

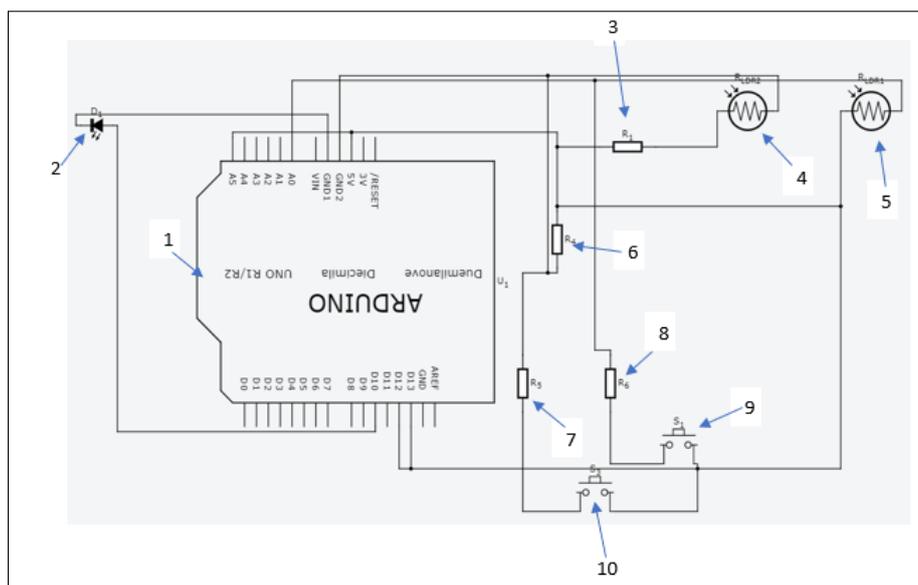


Figura 4.4: Circuito eletrônico do E-LUME

1 - Microcontrolador Arduino; 2 - Led auto brilho; 3 - Resistor de  $10K\Omega$ ; 4 - Fotocélula 1 ; 5 - Fotocélula 2; 6 - Resistor de  $10K\Omega$ ; 7 - Resistor de  $1800\Omega$ ; 8 - Resistor de  $1800\Omega$ ; 9 - Interruptor 1; 10 - Interruptor 2

O Diodo Emissor de Luz (*LED*) de alta intensidade é um outro componente diretamente ligado a funcionalidade do circuito. Ele necessita de 5 Volts para ser acionado, devido sua alta luminosidade. O seu controle é efetuado a partir de uma das portas digitais do *Arduino*.

Em seguida há o sensor *LDR* (*Light Dependent Resistor*) que varia sua resistência de acordo com a luminosidade que recebe. Este sensor está ligado em uma porta analógica do microprocessador que efetua leituras da resistência em intervalos pré-definidos.

O *E-LUME* é um dispositivo confeccionado com componentes de fácil aquisição e manufatura. Essas características representam, no médio prazo, a reprodutibilidade do equipamento para uso em escala, podendo atender a um expressivo número de indivíduos.

## Algoritmo do microcontrolador do *E-LUME*

O algoritmo foi desenvolvido em linguagem *C++*, adaptada ao *Arduino*. Essa linguagem de alto nível permite controlar toda as entradas e saídas do microcontrolador, realizar chamada de funções e exibir resultados em diversos tipos de saída. No caso do *E-LUME*, toda a exibição de dados é por meio do envio de sinal *Bluetooth* ou mostradas no *display* do dispositivo.

A primeira parte do algoritmo, Quadro 4.1, faz a declaração de todas as variáveis necessárias para os calculos e armazenamento dos valores obtidos na leitura da amostra. Duas portas analógicas do microcontrolador são reservadas, respectivamente, para o sensor *LDR* responsável pela captação da luminosidade emitida na amostra e outro para verificação da presença ou não da cubeta no compartimento de leitura.

```
1. int botLer=0;
2. int botAnalisar=0;
3. int pinLer=12;
4. int pinAnalisar=13;
5. float voltagem = 0;
6. int ledPin = 10; //Define a porta 10 para o LED
7. int ldrPin2 = A5; //Define a porta analógica 5 para o LDR2
8. int ldrPin = A0; //Define a porta analógica 0 para o LDR1
9. char tecla='0';
10.float analito=0.00;
11.float sensor = 0.00;
12.float branco = 0.00;
13.float turbidez=0.00;
14.float turbidez2=0.00;
15.float referencia=0.00;
16.float soma = 0.00;
17.float soma2 = 0.00;
18.float ldrValor = 0.00;
19.float ldrValor2 = 0.00;
20.float media = 0.00;
21.float media2 = 0.00;
```

Quadro 4.1: Declarações iniciais do algoritmo

O segundo trecho do algoritmo, Quadro 4.2, é responsável em determinar todas as portas de entrada e saída de sinal elétrico no microcontrolador. Também define o estado da comunicação serial, responsável pelo envio dos dados via *Bluetooth* para o aplicativo *E-LumeApp*.

```
1. void setup()
2. lcd.begin(16, 2);
3. pinMode(ledPin, OUTPUT);
4. pinMode(pinLer, INPUT);
5. pinMode(pinAnalisar, INPUT);
6. Serial.begin(9600);
```

Quadro 4.2: Declarações iniciais do algoritmo

O ciclo contínuo de processamento, o *loop* do programa, realiza a chamada da função responsável pela leitura ou análise da amostra. Isso permite ao usuário escolher qual ação será executada pelo dispositivo, Quadro 4.3.

```
1. void loop()
2. digitalWrite(ledPin,HIGH);
3. botLer=digitalRead(pinLer);
4. botAnalisar=digitalRead(pinAnalisar);
5. evento();
```

Quadro 4.3: Ciclo de processamento do código

A quarta parte do algoritmo, Quadro 4.4, contém as opções para a ação do dispositivo, de acordo com a interação do usuário. Caso o usuário pressione o botão leitura ou análise, no próprio dispositivo ou os botões de ação do aplicativo mobile, a função responsável por essas ações é chamada.

```
1. void evento()
2. if (botLer==0)
3. ler();
4. if (botAnalisar==0)
5. analise();
6. mensagem();
7. while (Serial.available())
8. char tecla = (char)Serial.read();
9. switch (tecla)
10.case '1':
11.ler();
12.break;
13.case '2':
14.analise();
15.break;
16.case '3':
17.calibrar();
18.break;
19.default:
20.Serial.print("");
```

Quadro 4.4: Opções no algoritmo para o usuário

A lógica necessária para ler e armazenar o valor de referência do líquido de infusão peritoneal é definida na quinta parte do algoritmo, Quadro 4.5. O valor é armazenado numa variável que é utilizada como padrão para a avaliação da turbidez do dialisado. Um ciclo de dez leituras (linhas 4 a 15) é realizado.

```
1. void ler()
2. mensagem();
3. soma=0.00;media=0.00;referencia=0.00;
4. for (int i=0; i<10; i++)
5. digitalWrite(ledPin,HIGH);
6. Serial.println("Lendo referência...");
7. lcd.clear();
8. lcd.setCursor(0,0);
9. lcd.print("Lendo referencia");
10.lcd.setCursor(0,1);
11.lcd.print("Aguarde...");
12.delay(1000);
13.ldrValor = analogRead(ldrPin) * (5.0/1023.0);
14.soma=soma+ldrValor;
15.delay(100);
16.media=soma/10;
17.branco=media;
18.referencia = branco * (3.50/7.00);
19.Serial.println("Referencia: ");
20.delay(1000);
21.Serial.println(referencia);
22.lcd.clear();
23.lcd.setCursor(0,0);
24.lcd.print("Registrado");
25.lcd.setCursor(0,1);
26.lcd.print("Aperte analisar");
27.delay(1000);
```

Quadro 4.5: Armazenamento dos valores de referência captados pelo sensor

A sexta parte do algoritmo, Quadro 4.6, realiza os cálculos necessários para medir a turbidez do dialisado a partir do valor obtido na leitura do líquido de referência.

```

1. void analise()
2. mensagem();
3. soma2=0.00;media2=0.00;turbidez2=0.00;
4. lcd.clear();
5. lcd.setCursor(0,0);
6. lcd.print("Lendo analito!");
7. lcd.setCursor(0,1);
8. lcd.print("Aguarde...");
9. delay(1000);
10.for (int i=0; i<10; i++)
11.digitalWrite(ledPin,HIGH);
12.Serial.println("Lendo analito!");
13.ldrValor2 = analogRead(ldrPin) * (5.0/1023.0);
14.soma2=soma2+ldrValor2;
15.delay(1000);
16.media2=soma2/10;
17.analito=media2;
18.turbidez2=analito*(3.50/7.00);
19.if (turbidez2<=(referencia+(referencia*5)/100))
20.digitalWrite(ledPin,LOW);
21.Serial.println(turbidez2);
22.Serial.println(referencia);
23.Serial.println("NORMAL");
24 lcd.clear();
25 lcd.setCursor(0,0);
26 lcd.print("Turbidez:");
27 lcd.setCursor(12,0);
28 lcd.print(turbidez2);
29 lcd.setCursor(0,1);
30 lcd.print("Normal");
31 delay(2000);
32 if (turbidez2>(referencia+(referencia*5)/100))
33 digitalWrite(ledPin,LOW);
34 Serial.println(turbidez2);

```

Quadro 4.6: Cálculo da turbidez e comparação com valor de referência

A sétima e última parte do algoritmo, Quadro 4.7, tem a função que verifica se a cubeta encontra-se presente no dispositivo. Uma mensagem é enviada ao *display* e ao aplicativo *mobile*, informando ao usuário que é necessário inserir a cubeta com a amostra para realizar a análise.

```

1. void mensagem()
2. if (analogRead(ldrPin2)>=400 and analogRead(ldrPin2)<=750)
3. Serial.println("Insira a cubeta!");
4. delay(500);
5. lcd.clear();
6. lcd.setCursor(0,0);
7. lcd.print("E-LUME");
8. lcd.setCursor(11,0);
9. lcd.print("V-2.0");
10.lcd.setCursor(0,1);
11.lcd.print("Insira a Cubeta"); else
12.lcd.clear();
13.lcd.setCursor(0,0);
14.lcd.print("E-LUME");
15.lcd.setCursor(11,0);
16.lcd.print("V-2.0");
17.lcd.setCursor(0,1);
18.lcd.print("Pronto para ler");
19.delay(1000);
20.Serial.println("Pronto para ler");
21.delay(500);

```

Quadro 4.7: Verificação da presença da cubeta no dispositivo

## 4.3 APLICATIVO E-LUMEAPP

### **Framework de Desenvolvimento**

O desenvolvimento do *software* aplicativo foi pensado para ser de fácil utilização e distribuição. A opção do *framework* foi a Plataforma *Android*. O motivo principal foi a facilidade do desenvolvimento numa linguagem de código aberto e, segundo, pela popularidade dos *smartphones e tablets* disponíveis nessa plataforma.

Sua interface e modo de operação são muito semelhantes aos aplicativos mais populares disponíveis para instalação e não requer que o dispositivo móvel seja muito robusto, desde a versão de kernel da linguagem.

Como o objetivo da pesquisa é o desenvolvimento rápido de um aplicativo para *smartphones Android*, toda a elaboração dos códigos e funcionalidades do sistema foi por intermédio da plataforma *online* de desenvolvimento de aplicativos do *Massachusetts Institute of Technology, MIT*, conhecido como *MIT App Inventor*, disponível gratuitamente na *Web*, pelo endereço <http://appinventor.mit.edu>, Figura 4.5.

A plataforma *AppInventor* é um ambiente de desenvolvimento intuitivo de aplicativos para dispositivos móveis e dispõe de uma vasta biblioteca de funções, que são facilmente agrupadas pelo desenvolvedor, permitindo uma prototipagem rápida de aplicativos. O *AppInventor* dispõe

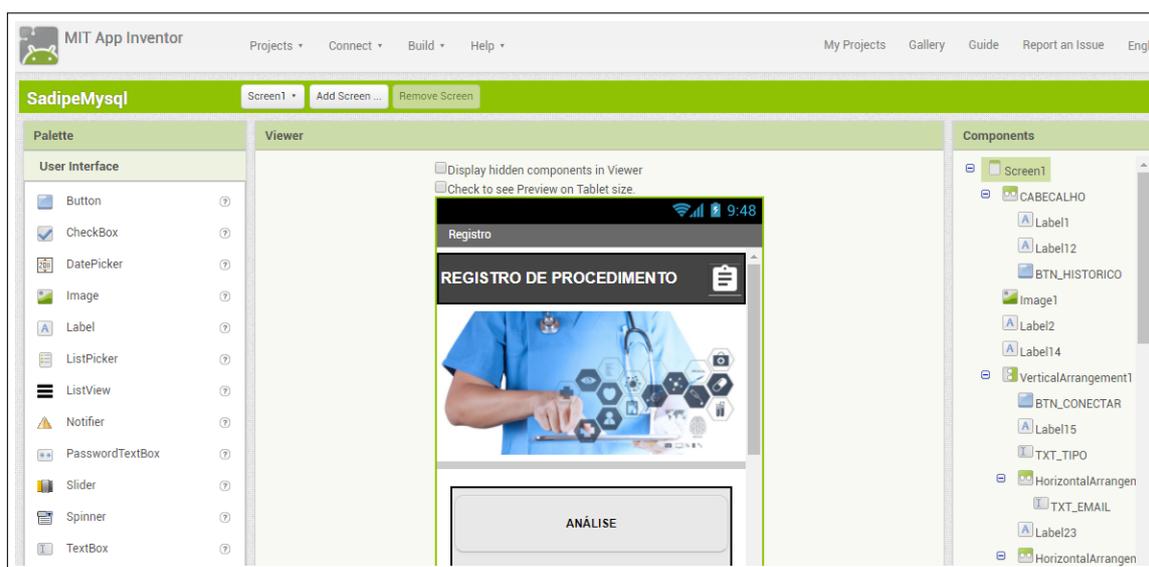


Figura 4.5: Plataforma de desenvolvimento do aplicativo mobile *E-LumeApp*

de um *Blocks Editor*, com uma grande quantidade de funções pré-definidas. Isso facilita muito no desenvolvimento de aplicativos, já que não exige a digitação de linhas de códigos. A criação de aplicativos com o *Framework* é bastante intuitiva. O desenvolvedor dispõe de uma área de design, onde é possível criar de forma rápida as telas do aplicativo arrastando e posicionando componentes. Uma vez definidos os elementos que comportam a tela, basta que o desenvolvedor alterne para a tela de edição de blocos e defina a lógica de funcionamento dos elementos.

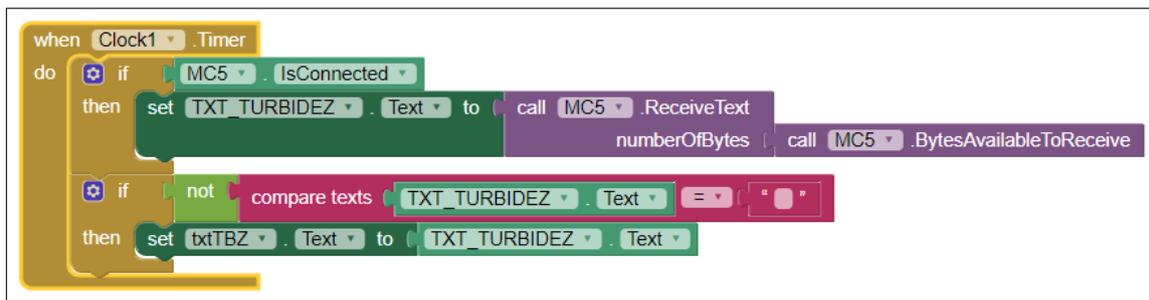


Figura 4.6: Detalhe de uma função do *E-LumeApp*, definida com os blocos no *AppInventor*

### A interface Web para acompanhamento dos registros do indivíduo

A interface Web do *E-LUME* consiste numa página HTML 5.0 que contém todas as informações enviadas pelo indivíduo, por meio do aplicativo *E-LumeApp*. A página foi desenvolvida para ser o canal de monitoramento, do profissional de saúde, dos indivíduos que realizam a terapia na modalidade domiciliar e também como registro das análises dos indivíduos ambulatoriais.

A tela inicial da interface web contém um campo para que o profissional de saúde informe o código do indivíduo que deseja consultar, como pode ser verificado na Figura 4.7. Depois de

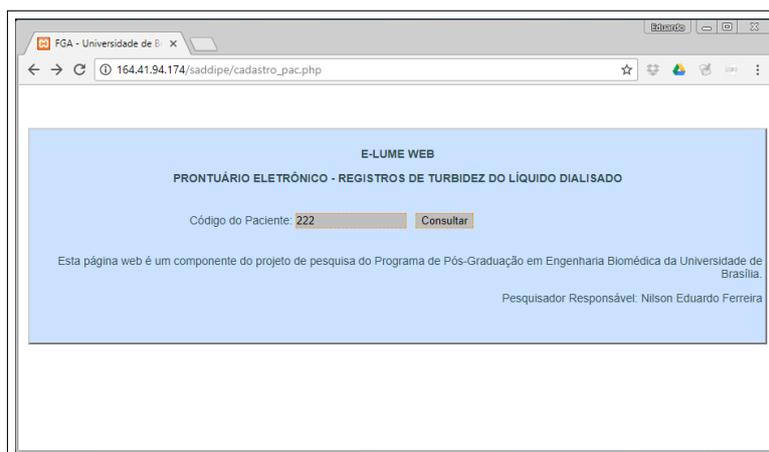


Figura 4.7: Tela inicial do registro online dos dados dos indivíduos.

informar o código do indivíduo, o profissional de saúde clica em Consultar. A página exibe todos os dados relevantes, como a data em que análise da turbidez foi realizada, o valor da turbidez registrada e se foi percebido algum sintoma. Além das informações textuais, o profissional de saúde ainda pode observar por meio de um LineChart, a evolução da turbidez medida, durante todo o período.



Figura 4.8: Relatório web com todos os registros da turbidez do líquido dialisado do indivíduo

### A base de dados do sistema

Para gerenciar os dados enviados pelo aplicativo *E-LumeApp*, a plataforma de gerenciamento da base de dados utilizada é *MySQL*, que atualmente é um dos mais populares softwares gerenciadores de banco de dados (SGBD) e bastante utilizado, baseado em *SQL*, inclusive em aplicações robustas que exigem grande volume de dados.

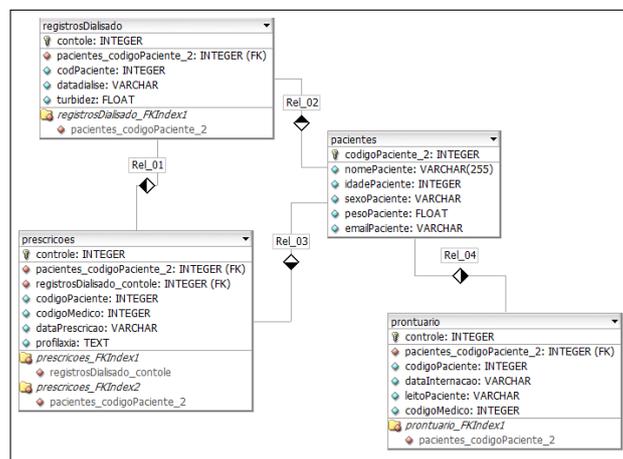


Figura 4.9: Modelo relacional do armazenamento de dados do sistema.

#### 4.4 UTILIZAÇÃO DO *E-LUME* NO CONTEXTO DA DIÁLISE PERITONEAL

Uma boa característica para um equipamento médico-assistencial é a sua facilidade de uso. Nesse sentido, a usabilidade do *E-LUME* é bastante simples, exigindo que o indivíduo siga alguns pequenos passos para conseguir realizar a análise do seu líquido dialisado.

A partir das experiências realizadas na fase de coleta de material, conforme demonstrado na seção 3.3.1, pretende-se que o indivíduo em diálise peritoneal utilize o equipamento sem que isso ocasione nenhuma alteração nas ações realizadas para a terapia. Agrega-se ao processo apenas a análise automatizada do líquido peritoneal dialisado, ao final do processo.

A proposta de um equipamento para a análise do líquido dialisado, realizada pelo profissional de saúde ou o indivíduo, mesmo que distante do centro de diálise, permitirá uma comunicação constante e direta com seu enfermeiro responsável ou médico nefrologista, auxiliando-os na tomada de decisão antecipada em benefício do próprio indivíduo. O diagrama da Figura 4.10 ilustra essa interatividade.

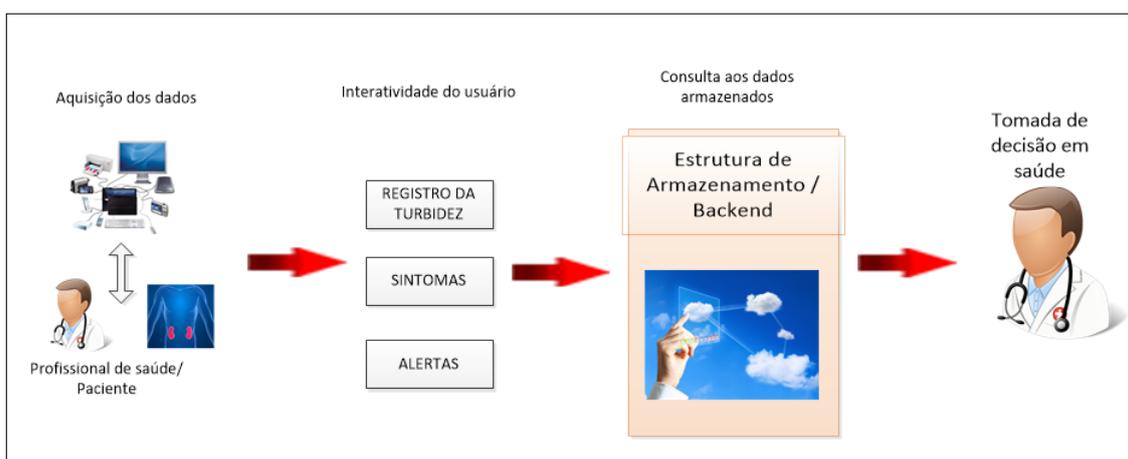


Figura 4.10: Diagrama representativo da interação entre o sistema e o profissional de saúde ou o próprio indivíduo

A idéia original do sistema considerava apenas a necessidade de monitoramento de indivíduos em diálise peritoneal no que diz respeito às condições do cateter para infusão.

A priori, seria muito interessante dispor de um meio para que o indivíduo pudesse registrar constantemente as condições do cateter. Para isso, bastaria registrar fotograficamente o cateter e armazenar as fotos numa base de dados. No entanto, percebeu-se que apenas o registro fotográfico do cateter não resolveria o problema, pois o monitoramento do indivíduo deveria ser também focado não apenas na parte visual.

Para analisar o líquido sem incorrer no risco de complicar ainda mais a condição do indivíduo, a melhor estratégia a se adotada era o desenvolvimento de um dispositivo capaz de analisar o líquido dialisado e transmitir as informações sobre alguma de suas características ao aplicativo *mobile*. Dessa maneira, desenhou-se um modelo de dispositivo que pudesse ser um acessório simples, como um termômetro que registra a temperatura.

O objeto de análise será o líquido peritoneal dialisado. O dispositivo eletrônico *E-LUME* e seus acessórios, não alteram nada no fluxo da terapia, conforme demonstra a Figura 4.11, mas insere um mecanismo de monitoramento bastante interessante para os indivíduos que realizam a diálise peritoneal domiciliar, criando um canal de informações constante entre o indivíduo e a equipe que acompanha a realização da terapia.



Figura 4.11: Diagrama da atuação do *E-LUME* na DP.

O *E-LUME* não interfere em nenhuma das etapas da terapia, atuando apenas como um auxiliar na avaliação da turbidez do líquido dialisado.

## 5 RESULTADOS

### 5.1 RESULTADO DAS ANÁLISES ESTATÍSTICAS A PARTIR DA APLICAÇÃO DO QUESTIONÁRIO SOBRE QUALIDADE DE VIDA

#### Análise pelo Teste Quiquadrado

Aplicando-se o teste Qui-quadrado sobre os *scores* relativos à capacidade funcional do grupo de indivíduos, cuja tabulação pode ser observada na tabela 5.1. Esses dados são representativos da quantidade de indivíduos cujos escores foram altos ou baixos, de acordo com o tipo de terapia realizada no momento da aplicação do questionário SF-36. Calculando as variáveis, de acordo com a fórmula

$$X^2 = \sum_{i=1}^n \frac{(o_i - e_i)^2}{e_i} \quad (5.1)$$

, obteve-se um valor-P demonstrando que há evidências de que a proposta da pesquisa pode apresentar uma colaboração a esses indivíduos, no sentido da coleta e registro das análises periódicas.

Tabela 5.1: Tabela esperada após o cálculo dos scores máximos e mínimos, elaborada a partir da tabela de cálculo dos scores totais da pesquisa de qualidade de vida em saúde aplicada na pesquisa (Formulário SF-36)

Grupos	Scores de Capacidade Funcional dos indivíduos		
	Alto	Baixo	Total
Diálise Domiciliar	10,01%	3,5%	15
Diálise Hospitalar	0,69%	0,6%	5
Total	13	7	20

Fonte: Pesquisador

#### Análise pelo Teste *t-Student*

A partir da aplicação do questionário sobre a qualidade de vida (SF-36), conforme seção 3.1, outra análise das condições favoráveis pelo perfil dos indivíduos dialisados na utilização de um sistema automatizado de análise do líquido dialisado.

Os resultados apresentados com base na análise pelo teste *t-Student* consideraram duas amostras independentes, com nível de significância  $\alpha < 0,05$ . O teste de hipótese para avaliação do cenário apresentado, considerou a hipótese  $H_0$  como a impossibilidade de que indivíduos com um score baixo nos aspectos de capacidade funcional e saúde mental utilizem de forma satisfatória o sistema para análise periódica da turbidez do seu líquido dialisado, bem como de manter os registros para monitoramento da sua situação de saúde. A capacidade funcional, adaptada nesse contexto a partir dos scores do SF-36, representa a condição do indivíduo em realizar atividades cotidianas como ler, escrever, alimentar-se sozinho etc. Há que se considerar, portanto, que o uso de um dispositivo cuja complexidade não exija nenhum conhecimento técnico avançado é uma condição *si ne qua, non*.

Tabela 5.2: Teste t: duas amostras presumindo variâncias diferentes

	25	40
Média		75
Variância		62.5
Observações	283.3333333	1491.666667
Hipóteses da diferença de média	4	4
gl	0	
Stat t	4	
P(T<=t) uni-caudal	0.593390829	
t crítico uni-caudal	0.292423191	
P(T<=t) bi-caudal	2.131846786	
t crítico bi-caudal	0.584846382	
	2.776445105	

Hipótese $H_0$	O score desse grupo permite inferir que existe maior capacidade em utilizar um equipamento médicoassistencial para monitoramento da turbidez do líquido dialisado
Hipótese $H_1$	O score desse grupo permite inferir que existe muita dificuldade desse grupo utilizar um equipamento médico assistencial para monitoramento do líquido dialisado

Em outras palavras, a hipótese nula considera que existe diferença entre essas médias. Por outro lado, a hipótese  $H_1$  considera que não há diferença entre as médias dos dois grupos.

A Tabela 5.2 demonstra a relação entre o teste de hipótese realizado e as médias avaliadas para cada grupo de indivíduos, o que sugere que o sistema, uma vez aplicado como auxílio na tomada de decisão de saúde para o grupo de indivíduos dialisados terá maior efetividade se utilizado por um indivíduo que tenha condições funcionais adequadas para sua operação

Essa análise foi realizada por meio do teste *t-Student*, considerando duas amostras com variâncias diferentes. O grupo de análise de indivíduos em diálise peritoneal domiciliar contém 19 indivíduos contra 5 em diálise peritoneal exclusivamente ambulatorial.

Para efeito de avaliação, a hipótese nula considerou que não existe diferença entre a média dos *scores* relativos à capacidade funcional dos indivíduos internados e em domicílio, sendo, portanto, aceita a hipótese  $H_0$ , presumindo duas amostras com variâncias diferentes.

## 5.2 RESULTADOS DOS TESTES COM O LÍQUIDO DE INFUSÃO PERITONEAL

### Valores da turbidez do Líquido Peritoneal pelo método *Snell-Descartes*

Os resultados ora apresentados nesse trabalho considera a fase da pesquisa *in vitro* que teve como objetivo a obtenção de parâmetros de leitura do líquido de infusão peritoneal. Esse líquido

é uma solução que muito se assemelha ao soro presente na cavidade do peritônio, normalmente composto por glicose a 1,5%, lactato de sódio a 0,5%, cloreto de sódio a 0,56%, cloreto de cálcio diidratado a 0,026%, água 100 ml, além de conteúdo eletrolítico Na+, Ca+, Mg++, Cl (FRESENIUS, 2010).

Realizando-se os cálculos obteve-se o valor de  $n_2$ , ou o a amostra de líquido de infusão apresenta um índice de refração de 0,010, ou um ângulo de  $0,57^\circ$ , aproximando-se da normal. Logo, embora pequeno, a amostra com líquido de infusão peritoneal possui uma refringência (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.

O procedimento foi repetido, dessa vez com o líquido de infusão peritoneal, nas mesmas condições anteriormente descritas. Após as marcações, o passo seguinte foi medir os valores obtidos pelos ângulos obtidos por meio do transferidor e aplicá-los à fórmula

$$n_1 * \sin \theta_1 = n_2 * \sin \theta_2 \quad (5.2)$$

Considerando se  $n_1$  e  $n_2$ , respectivamente, os valores referente à referência inicial (água destilada) e o líquido de infusão, foi percebida uma refração de 1,5 para  $n_2$ . Isso demonstrou que o líquido de infusão peritoneal possui uma turbidez mínima, muito próxima à reta Normal, com os seguintes valores:

- $n_1 = 1,5$ : referente a índice de refração do meio 1
- $n_2 =$  índice de refração procurado do meio 2
- $\sin(i) = 20,5^\circ$
- $\sin(r) = 23,5^\circ$

#### **Valores de absorvância/Turbidez do líquido de infusão obtidas pela espectrofotometria**

Utilizando o equipamento de espectrofotometria e aplicando a metodologia presente na presente na seção 2.3, os testes de leitura das amostras dos indivíduos demonstraram que existe uma absorvância relativa ao líquido dialisado, que registrou um valor máximo de 0.001, Figura 5.1, em todos os ensaios realizados.

Esse resultado demonstra que as condições de turbidez do líquido podem apresentar uma variância relativa a esse valor padrão, a depender das condições clínicas dos indivíduos.

O líquido de infusão peritoneal foi utilizado com referência, sendo obtidos os seguintes parâmetros de leitura, para cada um dos indivíduos pertencentes ao grupo de pesquisa composto por indivíduos internados. Esse grupo foi composto por cinco indivíduos, conforme detalhamento na seção 3.1.

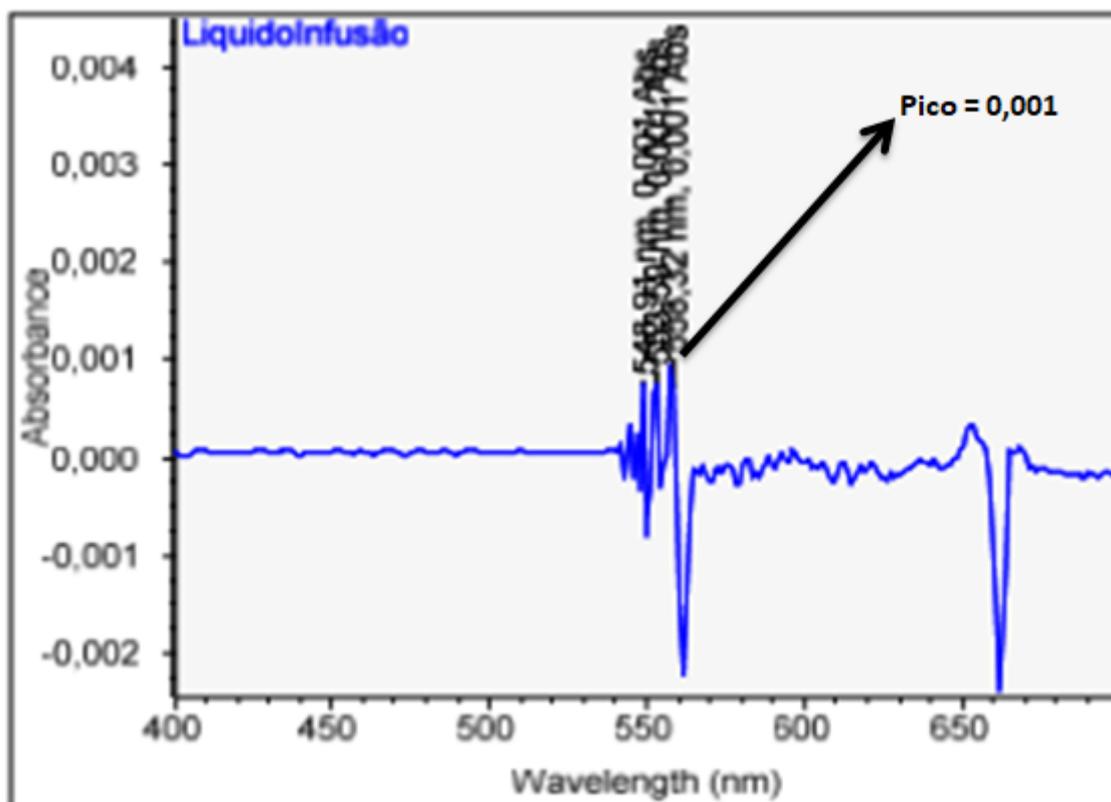


Figura 5.1: Espectro de absorvância do líquido de infusão utilizado na análise. O intervalo de ondas utilizado foi de 400 a 700 nanômetros, com pico padrão próximo a zero.

A leitura do líquido de infusão peritoneal, na proporção de 3,5 ml de líquido Baxter<sup>1</sup>, foi realizada pelo espectrofotômetro *Evolution 220*<sup>2</sup>, na faixa do visível entre 400 a 700 nanômetros.

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

Esses resultados foram obtidos por comparação entre o líquido de infusão peritoneal com a mesma quantidade de álcool isopropílico (na proporção de 70%). Dessa forma, considerou-se que o próprio líquido pelas suas propriedades e composição tem condições de ser utilizado como referência para leituras, o que se deu nas análises seguintes com o líquido peritoneal coletado de cada indivíduo.

A partir dos dados consignados pela leitura do líquido de infusão, pôde-se observar que em relação à sua absorvância, cada amostra individual dos indivíduos resultou em absorvâncias próprias. O detalhamento, por indivíduo a partir do teste de regressão, Tabela 5.3, demonstra que os fatores associados às condições de cada um deles, com o uso de algum medicamento por exemplo, pode de alguma forma interferir nesses resultados.

Observou-se, pela comparação dos resultados com o teste *ANOVA* uma diferença significativa

<sup>1</sup>Baxter Brasil. <http://www.latinoamerica.baxter.com/brasil/sobre-a-baxter/perfil-da-empresa/index.html>

<sup>2</sup>Fabricado pela Thermo Scientific

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 5.2: Parâmetros definidos para leitura do líquido de infusão pelo espectrofotômetro

Fonte: *Software Evolution 220*.

Tabela 5.3: Resultados obtidos a partir da leitura da absorbância do líquido dialisado dos cinco indivíduos participantes da pesquisa, a partir dos valores constantes da estatística de regressão de cinco coletas individuais

indivíduos	Variância F (teste Anova)
Pac001	17,21
Pac002	0,010
Pac003	22,84
Pac004	7.83
Pac005	0.46

Fonte: Pesquisador

do valor F, que mede as diferenças entre as variâncias desse grupo. Os valores podem ser interpretados a partir das condições clínicas de cada indivíduo, considerando que a maior variância,  $F = 22.84$ , corresponde a uma indivíduo que apresenta um quadro clínico favorável, não faz uso de nenhum medicamento para tratar alterações fisiológicas em contraponto à menor variância de  $F = 0,010$ , correspondendo a um indivíduo dialisado com diabetes mellitus, em tratamento constante de infecções, com amputação de ambos os membros inferiores e com quadro de hipertensão.

## Valores de Turbidez do Líquido Peritoneal Manipulado obtidos pelo protótipo desenvolvido na pesquisa

As análises consideraram a captação do sinal luminoso sem qualquer tipo de barreira ou difração de luz, diretamente na cubeta com a amostra. A luminosidade emitida por um Led de alto brilho, monocromático, com emissão de 130 *lúmens*, foi captada diretamente pela fotocélula. Foram realizadas sucessivas leituras dos dados captados pelo sensor LDR.

A cada inserção da cubeta com o líquido de infusão pigmentado nas cores amarelo, azul, verde, vermelho e preto. Cada uma das cubetas com uma amostra distinta foi submetida a um ciclo de dez leituras, com variação entre 39,50 e 40,90 *lux*, obtidos pela Equação 3.3 que faz a compensação do valor da resistência obtida pela luz incidente no LDR. O gráfico demonstrado na Figura 5.3.

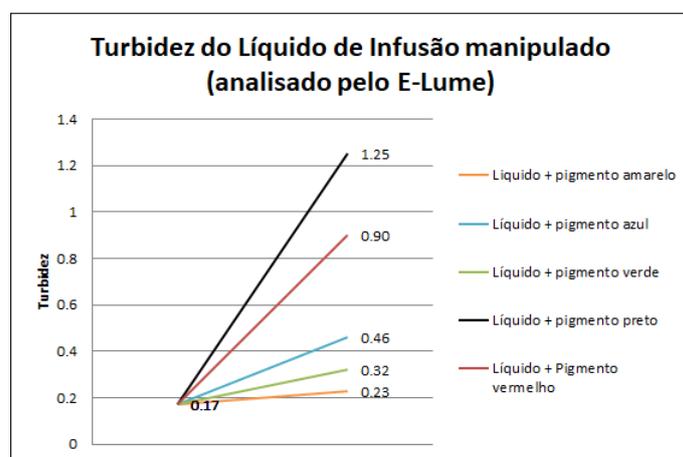


Figura 5.3: Gráfico com os valores de turbidez analisados pelo *E-LUME* obtidos das amostras de líquido de infusão peritoneal pigmentado em cores diversas.

Fonte: Pesquisador

## 5.3 RESULTADO DAS ANÁLISES DE TURBIDEZ DO LÍQUIDO DIALISADO DOS PARTICIPANTES

### Valores de absorvância/turbidez do dialisado pela espectrofotometria

A avaliação individual de cada indivíduo também deixou claro que a curva de absorvância no decorrer das análises tende a variação de acordo com o quadro clínico de cada um dos indivíduos. Pôde ser verificado pelas análises que, se as condições de realização da diálise peritoneal associada a um quadro clínico estável, a curva tende a uma constante.

Por outro lado, se existirem marcadores como infecções, anemias ou alguma alteração fisiológica, a curva de absorvância sofre uma alteração, mesmo quando o aspecto visual do líquido mostra-se inalterado. A análise indicou que a avaliação do líquido dialisado por um método eletrônico pode ter maior acurácia na avaliação do estado do indivíduo do que somente pela percepção

visual do aspecto desse líquido.

Essa constatação ficou evidente até mesmo no caso do indivíduo com variância muito baixa em relação aos demais, cujo aspecto visual do líquido dialisado não indicava nenhum tipo de marcador ou possibilidade de alterações.

Na figura 5.4, apresenta-se o gráfico das absorvâncias das análises de cinco coletas do participante 001. As quatro primeiras coletas indicam que houve um aumento da absorvância na faixa de 550 a 600 nanômetros. Isso indica que houve maior concentração de algum sedimento que nessa faixa do visível que absorveu mais luminosidade, permanecendo estável entre 0,02 e 0,04, mantendo-se acima da absorvância de referência, 0,001.

O líquido dialisado manteve-se sem alterações no aspecto visual, o que indica impossibilidade de acurácia somente pelo método visual. A representação gráfica da quinta coleta demonstrou uma absorvância alta, 0,14 pois a amostra refere-se à drenagem do líquido presente no peritônio do indivíduo antes do primeiro ciclo de infusão, no período de 24 horas de permanência na cavidade peritoneal.

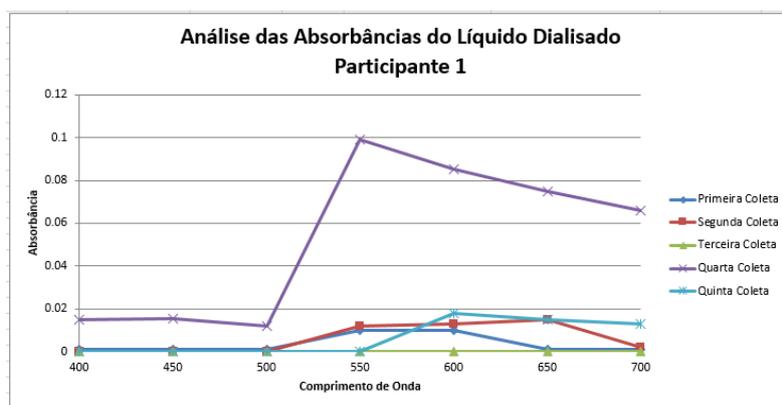


Figura 5.4: Gráfico do registro das absorvâncias das cinco coletas do participante 1.

Fonte: Pesquisador

O gráfico apresentado na Figura 5.5, mostra o comportamento das absorvâncias do participante 002. Esse indivíduo, em especial, apresenta um quadro de Diabetes e durante as análises de seu líquido dialisado encontrava-se sob administração de medicação para dores nas articulações e inflamações localizadas. O indivíduo do sexo masculino tem os dois membros inferiores amputados na altura dos joelhos. As quatro primeiras amostras analisadas durante as coletas demonstraram uma absorvância decrescente com picos estabilizados a partir de 600 nanômetros. As absorvâncias mantiveram-se acima do valor de referência obtido pela leitura do líquido de infusão, 0,001. Na quinta coleta, a absorvância apresentou o maior pico de todas as análises desse participante, em virtude da amostra ter sido coletada antes do primeiro ciclo de infusão,

Na sequência, o gráfico da Figura 5.6 apresenta o comportamento das absorvâncias do líquido peritoneal dialisado do participante 003. Esse indivíduo, do sexo feminino não apresenta nenhum outro problema de saúde paralelo à insuficiência renal. As leituras das amostras do líquido peritoneal também demonstraram um valor de absorvância acima do valor de referência do líquido de

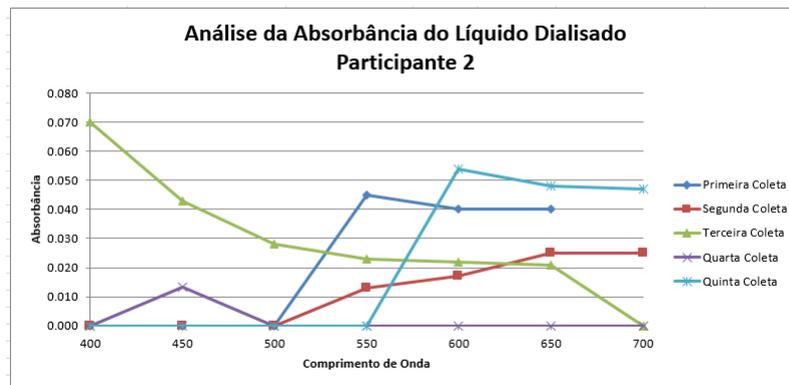


Figura 5.5: Gráfico do registro das absorbâncias das cinco coletas do participante 2.

Fonte: Pesquisador

infusão, 0,001, demonstrando que existem elementos presentes no líquido dialisado capazes de interferir na transmitância luminosa. O líquido dialisado do indivíduo não apresentou nenhuma característica do aspecto visual capaz de indicar a presença de sedimentos.

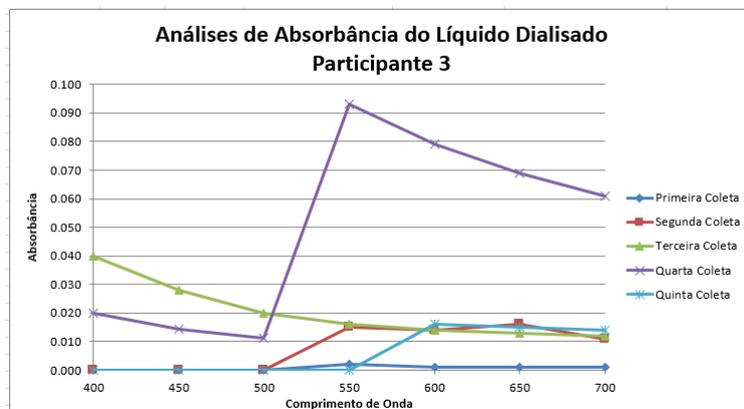


Figura 5.6: Gráfico do registro das absorbâncias das cinco coletas do participante 3.

Fonte: Pesquisador

O gráfico da Figura 5.7 refere-se ao participante 004. Esse participante, do sexo feminino, além da insuficiência renal é deficiente visual, portadora de cegueira completa. A indivíduo não está submetida a qualquer interferência de medicamentos para doenças paralelas. Os maiores picos de absorbância do líquido dialisado da indivíduo foram na faixa de 400 a 450 nanômetros, permanecendo abaixo de 0,020 porém acima do valor de referência do líquido de infusão peritoneal, 0,001. A amostra da quinta coleta demonstrou um pico de 0,16 em decorrência da coleta ter sido realizada durante a primeira drenagem do líquido em permanência na cavidade peritoneal no período de 24 horas.

O último gráfico demonstrado pela Figura 5.8, seguiu o mesmo padrão de absorbância acima do valor de referência na primeira e quinta coletas. Essa participante, do sexo feminino, é a com idade mais avançada em relação aos participantes anteriores (72 anos) sendo a indivíduo em maior tempo na terapia no centro de diálise peritoneal. As amostras analisadas na segunda, quarta e quinta coletas só foram realizadas a partir do terceiro ciclo de infusão e não apresentaram

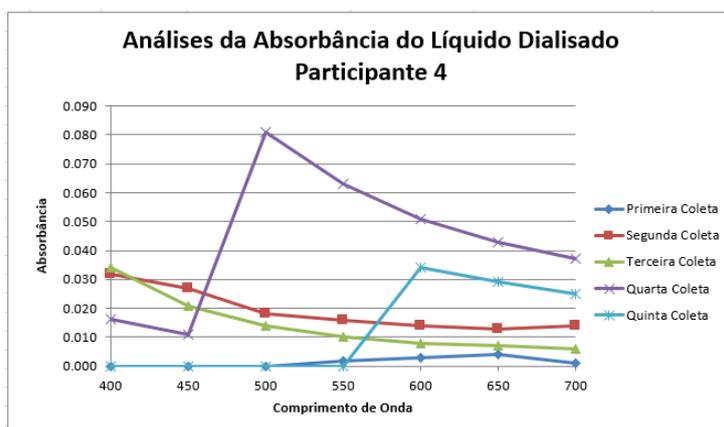


Figura 5.7: Gráfico do registro das absorbâncias das cinco coletas do participante 4.

Fonte: Pesquisador

alterações significativas em relação ao valor de referência.

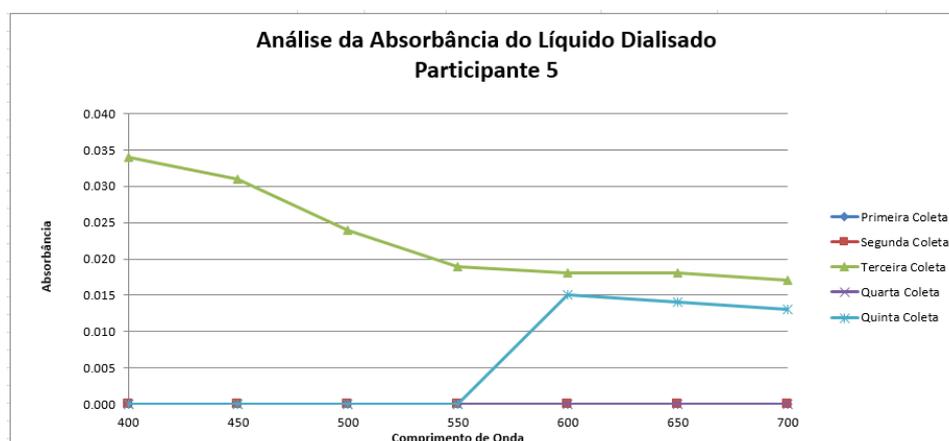


Figura 5.8: Gráfico do registro das absorbâncias das cinco coletas do participante 5.

Fonte: Pesquisador

A análise de todas as amostras demonstrou que as absorbâncias foram decrescendo ainda que os picos de onda apresentassem uma absorbância acima do líquido de referência utilizado como branco. Esses resultados são mais perceptíveis nos participantes 3 e 4. Nos participantes 2 e 5, o crescimento da absorbância nas últimas análises tendeu a um aumento progressivo à medida em que esses indivíduos apresentaram um quadro clínico menos favorável que os demais. Para melhor preceber essas diferenças de leituras, a Figura 5.9 demonstra o comportamento das análises dos líquidos peritoneais drenados de todos os indivíduos, nas mesmas condições de coleta, leitura e comparação com o referencial adotado nessa análise.

É preciso levar em consideração na análise desses resultados que não se buscou demonstrar que existe uma diferença negativa entre cada um dos indivíduos, considerando a quantidade de coletas realizadas. A análise da turbidez evidencia que individualmente essa condição pode ser comprovada e adequando-se os parâmetros de análise é possível argumentar sobre a contribuição da análise da turbidez ao longo de um período maior pode demonstrar a real situação do indi-

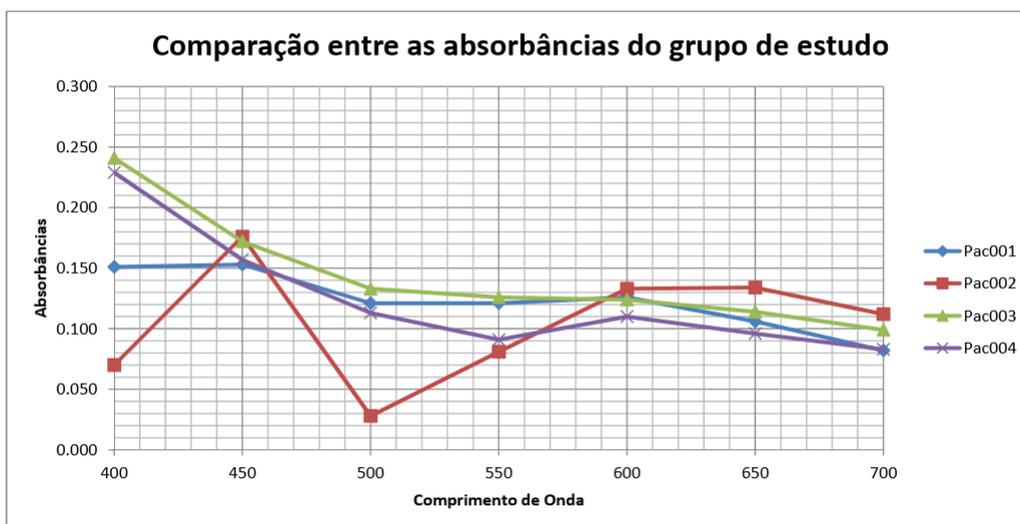


Figura 5.9: Gráfico do registro das absorvâncias totais das cinco coletas dos cinco indivíduos analisados. As leituras de absorvâncias foram na faixa do visível entre 400 e 700 nanômetros. Fonte: Pesquisador

víduo em diálise peritoneal, sempre contando com a avaliação do profissional médico quanto às alterações da turbidez, o que pode ensejar a necessidade de, como é um padrão na terapia diálise peritoneal, realizar exames mais ostensivos.

### 5.3.1 Comparação dos resultados das análises do líquido dialisado obtidos pelo método de espectrofotometria e pelo protótipo de análise de turbidez

Os resultados obtidos pelas análises de absorvância das amostras coletadas dos participantes comprovaram que o líquido dialisado peritoneal tem sua turbidez alterada a cada sessão de diálise peritoneal. Um aspecto relevante nessa observação é que no caso de indivíduos submetidos a algum tipo de profilaxia antes ou durante a sessão de DP, a turbidez do líquido sofre alteração em seu aspecto.

No caso do participante 002, por exemplo, teve quadros hipoglicêmicos alterados em algumas oportunidades, antes e após a coleta das amostras. Ficou demonstrado que, ainda que imperceptíveis a olho nú, a turbidez sofre leves alterações e portanto seu acompanhamento contínuo é mais eficaz do que apenas a avaliação visual.

Nas análises realizadas com o protótipo, considerando inclusive a turbidez padrão obtido nos testes de bancada em laboratório, com observância do ângulo de refração do *laser*, Seção 3.2.1, a alteração da turbidez ficou muito próxima dos valores anteriormente obtidos.

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.

Se observarmos as análises realizadas com os indivíduos, subseção 5.3, fica demonstrado que os valores das cinco maiores absorvâncias, ou nos picos onde ficou constatado que o líquido dialisado estava mais turvo que o valor de referência.

Infere-se, portanto, que as análises obtidas por meio do *E-LUME* podem ser considerados satisfatórios no sentido de auxiliar na avaliação da turbidez do dialisado de forma mais precisa.

O gráfico da Figura 5.10 demonstra claramente a proximidade dos valores obtidos entre os métodos aplicados na pesquisa, em especial a absorvância luminosa.

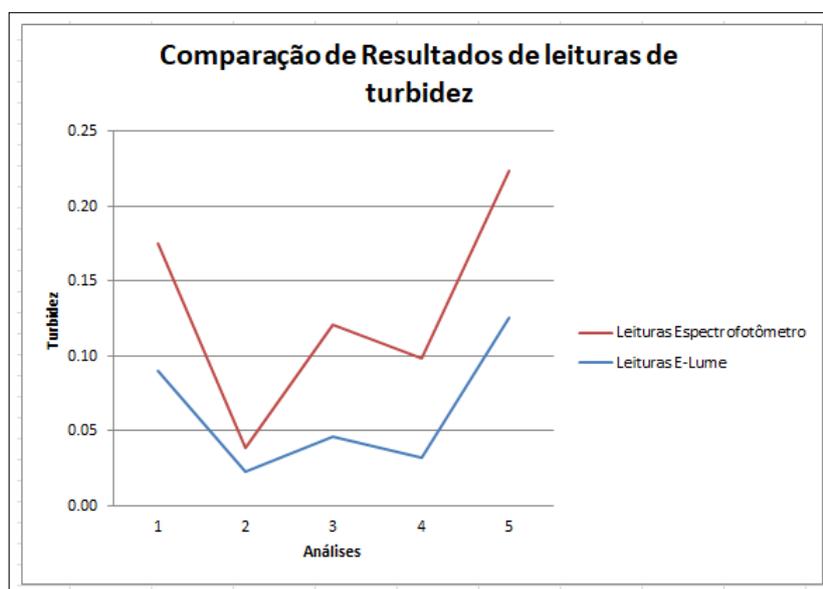


Figura 5.10: Gráfico comparativo das análises do líquido dialisado. Cinco maiores absorvâncias obtidas pela emissão de luz, no equipamento comercial de espectrofotometria e pelo protótipo *E-LUME*. Fonte: Pesquisador

## 5.4 DISCUSSÕES

### Qualidade de vida de indivíduos em Diálise Peritoneal

O sentimento de inutilidade causado pela doença renal é um dos problemas que precisam ser enfrentados pelos profissionais de saúde que acompanham esses indivíduos. Muitos deles cultivam um sentimento de rejeição social e familiar por não se sentirem produtivos, ou até mesmo um fardo para seus familiares e para a sociedade (BEZERRA; SANTOS, 2008).

As ciências médicas há tempos desenvolveram tratamentos renais substitutivos com o objetivo da manutenção das funções renais prejudicadas por fatores de saúde diversos. Para doentes renais crônicos, esses tratamentos não representam a cura para a doença, mas apenas um período de sobrevivência face às limitações impostas pela doença. Doentes renais terminais ficam impossibilitados de trabalhar, estudar ou realizar tarefas comuns do dia a dia, prejudicando ainda mais uma condição de saúde que já é bastante severa (OLIVEIRA *et al.*, 2012).

O indivíduo renal em fase inicial submetido a uma terapia renal substitutiva, como a diálise peritoneal (DP), tem condições de prosseguir com sua vida e suas atividades rotineiras. Embora Rossi *et al* (2011), tenham levantado que comparativamente não existem muitas diferenças na

qualidade de vida entre indivíduos da DP e indivíduos submetidos à hemodiálise (HD), o simples fato da dependência do uso de uma máquina de diálise de 3 a 4 vezes por semana limita muito a possibilidade de indivíduos em HD terem uma vida normal (Rossi dos Santos *et al.*, 2011). Pode então concluir que o uso de tecnologias, relacionados aos conceitos de assistivas, podem então representar mais um fator positivo para promover aos indivíduos maior qualidade, segurança e o apoio necessário à boa realização da terapia, seja ela DP ou HD, enquanto essa se fizer necessária (CHEN *et al.*, 2017).

O conceito de qualidade de vida para indivíduos com insuficiência renal está muito atrelado aos avanços tecnológicos aplicados às terapias dialíticas (ARENAS *et al.*, 2009) que possam promover maior conforto, segurança e possibilidade de executar suas rotinas diárias, apesar das limitações da doença. Neste sentido, o uso de tecnologias tem um aspecto fundamental na promoção desse aumento de qualidade de vida, sejam pela inserção de novas metodologias, seja pela possibilidade da promoção da informação ao indivíduo em relação a aspectos como cuidados, procedimentos, protocolos e até mesmo pela maior interatividade entre indivíduo e profissional de saúde.

A Qualidade de Vida Relacionada à Saúde (QVRS), portanto, é um fator preponderante nas terapias renais substitutivas, vez que ela representa a possibilidade do indivíduo realizar atividades cotidianas. Muitos indivíduos em terapia renal substitutiva trabalham, executam tarefas do lar normalmente, estudam e gozam de lazer. Conforme os estudos de Oliveira *et al.* (OLIVEIRA *et al.*, 2012) o suporte psicossocial dos profissionais da saúde aos indivíduos em terapia renal é um fator bastante positivo durante o período de tratamento, assim como a convivência entre grupos de indivíduos nessa mesma condição também é um fator benéfico. A existência, portanto, de um mecanismo que promova esses relacionamentos pode representar mais um ganho na terapia renal substitutiva (ARENAS *et al.*, 2009).

Avaliar a QVRS para indivíduos dialíticos não é uma das tarefas mais fáceis, visto que outros fatores podem estar presentes dificultando ainda mais a rotina normal desses indivíduos. Estudos recentes têm observado, por exemplo, que indivíduos diabéticos e idosos em terapia renal substitutiva tem sua qualidade de vida reduzida ainda mais. No primeiro caso, além da rotina terapêutica, pesa contra esses pacientes a necessidade do uso de uma série de medicamentos necessários ao controle da diabetes (Rossi dos Santos *et al.*, 2011).

Uma das maneiras de avaliar o nível de qualidade de vida a que esses indivíduos estão submetidos é pelo uso de instrumentos como o índice de performance física *Karnofsky* e pela autoavaliação que pode ser realizada pelo próprio indivíduo pelo SF-36, que é uma versão reduzida do questionário *Medical Outcome Trust*. O mais importante é que o próprio indivíduo possa dispor de alguma ferramenta que sirva como avaliadora de sua própria condição, levando-se em conta aspectos subjetivos que fazem parte do seu dia a dia e que tem interferência direta com a eficácia da terapia a que está submetido.

Por meio daquelas ferramentas de avaliação, é possível traçar um perfil estatístico da QVRS de grupos distintos de indivíduos dialíticos. Rossi *et al.* propuseram um estudo em que, avaliando-se

a qualidade de vida de indivíduos diabéticos e não diabéticos, em diálise peritoneal, considerando os aspectos físicos e mentais (Rossi dos Santos *et al.*, 2011). A tabela 5.4 demonstra, no estudo realizado, que os aspectos físicos foram o que tiveram maior impacto na qualidade de vida dos indivíduos, principalmente no correspondente à disposição e capacidade de locomoção.

Tabela 5.4: Condições avaliadas para a qualidade de vida de indivíduos em diálise peritoneal considerando a condição da presença de diabetes.

Condição	Média ± desvio padrão	p
Capacidade Funcional: Não diabético Diabético	55,26 ± 30,72 39,86 ± 29,13	< 0,0001
Aspectos físicos: Não diabético Diabético	48,64 ± 44,62 36,59 ± 42,43	< 0,0001
Dor: Não diabético Diabético	69,53 ± 24,79 63,96 ± 24,87	< 0,0001
Saúde mental: Não diabético Diabético	49,46 ± 16,80 44,53 ± 17,21	< 0,000

Fonte: Adaptado de Rossi et al, (Rossi dos Santos *et al.*, 2011).

### **Tecnologia Assistiva para auxiliar em diagnósticos médicos**

A palavra final no diagnóstico de qualquer doença é sempre do médico. As tecnologias aplicadas à saúde não têm o poder de substituir a avaliação do profissional qualificado para diagnosticar e tratar enfermidades. A tecnologia assistiva aparece no cenário clínico como uma ferramenta auxiliar, facilitadora, contribuidora tanto na identificação de doenças quanto nas terapias a elas empregadas.

Qualquer recurso que possa contribuir para a independência e autonomia de uma pessoa com algum tipo de dificuldade pode ser considerado uma Tecnologia Assistiva (TA). Esse termo, relativamente novo no Brasil, aplica-se desde artefatos ou objetos simples, até sistemas computacionais (BERSCH, 2013), especialmente no que se refere à mobilidade.

Com as constantes inovações no campo computacional, em especial com o advento da Internet, a utilização de tecnologias assistivas têm-se mostrado bastante promissora também nos recursos tecnológicos empregados na área de saúde.

Isso decorre do fato de que tecnologias assistivas podem ser embarcadas em dispositivos diversos como computadores, *smartphones*, *tablets* entre outros dispositivos, facilitando diagnósticos ou contribuindo para acompanhamento de vários tipos de tratamentos médicos.

Estudos demonstram como o uso da tecnologia da informação e dispositivos eletrônicos tem contribuído para o alcance de resultados mais eficazes para o tratamento e prevenção de doenças, (ALVES; MATSUKURA, 2014). No caso dos indivíduos em terapia renal substitutiva, algumas pesquisas científicas sobre dispositivos médicos (HARRINGTON *et al.*, 2014) sugerem que o

uso dessas tecnologias favorece a permanência dos indivíduos na terapia (JACOBOWSKI; BORELLA; LAUTERT, 2005).

O uso de tecnologias móveis, em dispositivos como *smartphones*, *tablets* e similares estão ganhando cada vez mais destaque nas inovações tecnológicas para auxílio às atividades de saúde (MIRZA; NORRIS; STOCKDALE, 2008), indo inclusive para o campo das tecnologias conhecidas como *weareble* ou tecnologia das coisas. Tais dispositivos permitem, por exemplo o monitoramento de parâmetros fisiológicos e até instabilidades hemodinâmicas (PIELAWA *et al.*, 2012).

Originalmente, o termo tecnologia assistiva foi empregado para denominar dispositivos e sistemas que contribuíssem para auxiliar no tratamento ou para contribuir em questões médicas relativas à mobilidade de indivíduos acometidos por algum tipo de deficiência, motora ou neurológica, dando-lhes melhores condições na execução de tarefas simples.

Com advento de tecnologias de comunicação e transmissão de dados avançadas, esse termo pode ter uma utilização mais ampla, contemplando também sistemas e dispositivos que auxiliam também em outras rotinas médicas, principalmente no monitoramento e diagnósticos de doenças à distância, (HARTIN *et al.*, 2014).

O Comitê Brasileiro de Tecnologia Assistiva (CBTA) definiu, em 2007 a seguinte proposição:

”Tecnologia Assistiva (T.A.) é uma área do conhecimento, de característica interdisciplinar, que engloba produtos, recursos, metodologias, estratégias, práticas e serviços que objetivam promover a funcionalidade, relacionada à atividade e participação de pessoas com deficiência, incapacidades ou mobilidade reduzida, visando sua autonomia, independência, qualidade de vida e inclusão social.”

Favorecer o desempenho de tarefas rotineiras, que para pessoas normais podem ser muitas vezes imperceptíveis, às pessoas em situação de dependência é um dos objetivos do uso de tecnologias assistivas. Utensílios domésticos, assessórios que facilitam o uso de objetos do dia a dia, apoios em escadas entre outros, são alguns exemplos da enorme lista de possibilidades que a TA pode proporcionar. Um simples suporte para talher pode representar a independência de pessoas com mobilidade reduzida e é um exemplo de tecnologia assistiva aplicada na ergonomia de objetos.

O objetivo de se promover a inclusão por meio de tecnologia assistiva, no contexto e sob a ótica da Engenharia Biomédica, é propiciar a inserção de novos recursos que aumentem, facilitem ou permitam que pessoas em tratamento médico, seja por problemas fisiológicos ou por limitações físicas, também possam executar tarefas simples de maneira autônoma e satisfatória às suas necessidades de mobilidade ou do próprio tratamento médico (ALVES; MATSUKURA, 2014). Assim, fica claro que não é tão somente no que se refere à mobilidade que as tecnologias assistivas assumem um significado mais abrangente mas também quando são inseridas no contexto de saúde como facilitadoras no tratamento de doenças ou no auxílio terapêutico, coletando, avaliando e gerando informações que podem ser utilizadas no contexto terapêutico.

No campo computacional, os recursos de TA também encontram um ambiente favorável ao desenvolvimento de sistemas voltados ao atendimento de necessidades especiais das mais variadas. O advento da Internet nos anos 90 ampliou ainda mais as possibilidades com o uso dos recursos da rede mundial de computadores. Rita Bersch, em "Introdução à Tecnologia Assistiva (2013), elenca diversas situações e propostas destinadas a atender pessoas com diversos tipos de necessidades (BERSCH, 2013).

O impacto causado pelo uso da tecnologia da informação (TI) nas questões relativas à saúde tem se mostrado positivo em países em desenvolvimento. Estudos relatam a existência de sistemas de comunicação entre instituições que ajudam a localizar e monitorar indivíduos em situação de abandono de tratamentos, ou no auxílio à distribuição de medicamentos entre determinadas regiões (BLAYA; FRASER; HOLT, 2010). Surge, assim, uma nova era no uso de tecnologias, em especial com as possibilidades promovidas pela Internet, para contribuir nas tomadas de decisão em saúde e no auxílio aos diagnósticos de diversas doenças.

### **O uso da tecnologia para monitoramento de indivíduos em da diálise peritoneal**

O acompanhamento de indivíduos num centro de diálise público revela um cenário desolador, não no sentido da prestação da assistência a esses indivíduos, mas pela condição humana de cada um. Revelada sob o olhar do pesquisador, a situação individual de cada ser humano ali dependente do auxílio e das boas práticas em saúde dos profissionais médicos, enfermeiros, auxiliares e demais pessoal de apoio, traz indagações que muito remetem para quão interessante seria se cada um deles, respeitando sua situação individual. Os problemas de saúde paralelos à própria condição de dialisado, necessidades específicas de acompanhamento entre outras especificidades, pudessem contar com algo mais, algo proveniente das facilidades que a assistividade promovida pela tecnologia pudesse prover, o que, pelos estudos de Harrington et al (2014), (HARRINGTON *et al.*, 2014), pode promover resultados mais favoráveis à qualidade de vida desses indivíduos.

Para ilustrar essa premissa de que a tecnologia assistiva, ainda que não inserida no universo de uma terapia tão específica e profunda como a diálise peritoneal, poderia representar um fator positivo para um grupo de indivíduos nessa condição, dois casos ao mesmo tempo díspares mas igualmente dependentes no cenário em que esses indivíduos estão inseridos, serão utilizados como exemplo: o primeiro, um senhor acima dos sessenta anos de idade, diabético, amputado em ambos os membros inferiores, com funcionalidade renal completamente comprometida e com sinais de alteração cardiovascular, em uma indagação do pesquisador sobre sua percepção de futuro como indivíduo, demonstra uma fraqueza emocional relativamente alta. Durante sua permanência no setor de diálise, prescrita como uma rotina de internação de 36 horas para sessões de diálise peritoneal, alternada com 48 horas de repouso domiciliar, esse indivíduo sempre apresenta alguma piora em sinais fisiológicos diversos, provavelmente por algum tipo de descontrole, falta de algum monitoramento específico.

O segundo caso, refere-se a uma pessoa do sexo feminino, cega, inserida na diálise peritoneal, em regime de 36 horas de diálise por 48 de descanso, refere-se à sua vida como plenamente ativa, sem limitações que a impeçam de realizar outras atividades que mesmo com sua condição de

deficiente visual, são permitidas de se realizar. No entanto, por questão de auxílio de terceiros, o que a impede da realização da terapia em período integralmente domiciliar.

Numa análise dos dois casos, fica a nítida impressão de que, o primeiro indivíduo, numa situação bem mais complicada, teria talvez um benefício maior para mitigar determinadas complicações decorrentes de sua condição limitante, tanto pela insuficiência renal como pelos outros fatores fisiológicos que perturbam sua saúde.

Ainda que a tecnologia assistiva tenha a possibilidade de lhe suprir sua extrema dificuldade de mobilidade, usada nesse contexto restrito ela não auxilia nas outras questões mais delicadas, como o monitoramento de preditores negativos em sua condição fisiológica, o que, segundo Barbosa *et al* (Rossi dos Santos *et al.*, 2011), demonstra a inépcia da tecnologia assistiva quando restrita a um contexto muito rígido. O caso seguinte, do indivíduo com deficiência visual, também não requer uma assistividade plenamente motora, o que aliás não é o fator limitante para sua permanência na diálise ambulatorial em contraponto à realizada totalmente em domicílio, mas flagrantemente pela necessidade de um constante auxílio por meio da interlocução de um sistema assistivo que a aproximasse de seus cuidadores, sem necessariamente ter que estar fisicamente presente junto a eles.

Dessa maneira, a inserção da tecnologia assistiva toma ares de auxílio técnico que, mesmo se de um lado promove certa tranquilidade ao indivíduo na continuidade de sua terapia, por outro consegue manter o controle da situação por parte da equipe de saúde, reduzindo a incidência de fatores que acabam por prejudicar a sequência de terapias provida aos indivíduos, ou ao menos evitar a necessidade de ações mais invasivas ou profilaxias corretivas. As ações de saúde que aderem ao uso de tecnologias da informação em suas mais variadas técnicas, em especial com a conjugação de dispositivos eletrônicos e monitoramento remoto é, pelo que foi analisado por Rojahn *et al.*, (ROJAHN *et al.*, 2016), algo que já possui grande interesse por parte das autoridades, devido aos benefícios que esses recursos trazem aos indivíduos em condição renal prejudicada e também no que diz respeito a economia e melhor aproveitamento de recursos financeiros destinados ao tratamento desses indivíduos.

### **Considerações sobre a tecnologia *m-Health***

A utilização dos conceitos de *m-Health*, *Mobile Health*, do Inglês *Mobile Health*, foi definido por Kay como *Emerging Mobile Communications and Network technologies for healthcare*. Essa terminologia representa um novo horizonte para a inserção de tecnologias computacionais na área médica (KAY, 2011). Assim, *m-Health*, que também é considerado como uma variação do termo *e-Health*, do Inglês *Electronic Health*, é a integração das tecnologias de rede e de comunicações móveis para cuidados com a saúde.

O termo *m-Health* está direcionada ao uso de tecnologias *wifi*, *bluetooth*, GSM/4G, e tem por finalidade a conexão e transmissão de dados e conteúdos de saúde, conforme Blaya *et al* (BLAYA; FRASER; HOLT, 2010).

O *m-Health* tem um enorme potencial de promover serviços de saúde, principalmente em

países em desenvolvimento. Esses dispositivos podem ser utilizados por profissionais da área de saúde para obterem informações e auxílio durante o atendimento a indivíduos.

Dentre as utilizações de dispositivos baseados nos conceitos de *m-Health*, os profissionais da saúde podem dispor de registro eletrônico de indivíduos, gestão de informações laboratoriais, sistemas de informação sobre medicamentos, sistemas de avaliação e acompanhamento de indivíduos em *home care* (TANG *et al.*, 2012), sistemas de suporte à decisões clínicas, sistemas de alerta a indivíduos e sistemas de armazenamento de dados para pesquisa em saúde.

A independência do indivíduo deve ser o grande foco no desenvolvimento de soluções tecnológicas baseadas em dispositivos que privilegiem essa característica (VODAFONE, 2015). Também consideram que tomadas de decisão relacionadas aos cuidados em saúde devem sempre privilegiar a participação do indivíduo, por isso a importância de dispositivos que possam contribuir neste sentido.

Diversos estudos revelam que mensagens SMS tem grande influência na divulgação e no comportamento humano, chegando a colocar sua eficiência e alcance acima até mesmo do rádio e da televisão (KAY, 2011). Os alertas SMS, segundo especialistas, chegam mais facilmente a áreas rurais ou afastadas, cujo acesso a clínicas e centros de saúde é complicado por fatores geográficos ou econômicos. Países da África, Índia etc, promovem campanhas educativas a respeito do HIV/AIDS por meio do envio de mensagens SMS devido ao seu baixo custo, conveniência, amplo alcance e popularidade.

Uma das áreas mais adequadas ao uso de tecnologias móveis é o monitoramento remoto de indivíduos. Esse recurso abre uma grande possibilidade no acompanhamento de indivíduos que estejam fora dos ambulatórios, principalmente em países em desenvolvimento cujo acesso a leitos de hospital é bastante escasso (KAY, 2011).

O monitoramento remoto ainda possibilita verificar as condições do indivíduo, promover cuidados personalizados e até mesmo prescrever medicações. Indivíduos portadores de doenças crônicas, quando submetidos a um monitoramento constante, representam um aumento das taxas de sobrevivência (XU *et al.*, 2014) e isso é um indicador importante.

O grande desafio em países em desenvolvimento é a escassez aguda de profissionais em saúde. O treinamento de pessoas para atuarem nessa área é de suma importância, bem como a capacitação de profissionais já atuantes da área aumenta a satisfação e reduz atritos. A conexão de agentes de saúde, auxiliares, enfermeiros e médicos à fontes de informação sobre saúde, via tecnologia móvel, é uma forma de ajudá-los a encontrar suporte para suas dúvidas e necessidades constantes.

A capacidade dos dispositivos móveis em capturar e transmitir informações pode auxiliar no controle e prevenção de doenças. Diversos países em desenvolvimento utilizam aplicativos móveis para alertar autoridades públicas de saúde sobre a propagação de doenças infectocontagiosas (CONSULTING, 2009).

Indivíduos em tratamento domiciliar, ou que se encontrem em áreas distantes de centros de saúde, podem se beneficiar das tecnologias móveis quando, por meio desses dispositivos, se co-

municam com profissionais que podem auxiliá-los com ações e diagnósticos. É possível até mesmo a prescrição de tratamentos a partir do envio de uma foto de uma lesão, ou para avaliar a urgência na procura de um hospital.

O crescimento das comunicações móveis no decorrer das últimas décadas tem representado uma nova esperança para a promoção da qualidade de vida das pessoas no que tange à saúde. O uso das tecnologias móveis traz maior acesso aos cuidados de saúde e de informações relacionadas à saúde, maior habilidade em diagnosticar e identificar doenças e a expansão do acesso à educação médica contínua e treinamento de profissionais da saúde geograficamente distribuídos (CONSULTING, 2009).

O desafio de governos, empresas e organizações não governamentais, ONG's é alavancar novas ferramentas e soluções para o enfrentamento dos crescentes desafios em saúde, face às novas doenças como a Influenza e tantas outras associadas à questão da pobreza extrema e a escassez mundial de profissionais da saúde. Assim, as tecnologias móveis, em especial os telefones celulares, por chegarem em número expressivo a países em desenvolvimento, comparativamente a outras tecnologias, representam um grande aliado nesse objetivo.

A complexidade no desenvolvimento de sistemas não está diretamente relacionada ao sucesso da aplicação ao que se pretende. Em se tratando de questões relativas à saúde muitas vezes a simplicidade traz resultados mais abrangentes e satisfatórios.

Em que pese o uso das tecnologias estarem muito avançadas, esses mesmos avanços permitem que operações que ora demandavam o uso de diversos tipos de recursos, como servidores, tecnologias de acesso a dados específicos entre outros, hoje pode ser realizada com o uso de um único dispositivo móvel.

Com o advento e constantes avanços da tecnologia móvel em especial ao advento das redes 3G e 4G, o uso de aparelhos como os *smartphones*, *tablets* e similares, permitem que se vá muito além de um simples envio de SMS como meio de comunicação entre ações de saúde e respectivos indivíduos. Essa possibilidade de comunicação teve, além do próprio avanço nas tecnologias de transmissão de dados a partir do investimento das grandes operadoras no sentido de ampliar a rede de comunicação, a evolução dos próprios aparelhos, cujos custos permitiram um barateamento e conseqüentemente maior número de pessoas com condições de adquirí-los.

É inegável que tal recurso ainda representa um grande avanço, principalmente em regiões remotas do mundo, como na África. Como informa Fava *et al* (FAVA, 2014) na obra em parceria com a FAO, tais dispositivos são utilizadas por entidades ligadas à ONU para obter informações relativas a diversos campos de interesse, sendo os relativos à saúde de importância prioritária.

Resumindo, o uso das tecnologias móveis, de acordo com o que informa (CONSULTING, 2009), traz os seguintes benefícios:

- Maior acesso aos cuidados de saúde e de informações relacionadas à saúde;
- Maior habilidade em diagnosticar e identificar doenças;

- Expansão do acesso à educação médica contínua e treinamento de profissionais da saúde geograficamente distribuídos.

Observa-se, então, o papel importante da tecnologia *m-Health* que possibilita, entre outras coisas, o compartilhamento de informações, o bem estar do indivíduo e cuidados preventivos. Esses benefícios permitem ao profissional de saúde o maior controle e eficiência no combate a diversos tipos de doenças (MEDEIROS *et al.*, 2016).

### **Contribuição da tecnologia nas práticas e tomadas de decisões em saúde**

A popularização dos *smartphones* e *tablets* impulsionou o desenvolvimento de uma enorme quantidade de aplicativos voltados às questões de saúde. Estima-se que existam hoje mais de 165.000 aplicativos dessa natureza. Desde simples contadores de passos usando recursos embarcados nos próprios aparelhos, lembretes via mensagens para prática de alguma atividade física e até sofisticados aplicativos para realizar consultas médicas. Neste último quesito, a legislação brasileira é bem rigorosa e estabelece algumas restrições, (PRADO, 2016), além das manifestações de entidades médicas que não recomendam o uso de tais aplicativos para a prestação de serviços.

O mercado de aplicativos tem oferecido a cada dia uma nova opção nesse nicho de mercado. Muitos desses aplicativos no entanto não possuem nenhuma base científica ou estudos que os tornem pervasivos ou mesmo inseridos dentro dos conceitos de *m-Health*.

De acordo com uma estimativa da Juniper Research *Juniper Research*, o número de usuários que utilizarão aplicações *mobile* deve chegar, em 2020, a mais de 157 milhões de pessoas. Até mesmo a Organização Mundial de Saúde, percebendo essa tendência crescente, disponibilizou um checklist para auxiliar e estimular essa tendência, (MISRA, 2016).

Considerando os doentes crônicos, em especial os dialisados, objeto deste estudo, os gastos com investimentos em saúde e tratamento são desproporcionalmente onerosos, principalmente para a realidade brasileira. O uso de aplicativos *Mobile Health* oferecem nesse cenário um meio contínuo, a longo prazo de monitorá-los e promover assim uma melhora na prestação do atendimento à saúde desses indivíduos (PRADO, 2015).

Diversos projetos de pesquisa seguem no rumo de desenvolver ferramentas baseadas em tecnologia pervasiva, em especial voltadas para equipamentos móveis como celulares, que facilitem o enfrentamento de problemas de saúde, desde a simples troca de experiência com o registro de informações e compartilhamento delas. Esses recursos provindos da tecnologia da informação tem contribuído na tomada de decisão em diversos casos, como relatados na pesquisa de Tang *et al* (TANG *et al.*, 2012).

Para melhor compreensão de como a ciência tem tratado desse tema, serão elencados aqui alguns dos estudos cujo foco tem muita aproximação com os objetivos da presente pesquisa, no que se refere a usar a tecnologia assistiva dentro do contexto da boa prestação do atendimento ao indivíduo, não somente no que se refere à mobilidade como tem sido usado o termo tecnologia assistiva ou *m-Health*.

Um sistema de colaboração informal em hospitais (MEJÍA; FAVELA; MORÁN, 2008), oferece uma solução para melhorar a comunicação entre profissionais da saúde dentro de um centro clínico. Os pesquisadores partem da premissa de que muitas vezes um determinado atendimento médico pode contar com a colaboração entre profissionais partindo de uma conversa informal de corredor. A proposta traz a idéia de um sistema de computação pervasiva que integre os conhecimentos de determinadas especialidades num esquema colaborativo, como numa rede social especialista, com a possibilidade de interação por diversos equipamentos eletrônicos como *smartphones*, *notebooks*, PDA's entre outros.

Essa experiência remete ao uso de tecnologias móveis, conectividade e interatividade imediatas, retirando Gap existente para uma discussão acerca de um problema. A idéia então é que durante a conversa um dos profissionais acesse seus dados e arquivos por meio do sistema pervasivo, pelo dispositivo heterogêneo, e compartilhe com o outro profissional.

Outro grande nicho de mercado que tem surgido nos últimos anos na área de aplicativos para a saúde são os que auxiliam na avaliação de medicamentos. Um desses aplicativos foi lançado pela Farmacêutica Roche, com o objetivo de testar a eficácia de um determinado medicamento para a doença de *Parkinson*. Esse aplicativo foi desenvolvido na Plataforma *Android* e coleta dados para serem usados como previsão de scores da Escala Unificada de Classificação da Doença de *Parkinson* - UDPRS.

Um sistema de medição de uréia no sangue, não invasivo, foi proposto com o objetivo de auxiliar na avaliação da concentração da uréia de indivíduos dialisados. O sistema tem uma proposta interessante, que pretende através da leitura óptica na urina do indivíduo, analisar pelo método da absorvância (MARTÍNEZ; BRAGÓS, 2005). A medida da concentração considera que uma determinada faixa de onda vai decrescendo à medida que vai sendo absorvida pelas moléculas de uréia. Além de não causar qualquer incômodo ao indivíduo, esse equipamento proposto na pesquisa também foi idealizado sobre tecnologias e dispositivos eletrônicos de baixo custo, o que aumenta muito a possibilidade de produção e consequente distribuição para vários centros clínicos, gerando economia e praticidade.

## 6 CONCLUSÕES

As alterações do líquido dialisado, quando percebidas pelo profissional de saúde, são objeto de estudo e investigação laboratorial como complemento ao diagnóstico de outros sintomas nos pacientes em terapia renal substitutiva. Estudos têm revelado que a incidência de marcadores negativos, especialmente infecções, podem ser previamente observadas pela análise e monitoramento do líquido dialisado. Portanto, a turbidez do líquido dialisado, quando analisada pelo método visual, pode ser imprecisa ou apresentar algum falso positivo, situação que pode ser minimizada ou até mesmo eliminada pela análise eletrônica.

A identificação precoce marcadores negativos e os dados a respeito da turbidez do líquido dialisado, registrados a cada sessão de diálise peritoneal em um prontuário eletrônico, auxiliará o profissional de saúde na rápida tomada de decisões para aplicação de tratamentos, medicamentos ou ações que contribuam para a manutenção do paciente na diálise peritoneal.

Os resultados da pesquisa demonstraram que, além da permanência do paciente na terapia, que é um fator positivo no que se refere à qualidade de vida de pessoas acometidas por insuficiência renal, ainda podem contribuir para mitigar problemas de saúde mais graves que, em determinadas situações, podem levar o paciente ao óbito, se não contornadas em tempo hábil.

O sistema equipamento composto por dispositivo eletrônico denominado *E-LUME* e um aplicativo móvel para *smartphones* com conectividade *Web* são capazes de analisar, identificar alterações na turbidez do líquido e registrar em tempo real as informações num prontuário eletrônico.

Ficou claro que, além durante o tratamento renal substitutivo diálise peritoneal, é fundamental que exista o seu acompanhamento e avaliação constantes do paciente e de sua condição clínica durante a terapia.

Nas buscas bibliográficas, nenhuma pesquisa de relevância sobre a análise da turbidez do líquido dialisado foi localizada, o que sugere que esse tema ainda é pouco explorado pelas pesquisas científicas sobre a Diálise Peritoneal. Nenhuma nova metodologia foi identificada, nenhuma contribuição significativa que representasse alguma novidade à terapia. A grande maioria dos estudos localizados, tratam de questões relativas a qualidade de vida do paciente, no sentido das preocupações com questões paralelas à doença como convívio social, situação profissional, senso demográfico, assim como em relação às inovações tecnológicas ou recursos de *hardware* ou *software* e sistemas com alguma relevância na terapia renal substitutiva.

Em relação à metodologia de análise aplicada ao dispositivo, equipamento médico-assistencial *E-LUME*, os resultados das análises com o líquido de diálise demonstraram que a turbidez pode ser verificada, mesmo num volume pequeno de amostra. Os registros constantes, atualizados numa base de dados do paciente auxiliam no acompanhamento do quadro clínico do paciente. Ainda que não se avaliem marcadores mais específicos, como tipo de substância presente, bactérias ou outros organismos, a alteração da turbidez registrada pode sugerir ao profissional de saúde

que submeta o líquido dialisado a uma análise mais específica.

### **Considerações Finais e Trabalhos Futuros**

O sistema apresentado nesse trabalho foi resultado na imersão num campo da nefrologia, que de *per si* já uma área muito complexa, o que exigiu uma pesquisa a respeito de vários aspectos da doença renal e mas especificamente sobre uma das alternativas para tratamento, a diálise peritoneal.

Pôde-se observar que, a respeito do atendimento ao paciente nessa condição terapêutica, a consolidação das ações de acolhimento e acompanhamento dos pacientes pelos profissionais de saúde é bastante satisfatória, em que pese as dificuldades de notório conhecimento que vão desde a falta de recursos e investimentos e condições precárias dos centros de saúde que prestam o atendimento a pacientes que necessitam da diálise peritoneal.

O EMA desenvolvido a partir desses estudos insere-se perfeitamente numa lacuna existente entre o paciente e seu médico ou profissional de saúde que o acompanha em sua rotina diária. Atua, portanto, na troca de informações sobre aspectos relacionados ao quadro clínico do paciente, coletados e armazenados por um dispositivo eletrônico de fácil utilização. Essa interatividade contribui tanto para ações preventivas quanto para a mitigação de problemas de saúde mais sérios.

Além do EMA, foi também desenvolvido um aplicativo Android para permitir mais praticidade na sua operação. Por meio de *smartphones, tablets* ou qualquer dispositivo com tecnologia *Android*, tanto o paciente quanto o profissional de saúde podem acionar o *gadget E-LUME*, sem a necessidade de conhecimentos avançados.

A pesquisa e seu produto *E-LUME* deixam uma margem para novos estudos e aprimoramentos. Futuramente, o EMA resultante dessa pesquisa poderá atuar em análises mais aprofundadas e específicas, sendo talvez uma ferramenta eficaz na identificação de substâncias mais complexas, bactérias e outros patógenos presentes tanto no líquido dialisado quanto em qualquer outra substância fisiológica, tornando-se um equipamento de uso contínuo para auxiliar em outras doenças.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABRAHAM, G.; VARUGHESE, S.; MATHEW, M.; VIJAYAN, M. A review of acute and chronic peritoneal dialysis in developing countries. *Clinical Kidney Journal*, v. 8, n. 3, p. 310–317, 2015. ISSN 20488513.
- AGUIAR, C. Óptica E Geometria Dinâmica. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, v. 31, n. 3, p. 3302.1–3302.5, 2009. ISSN 1806-1117.
- AGUIRRE, A. R.; ABENSUR, H. [Physiology of fluid and solute transport across the peritoneal membrane]. *Jornal brasileiro de nefrologia : Orgao oficial de Sociedades Brasileira e Latino-Americana de Nefrologia*, v. 36, n. 1, p. 74–9, 2014. ISSN 2175-8239. Disponível em: <<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/24676618>>.
- AKOH, J. a. Peritoneal dialysis associated infections: An update on diagnosis and management. *World Journal of Nephrology*, v. 1, n. 4, p. 106, 2012. ISSN 2220-6124.
- ALVES, A. C. d. J.; MATSUKURA, T. S. Revisão sobre avaliações para indicação de dispositivos de tecnologia assistiva. *Revista Terapia Ocupacional Universidade de São Paulo*, v. 25, n. 2, p. 199–207, 2014.
- AMERICAS, K. M. S. *Espectrofotometria de absorção versus Espectrofotometria com faixa ultravioleta visível*. 2017. Disponível em: <<http://sensing.konicaminolta.com.br/2013/11/espectrofotometria-de-absorcao-versus-espectrofotometria-com-faixa-ultravioleta-visivel/>>.
- ANDRADE, J. C. D. *Química Analítica Básica : Os instrumentos básicos de laboratório*. 2017. Disponível em: <[www.chemkeys.com](http://www.chemkeys.com)>.
- ANDRADE, T.; FREITAS, R. D.; COLLET, N.; NURSING, H. Proposta De Cuidado Domiciliar a Crianças Portadoras De Doença Renal Crônica \* Proposal of Home Care for Children Wth Chronic Kidney Disease. v. 12, n. 1, p. 111–119, 2011.
- ARENAS, V. G.; BARROS, L. F. N. M.; LEMOS, F. B.; MARTINS, M. A.; DAVID-NETO, E. Qualidade de Vida: comparação entre diálise peritoneal automatizada e hemodiálise. *Acta Paulista de Enfermagem*, v. 22, n. spe1, p. 535–539, 2009. ISSN 0103-2100. Disponível em: <[http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0103-21002009000800017&lng=pt&nrm](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0103-21002009000800017&lng=pt&nrm)>.
- BAILLIE, J.; LANKSHEAR, A. Patient and family perspectives on peritoneal dialysis at home: Findings from an ethnographic study. *Journal of Clinical Nursing*, v. 24, n. 1-2, p. 222–234, 2015. ISSN 13652702.
- BARRETTI, P.; DOLES, J. V. P.; PINOTTI, D. G.; El Dib, R. Efficacy of antibiotic therapy for peritoneal dialysis-associated peritonitis: a proportional meta-analysis. *BMC infectious diseases*, v. 14, p. 445, 2014. ISSN 1471-2334. Disponível em: <<http://www.pubmedcentral.nih.gov/articlerender.fcgi?artid=4262222&tool=pmcentrez&rendertype=ab>>.
- BERSCH, R. *Introdução À Tecnologia Assistiva*. 2013.
- BEZERRA, K. V.; SANTOS, J. L. F. Daily life of patients with chronic renal failure receiving hemodialysis treatment. *Revista Latino-Americana de Enfermagem (RLAE)*, v. 16, n. 4, p. 686–691, 2008. ISSN 1518-8345. Disponível em: <<http://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&db=rzh&AN=2010055427&site=e>>.

BLAYA, J. A.; FRASER, H. S. F.; HOLT, B. E-health technologies show promise in developing countries. *Health Affairs*, v. 29, n. 2, p. 244–251, 2010. ISSN 02782715.

BUSSAB, W. O.; MORETTIN, P. A. *Estatística Básica*. 1ª. ed. São Paulo: Editora Atual, 1987. 321 p.

CHEN, J. Y.; WAN, E. Y. F.; CHOI, E. P. H.; CHAN, A. K. C.; CHAN, K. H. Y.; TSANG, J. P. Y.; LAM, C. L. K. The health-related quality of life of chinese patients on hemodialysis and peritoneal dialysis. *The Patient - Patient-Centered Outcomes Research*, Jun 2017. ISSN 1178-1661. Disponível em: <<https://doi.org/10.1007/s40271-017-0256-6>>.

CONSULTING, V. W. mHealth for development. *mHealth for Development: The Opportunity of Mobile Technology for Healthcare in the Developing World.*, v. 46, n. 1, p. 1–70, 2009. ISSN 10825754. Disponível em: <[http://www.globalproblems-globalsolutions-files.org/unf{\\\_}website/assets/publications/technology/mhealth/mHealth{\\\_}for{\\\_}Development](http://www.globalproblems-globalsolutions-files.org/unf{\_}website/assets/publications/technology/mhealth/mHealth{\_}for{\_}Development)>.

CORREIA, A.; BARROS, E.; SILVA, J.; RAMALHO, J.; OBJETIVOS, I.; POTABILIDADE, P. D. Análise da Turbidez da Água em Diferentes Estados de Tratamento. *Encontro Regional de Matemática Aplicada e Computacional - ERMAC*, v. 1, p. 2–6, 2008.

CULLIS, B.; ABDELRAHEEM, M.; ABRAHAMS, G.; BALBI, A.; CRUZ, D. N.; FRISHBERG, Y.; KOCH, V.; MCCULLOCH, M.; NUMANOGLU, A.; NOURSE, P.; PECOITS-FILHO, R.; PONCE, D.; WARADY, B.; YEATES, K.; FINKELSTEIN, F. O. ISPD guidelines: Peritoneal dialysis for acute kidney injury. *Peritoneal Dialysis International*, v. 34, n. 5, p. 494–517, 2014. ISSN 17184304.

DRUMMONT, M.; GRIFFIN, A.; TARRICONE, R. Economic evaluation for devices and drugs: same or diferente? 2009.

DUTRA, M. C.; ULIANO, E. J. M.; MACHADO, D. F. G. d. P.; MARTINS, T.; SCHUELTER-TREVISOL, F.; TREVISOL, D. J. Assessment of kidney function in the elderly: a population-based study. *Jornal Brasileiro de Nefrologia*, v. 36, n. 3, p. 297–303, 2014. ISSN 0101-2800. Disponível em: <<http://www.gnresearch.org/doi/10.5935/0101-2800.20140043>>.

EISBERG, R. M. *Quantum physics : of atoms, molecules, solids, nuclei and particles*. [S.l.: s.n.], 1979. 928 p. ISBN 8570013094 (broch.).

FASSARELLA, L. Lei de Snell generalizada. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, v. 29, p. 215–224, 2007. ISSN 1806-1117.

FAVA, P. *Tecnologia Móvel Para a Saúde*. [S.l.: s.n.], 2014. ISBN 9789250083384.

FONTELLES, M. J.; SIMÕES, M. G. S.; ALMEIDA, J. C. de; FONTELLES, R. G. S. Metodologia Da Pesquisa: Diretrizes Para O Cálculo Do Tamanho Da Amostra. *Revista Paraense de Medicina*, v. 24, n. 2, p. 57–64, 2010. ISSN 0101-5907.

FRESENIUS. SOLUÇÃO PARA DIÁLISE PERITONEAL 1 , 5 % Forma farmacêutica : Solução para diálise. p. 1–7, 2010.

GAIÃO, N.; MEDEIROS, E. P. D.; LYRA, S.; NOGUEIRA, P.; MOREIRA, T.; VASCONCELOS, P. C. D.; CIRINO, E.; UGULINO, C. UM FOTÔMETRO MULTI-LED MICROCONTROLADO, PORTÁTIL E DE BAIXO CUSTO Edvaldo da Nóbrega Gaião, Everaldo Paulo de Medeiros, Wellington da Silva Lyra, Pablo Nogueira Teles Moreira, Pablo Cavalcante de Vasconcelos, Edvan Cirino da Silva\* e Mário César Ugulino d. *Quim Nova*, v. 28, n. 6, p. 1102–1105, 2005.

GUR'EV, A. S.; VOLKOV, A. Y.; DOLGUSHIN, I. I.; POSPELOVA, A. V.; RASTOPOV, S. F.; SAVOCHKINA, A. Y.; SERGIENKO, V. I. Coherent Fluctuation Nephelometry: A Rapid Method for Urine Screening for Bacterial Contamination. *Bulletin of Experimental Biology and Medicine*, v. 159, n. 1, p. 107–110, 2015. ISSN 15738221.

- HAIN, D. J. [NO] Exploring the Evidence Catheter Exit-Site Care. v. 40, n. 1, p. 63–70, 2013.
- HARRINGTON, D. M.; MYERS, L.; EISENMAN, K.; BHISE, V.; NAYAK, K. S.; ROSNER, M. H. The use of a tablet computer platform to optimize the care of patients receiving peritoneal dialysis: a pilot study. *Blood purification*, v. 37, n. 4, p. 311–315, 2014. ISSN 1421-9735 (Electronic).
- HARTIN, P. J.; NUGENT, C. D.; MCCLEAN, S. I.; CLELAND, I.; NORTON, M. C.; SANDERS, C.; TSCHANZ, J. T. A smartphone application to evaluate technology adoption and usage in persons with dementia. *Conference proceedings : ... Annual International Conference of the IEEE Engineering in Medicine and Biology Society. IEEE Engineering in Medicine and Biology Society. Annual Conference*, v. 2014, p. 5389–5392, 2014. ISSN 1557170X.
- IOLA, E.; ANDRADE, G. Sobrevida de pacientes em diálise no SUS no Brasil Survival analysis of dialysis patients in the Brazilian Unified National Health System. v. 28, n. 3, p. 415–424, 2012.
- JACOBOWSKI, J. A. D.; BORELLA, R.; LAUTERT, L. Pacientes com insuficiência renal crônica: causas de saída do programa de diálise peritoneal. *Revista Gaúcha de Enfermagem*, v. 26, n. 3, p. 381–391, 2005. ISSN 01026933.
- JERONYMO, S.; BERLANGA, S.; BARROS, D. M.; SESSO, R. Aplicação da Técnica de ICP / MS na Determinação de Elementos-Traço Em Água , Em Líquido de Diálise e Em Soro de Pacientes Renais Crônicos Submetidos a Tratamento de Hemodiálise. *Jornal Brasileiro de Nefrologia*, v. 3, n. 11, p. 138–145, 2005.
- JORDAN, M.; CAESAR, J. Hypokalaemia: Improving the investigation, management and therapeutic monitoring of hypokalaemic medical inpatients at a district general hospital. *BMJ Quality Improvement Reports*, n. 4, p. 1–5, 2015. ISSN 2050-1315.
- JUNIOR, J. E. R. Doença Renal Crônica: Definição, Epidemiologia e Classificação. *Jornal Brasileiro de Nefrologia*, v. 26, n. 1, p. 1–3, 2004. ISSN 2175-8239.
- KAY, M. mHealth: New Horizons for Health through Mobile Technologies. *World Health Organization*, v. 3, p. 66–71, 2011.
- KAY, M.; SANTOS, J.; TAKANE, M. Telemedicine: Opportunities and developments in Member States. *Observatory*, v. 2, p. 96, 2010. ISSN 2093-3681. Disponível em: <[http://www.who.int/goe/publications/goe/{\\\_}telemedicine/{\\\_}20](http://www.who.int/goe/publications/goe/{\_}telemedicine/{\_}20)>.
- LÚCIA, M.; SADALA, A.; AZEVEDO, G.; BRUZOS, D. S.; PEREIRA, E. R.; BUCUVIC, E. M. Artigo Original A experiência vivida pelos pacientes em diálise peritoneal domiciliar : uma abordagem fenomenológica. v. 20, n. 1, p. 1–8, 2012. ISSN 01041169.
- MANSUR, H. N.; DAMASCENO, V. d. O.; BASTOS, M. G. Prevalência da fragilidade entre os pacientes com doença renal crônica em tratamento conservador e em diálise. *Jornal Brasileiro de Nefrologia*, v. 34, n. 2, p. 153–160, 2012. ISSN 21758239.
- MARGOTTI, A. E.; DANIEL, X.; PEZZOLLA, F.; ASSIS, F.; AVELAR, P. *Diretrizes Metodológicas - Elaboração de Estudos para Avaliação de Equipamentos Médico-Assistenciais*. [S.l.: s.n.], 2013. 96 p. ISBN 9788533419926.
- MARONEZE, M. M.; ZEPKA, L. Q.; VIEIRA, J. G.; QUEIROZ, M. I.; JACOB-LOPES, E. A tecnologia de remoção de fósforo: Gerenciamento do elemento em resíduos industriais. *Revista Ambiente e Agua*, v. 9, n. 3, p. 445–458, 2014. ISSN 1980993X.

- MARTÍNEZ, G. A.; BRAGÓS, R. No invasive measurement of urea in blood based in optical sensing for their employment in the Hemodialysis processes. *Conference Record - IEEE Instrumentation and Measurement Technology Conference*, v. 2, n. May, p. 1397–1400, 2005. ISSN 10915281.
- MARTINS, G. S. Construção de um turbidímetro de baixo custo para controle de qualidade de efluentes industriais. 2012.
- MCEVOY, M. T.; SHANDER, A. the I Ntensive C Are U Nit :. n. 800, p. 226–228, 2013.
- MCPHERSON RICHARD A., P. M. R. *Henry's Clinical Diagnosis and Management by Laboratory Methods*. Elsevier. [S.l.: s.n.], 2017. ISBN 978-0323295680.
- MEDEIROS, R. A. d.; LEITE, C. R. M.; GUERREIRO, A. M. G.; ROSA, S. d. S. R. F. m-Health: definição, interesses, desafios e futuro. In: *Novas Tecnologias Aplicadas à Saúde*. Natal, Rio Grande do Norte: [s.n.], 2016. cap. 4, p. 284.
- MEJÍA, D. A.; FAVELA, J.; MORÁN, A. L. Augmenting informal collaboration in hospitals through pervasive computing. *Proceedings of the 2nd International Conference on Pervasive Computing Technologies for Healthcare 2008, PervasiveHealth*, p. 237–240, 2008.
- MIFTAH, M.; ASSEBAN, M.; BEZZAZ, A.; KALLAT, A.; IKEN, A.; NOUINI, Y.; BENAMAR, L. Mechanical Complications of Peritoneal Dialysis. n. September, p. 103–109, 2014.
- MIRZA, F.; NORRIS, T.; STOCKDALE, R. Mobile technologies and the holistic management of chronic diseases. *Health informatics journal*, v. 14, n. 4, p. 309–321, 2008. ISSN 1460-4582.
- MISRA, S. 2016. <http://www.imedicalapps.com/2016/03/who-mera-mhealth-research-checklist/>. Disponível em: <<http://www.imedicalapps.com/2016/03/who-mera-mhealth-research-checklist/>>.
- MORAIS, I. P. A.; TÓTH, I. V.; RANGEL, A. O. S. S. Turbidimetric and nephelometric flow analysis: Concepts and applications. *Spectroscopy Letters*, v. 39, n. 6, p. 547–579, 2006. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1080/00387010600824629>>.
- NUNES, T. F.; BRUNETTA, D. M.; LEAL, C. M.; PISI, P. C. B.; RORIZ-FILHO, J. S. Insuficiência Renal Aguda, nunes. *Simposio: Condutas em enfermaria de clínica médica de hospital de média complexidade - Parte 2 Capítulo VI*, v. 43, n. 3, 2010.
- OLIVEIRA, M. P.; KUSUMOTA, L.; MARQUES, S.; De Ribeiro, R. C. H. M.; RODRIGUES, R. A. P.; HAAS, V. J. Trabalho e qualidade de vida relacionada à saúde de pacientes em diálise peritoneal. *ACTA Paulista de Enfermagem*, v. 25, n. 3, p. 352–357, 2012. ISSN 01032100.
- PENNAFORT, V. P. D. S.; QUEIROZ, M. V. O.; JORGE, M. S. B. Crianças e adolescentes renais crônicos em espaço educativo-terapêutico: subsídios para o cuidado cultural de enfermagem. *Revista da Escola de Enfermagem da USP*, v. 46, n. 5, p. 1057–1065, 2012. ISSN 0080-6234. Disponível em: <[>](http://www.ee.usp.br/reeusp/$\delimiter)
- PEREIRA, J. M. L. B. A realidade aumentada na engenharia biomédica: Estado da arte. 2008. Disponível em: <[http://ltodi.est.ips.pt/jbraz/ficheiros/EAEB{\\\_}5workshopEB.>](http://ltodi.est.ips.pt/jbraz/ficheiros/EAEB{\_}5workshopEB.>)
- PIELAWA, L.; POPPEN, F.; WESTER, M.; SIMONIS, F.; BRELL, M.; JOLES, J. a.; HEIN, A. Integrated Monitoring for Personalized Renal Replacement Therapy. *Biomedical engineering*, v. 57, n. Suppl1, p. 157–160, 2012. ISSN 1862-278X. Disponível em: <<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/22962113>>.

PRADO, E. 2015. <http://convergenciadigital.uol.com.br/>. Disponível em: <<http://convergenciadigital.uol.com.br/>>.

PRADO, E. 2016. <http://saudebusiness.com/a-decolagem-do-mobile-health/>. Disponível em: <<http://saudebusiness.com/a-decolagem-do-mobile-health/>>.

ROBERTO, S. P.; Sansigolo Kerr Pontes, L. R. Mudança do nível de qualidade de vida em portadores de insuficiência renal cônica terminal durante seguimento de 12 meses. *Rev Assoc Med Bras*, v. 53, n. 4, p. 329–334, 2007. ISSN 0104-4230. Disponível em: <[http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci{\\\_}arttext{&}pid=S0104-42302007000400018{&}lng=pt{&}nrm](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci{\_}arttext{&}pid=S0104-42302007000400018{&}lng=pt{&}nrm)>.

ROJAHN, K.; LAPLANTE, S.; SLOAND, J.; MAIN, C.; IBRAHIM, A.; WILD, J.; STURT, N.; ARETEOU, T.; JOHNSON, K. I. Remote monitoring of chronic diseases: A landscape assessment of policies in four European countries. *PLoS ONE*, v. 11, n. 5, p. 1–15, 2016. ISSN 19326203.

Rossi dos Santos, F.; FERNANDES, N.; CHAUBAH, A.; BASTOS, K.; Rashid Qureshi, A.; PÉCOITS-FILHO, R.; DIVINO, J.; GOMES, M. Fatores associados à qualidade de vida de pacientes incidentes em diálise peritoneal no Brasil ( BRAZPD ). *Jornal brasileiro de nefrologia*, v. 33, n. 1, p. 38–44, 2011.

SAÚDE, M. 2014. <http://www.brasil.gov.br/saude/2014/03/saude-amplia-tratamento-para-doentes-renais-cronicos/>. Disponível em: <<http://www.brasil.gov.br/saude/2014/03/saude-amplia-tratamento-para-doentes-renais-cronicos/>>.

SESSO, R. C.; LOPES, A. A.; THOMÉ, F. S.; LUGON, J. R.; MARTINS, C. T. Brazilian Chronic Dialysis Census 2014. *Jornal brasileiro de nefrologia : 'orgao oficial de Sociedades Brasileira e Latino-Americana de Nefrologia*, v. 38, n. 1, p. 54–61, 2016. ISSN 2175-8239. Disponível em: <<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/27049365>>.

SILVA, D. C. M. 2017. <http://brasilescola.uol.com.br/fisica/lei-snell-descartes.htm>. Disponível em: <<http://brasilescola.uol.com.br/fisica/lei-snell-descartes.htm>>.

SILVA, R. A. R. da; SOUZA, V. L. de; OLIVEIRA, G. J. N. de; SILVA, B. C. O. da; ROCHA, C. C. T.; HOLANDA, J. R. R. Coping strategies used by chronic renal failure patients on hemodialysis. *Escola Anna Nery - Revista de Enfermagem*, v. 20, n. 1, p. 147–154, 2016. ISSN 1414-8145. Disponível em: <<http://www.gnresearch.org/doi/10.5935/1414-8145.20160020>>.

SILVA, S. M. da; BRAIDO, N. F.; OTTAVIANI, A. C.; GESUALDO, G. D.; ZAZZETTA, M. S.; ORLANDI, F. d. S. Social support of adults and elderly with chronic kidney disease on dialysis. *Revista Latino-Americana de Enfermagem*, v. 24, n. 0, 2016. ISSN 0104-1169. Disponível em: <[http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci{\\\_}arttext{&}pid=S0104-11692016000100375{&}lng=e](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci{\_}arttext{&}pid=S0104-11692016000100375{&}lng=e)>.

TANG, K.; HIRANO, S.; CHENG, K.; HAYES, G. Designing a Mobile Health Tool for Preterm Infant Wellness. *Proceedings of the 6th International Conference on Pervasive Computing Technologies for Healthcare*, p. 232–235, 2012. Disponível em: <<http://eudl.eu/doi/10.4108/icst.pervasivehealth.2012.248717>>.

TOMAZONI, J. C.; MANTOVANI, L. E.; BITTENCOURT, A. V. L.; FILHO, E. F. d. R. Utilização De Medidas De Turbidez Na Quantificação Da Movimentação De Sólidos Por Veiculação Hídrica Nas Bacias Dos Rios Anta Gorda , Brinco , Coxilha Rica E Jirau – Sudoeste Do Estado Do Paraná The Use Of Turbidity Measures In The Quantification Of Solid. *Boletim Paranaense de Geociências*, p. 49–56, 2005.

TORLÉN, K.; KALANTAR-ZADEH, K.; MEHORTRA, R. *Serum Potassium and Cause-Specific Mort*.pdf. *Clinical Journal of the American Society of Nephrology : CJASN*, 2012. 1272–1284 p. Disponível em: <<http://www.ncbi.nlm.nih.gov.ez54.periodicos.capes.gov.br/pmc/articles/PMC3408121/?report=reader{\#}!po=3.57>>.

VILLAR, K. R.; ANDRADE, K. D. Preditores de peritonite em pacientes em um programa de diálise peritoneal. *Jornal Brasileiro de Nefrologia*, p. 156–164, 2010.

VODAFONE. The mHealth opportunity for Europe. 2015.

WEBER-SHIRK, M. An affordable open-source turbidimeter. *Sensors (Basel, Switzerland)*, v. 14, n. 4, p. 7142–7155, 2014. ISSN 14248220.

WONG, L. P.; YAMAMOTO, K. T.; REDDY, V.; COBB, D.; CHAMBERLIN, A.; PHAM, H.; SUN, S. J.; MALLAREDDY, M.; SALDIVAR, M. Patient education and care for peritoneal dialysis catheter placement: A quality improvement study. *Peritoneal Dialysis International*, v. 34, n. 1, p. 12–23, 2014. ISSN 17184304.

XU, Q.; XU, F.; FAN, L.; XIONG, L.; LI, H.; CAO, S.; LIN, X.; ZHENG, Z.; YU, X.; MAO, H. Serum potassium levels and its variability in incident peritoneal dialysis patients: Associations with mortality. *PLoS ONE*, v. 9, n. 1, p. 1–10, 2014. ISSN 19326203.

ZAPATA, A.; RAMIREZ-ARCOS, S. A Comparative Study of McFarland Turbidity Standards and the Densimat Photometer to Determine Bacterial Cell Density. *Current Microbiology*, v. 70, n. 6, p. 907–909, 2015. ISSN 14320991.





## I.1 ENTREVISTA SOBRE O ATENDIMENTO AO PACIENTE RENAL EM DIÁLISE PERITONEAL

Durante a pesquisa de campo com os pacientes em diálise peritoneal, realizada no Hospital Regional do Gama-DF, foi realizada uma entrevista com a Enfermeira-chefe da unidade. A enfermeira Laila foi questionada a respeito do quadro dos pacientes, do serviço prestado pela clínica de diálise e alguns aspectos relativos à qualidade de vida dos pacientes.

**Pesquisador:** Hoje é dia 20 de julho, estou aqui no HRG, vou conversar aqui um pouquinho com a Laila que é enfermeira, né? É só você... tem uma outra enfermeira né, que revesa?

**Enfermeira:** Eu, a Ariana, a Beth e a Jaqueline.

**Pesquisador:** São todas enfermeiras, todas enfermeiras?

**Enfermeira:** Todas enfermeiras. Isso.

**Pesquisador:** Aí, você comentou comigo, eu queria que você só me desse um pouquinho mais de informações a respeito dos pacientes que estão em (diálise) domiciliar. Assim, eu vou retomar o que você falou e você me corrige se eu estiver errado: Esses pacientes, depois de uma adaptação, aqui com vocês...

**Enfermeira:** Depois de um treinamento.

**Pesquisador:** De um treinamento, né? É, isso quer dizer que eles podem até ficar aqui fazendo, durante um tempo determinado a diálise até que se sintam seguros ou tem uma avaliação, assim, específica para dizer, "olha, você vai para casa, vai fazer em casa", como é que se dá esse processo?

**Enfermeira:** Sim, não é o paciente. Primeiro a gente vê se ele tem um cuidador, ou seja, alguém mais próximo da família, né. Irmão, esposo(a); um filho, um filho maior de dezoito anos, né, que seja assim capaz de estar fazendo o tratamento com ele em casa.

**Pesquisador:** Mas isso tem haver com a condição do próprio paciente, por exemplo, se você pega um idoso, assim, provavelmente você já percebe que ele não teria condição então. Mas, se for uma pessoa mais nova, por exemplo um jovem... Essa obrigatoriedade do cuidador fica meio assim...

**Enfermeira:** Mas aí a gente pega ele, o jovem que tem a capacidade de estar treinando mais uma pessoa.

**Pesquisador:** Então é necessário mesmo ter um cuidador.

**Enfermeira:** Ter o cuidador, uma pessoa mais próxima, não necessariamente um cuidador de uma pessoa mais jovem né, mas a esposa, um irmão, a mãe, né... Para poder auxiliar esse jovem no tratamento.

**Pesquisador:** Tá. Eu percebi e essa informação acho que foi a Ariana que me deu, que quando vocês liberam a pessoa para fazer a (diálise) domiciliar ela também recebe um equipamento, né, que é a cicladora.

**Enfermeira:** Sim, sim, sim.

**Pesquisador:** Todos recebem. Então, esse treinamento é basicamente isso que vocês fazem... a pessoa aprende a operar o equipamento.

**Enfermeira:** Exatamente, desde lavar a mão né, o início, as técnicas de lavagem de mão até a retirada do paciente, na saída da máquina.

**Pesquisador:** Correto, tá.

**Enfermeira:** Limpeza de máquina, montagem das bolsas, armazenamento do material em casa; cuidado com... autocuidado com o cateter.

**Pesquisador:** Em algum caso é possível, ou já aconteceu até de vocês, algum profissional aqui do hospital ter que ir na residência para poder verificar alguma coisa do equipamento, de alguma coisa alí que não estava prevista... ou isso é raro?

**Enfermeira:** O quê que acontece, no treinamento, assim que a pessoa começa a fazer o tratamento, a gente pergunta como é a casa, como é as condições sociais desse paciente. A princípio, a gente confia no que a pessoa está dizendo e aí pede algumas adaptações na casa. Mas, antes de liberar o cuidador, ou o próprio paciente para ir para casa, é feita uma visita por nós, pela enfermeira, não por mim, mas pela enfermeira mestre, que agenda o treinamento... faz uma visita domiciliar para ver se está dentro da... adequado para poder fazer o tratamento em casa. Em relação a algum problema com a máquina, geralmente eles ligam, entendeu? Sempre eles tem um telefone e ó "Laila, está acontecendo isso". Aí a gente passa todos os... por telefone.

**Pesquisador:** Certo. E aí você comentou comigo que esse período que ele está fazendo em casa, ele tem um canal de comunicação, que você falou até que é via celular, né? Eles tem um número? É um número do hospital, é particular?

**Enfermeira:** Não, é o nosso, particular.

**Pesquisador:** Particular... E aí vocês acompanham e vão tirando alguma dúvida que a pessoa tenha etc? E aí, assim, em relação à nossa pesquisa, o que acontece, a gente tem a intenção de num futuro, talvez não muito distante, de também contribuir com essa parte de comunicação entre o paciente dialisado, que está fazendo em casa, domiciliar, com o centro... com a clínica. E como é que seria isso, assim, entre algumas coisas, a gente pretende que essa comunicação não seja apenas através de uma ligação, por exemplo, comum. Seria mesmo um sistema onde você, o profissional né, estaria vendo como se fosse um prontuário eletrônico na verdade.

**Enfermeira:** Como se fosse uma videoconferência?

**Pesquisador:** Assim, é possível mas eu falo mais de informações. Por exemplo, o paciente em casa não tem nenhum tipo de controle da parte fisiológica dele. Por mais que ele faz alí e está tudo correto, o líquido está sendo descartado, está sendo drenado, perfeito, aquela... Existe uma recomendação protocolar, você me corrija se eu estiver errado, que é a observação do líquido dialisado, ou seja, o que está sendo drenado - o que provavelmente faz parte do treinamento - se o líquido estiver com alguma característica estranha você tem que comunicar...

**Enfermeira:** Sim, exatamente!

**Pesquisador:** É nesse ponto que a gente está atuando agora, ou seja, para que essa acurácia não fique só na percepção da pessoa, tanto do paciente quanto do cuidador. Ou seja, é um dispositivo eletrônico que vai analisar aquilo e o algoritmo matemático ele vai informar: "olha, tem uma alteração, não necessariamente que tem um problema, mas que tem uma alteração que pode ser mínima mas que ela vai num intervalo de tempo sendo registrada. A idéia é essa, ou seja, aí você teria por exemplo um sistema onde todos os pacientes estariam listados ali e você verificaria, por exemplo "Ah, o seu Valdivino", que é o paciente que está aqui, se acontecer não é? "Nesse período aqui registrou, claro, esse registro vai depender também de que o paciente ou o cuidador use esse equipamento de leitura e aí automaticamente ele vai ser lançada essa informação no sistema. Como profissional, você acha que isso é um facilitador, tem o condão de dar algum tipo de melhora, não vou dizer na terapia porque não interfere na terapia, mas, no dia a dia, para evitar, por exemplo que o paciente venha desnecessariamente ao hospital, você acha que isso é válido?

**Enfermeira:** Sim, seria um facilitador mesmo, seria bom. Apesar que ele vem ao hospital duas vezes no mês.

**Pesquisador:** Obrigatoriamente ele já vem!

**Enfermeira:** É, obrigatoriamente ele já vem, para ver tanto a parte fisiológica quanto, como você falou, que vai ver a uréia, creatinina, se não vai precisar de nenhuma mudança no tratamento dele inicial.

**Pesquisador:** Até porque tem pacientes que tem uma condição... além da própria diálise, da própria insuficiência, como o senhor Antonio, por exemplo, que precisa também de um auxílio...

**Enfermeira:** É, que tem uma certa deficiência..

**Pesquisador:** Que precisa também de um acompanhamento...

**Enfermeira:** É por isso que ele não vai para casa...

**Pesquisador:** Certo...

**Enfermeira:** É por isso que ele está aqui no hospital. Porque as condições sociais dele lá fora é complicada.

**Pesquisador:** Tá, e se eu mudar o cenário... Se eu falasse para você "olha, oh Laila, e se a gente tivesse aqui, na clínica, algum dispositivo que fosse ali, de monitoramento, que não interfere no processo da diálise, mas que vai ficar fazendo leituras constantes e te dando informações. Você acha que isso é desnecessário ou também de alguma forma auxiliaria em alguma tomada de decisão da parte de vocês?

**Enfermeira:** Não, auxiliaria na tomada de decisão posteriormente, né, que agente estaria observando, olha está acontecendo isso com ele, mas teria que estar observando... vamos prevenir que aconteça algo ali na frente. É bem interessante.

## **II.2 PARECER CONSUBSTANCIADO DO COMITÊ DE ÉTICA EM PESQUISA - CEP/FCE**

### **III.3 TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO - TCLE**

### ***Termo de Consentimento Livre e Esclarecido - TCLE***

Convidamos o(a) Senhor(a) a participar do projeto de pesquisa "**Saddipe – Sistema de Auxílio em Diagnósticos da Diálise Peritoneal: Tecnologia *m-Health* para Análise da Turbidez do Líquido Dialisado**", sob a responsabilidade do pesquisador **Nilson Eduardo Ferreira**. O projeto consiste em um sistema que realizará a análise do líquido expelido do peritônio, descartado pelo cateter implantado no abdômen do paciente, após a diálise peritoneal. O objetivo é registrar o aspecto de turbidez do líquido dialisado, de forma automatizada, por um dispositivo eletrônico conectado a um aplicativo para celulares.

O(a) senhor(a) receberá todos os esclarecimentos necessários antes e no decorrer da pesquisa e lhe asseguramos que seu nome não aparecerá sendo mantido o mais rigoroso sigilo pela omissão total de quaisquer informações que permitam identificá-lo(a).

Antes da coleta do líquido, no momento em estiver sendo realizada a infusão do novo líquido em seu peritônio, o Pesquisador lhe fará algumas perguntas sobre sua condição de saúde, hábitos alimentares e atividades cotidianas, por meio de um questionário eletrônico. As respostas serão dadas diretamente num aplicativo de *smartphone* ou *tablet*. e gravadas em áudio. O tempo estimado para aplicação do questionário será de aproximadamente 15 (quinze). Após o tempo de diálise, quando começar o processo de drenagem, o Pesquisador vai se posicionar junto ao cateter de drenagem, que fica próximo ao ralo e coletará num pequeno pote ou saco de coleta, uma amostra de aproximadamente 3,5 (três, vírgula, cinco) mililitros do seu líquido dialisado. Não haverá nenhum contato físico do pesquisador com o senhor(a) durante esse processo e será totalmente monitorado pelo profissional de saúde da sua unidade de diálise.

Os riscos aos quais o Senhor(a) pode correr durante a coleta da amostra do dialisado são: Desconforto (dor) durante a manipulação do cateter de drenagem no momento da coleta da amostra do líquido, embora não seja necessário nenhum contato físico entre o pesquisador e o Senhor(a); Possibilidade de contaminação durante a coleta da amostra por causa da presença de alguma sujeira nas vestimentas ou sapatos do pesquisador, ou no material utilizado durante a coleta (seringas, tubos, vasilhames); Identificação inadequada da amostra, expondo o seu nome a outras pessoas, podendo gerar confusão na avaliação e resultados da análise; Envio errado de mensagem ou informação incorreta durante análise, alarmando o Senhor(a) e sugerindo a necessidade de realizar exames complementares ou uso de medicamentos.

Para evitar e minimizar esses riscos, a manipulação do cateter de drenagem será realizada na parte distante do corpo do senhor(a), ou seja, diretamente no sistema de coleta de água (ralo) da unidade de diálise. Assim, o pesquisador não manterá nenhum contato físico com o senhor(a) e a coleta da amostra será realizada sem a necessidade de movimentar ou dobrar o cateter. Tudo será realizado e acompanhado pelo enfermeiro para evitar qualquer tipo de incômodo ao senhor(a) que se ficará deitado na maca normalmente. O pesquisador somente procederá na coleta da amostra, dentro do centro de diálise, com higiene pessoal, com o corpo limpo, mãos e braços lavados, devidamente vestido com jaleco branco limpo, que será apresentado ao enfermeiro do centro de diálise do hospital antes de entrar na sala de diálise, assim como utilizará proteção sobre os sapatos, touca no cabelo luvas nas mãos para realizar a coleta. Não haverá nenhuma identificação do senhor(a) com dados pessoais que possam identificá-

lo, ou seu endereço, ou seu telefone, ou email, porém cada coleta será armazenada em um vasilhame limpo, onde constará a data, a hora e um código numérico que será de conhecimento apenas do pesquisador e da equipe que o acompanha. Nenhuma informação a respeito da análise realizada será divulgada em nenhum outro meio que não seja por aqueles que o pesquisador lhe fornecer para uso, como um sistema ou programa de computador ou celular.

O(a) Senhor(a) pode se recusar a responder (ou participar de qualquer procedimento) qualquer questão que lhe traga constrangimento, podendo desistir de participar da pesquisa em qualquer momento sem nenhum prejuízo para o(a) senhor(a). Sua participação é voluntária, isto é, não há pagamento por sua colaboração.

Todas as despesas que você e ou seu acompanhante tiverem relacionadas diretamente ao projeto de pesquisa (tais como, passagem para o local da pesquisa, alimentação no local da pesquisa ou exames para realização da pesquisa) serão cobertas pelo pesquisador responsável.

Caso haja algum dano direto ou indireto decorrente de sua participação na pesquisa, você poderá ser indenizado, obedecendo-se as disposições legais vigentes no Brasil.

Os resultados da pesquisa serão divulgados na Universidade de Brasília e no Secretaria de Saúde do Distrito Federal, podendo ser publicados posteriormente. Os dados e materiais serão utilizados somente para esta pesquisa e ficarão sob a guarda do pesquisador por um período de cinco anos, após isso serão destruídos.

Se o(a) Senhor(a) tiver qualquer dúvida em relação à pesquisa, por favor telefone para: Nilson Eduardo Ferreira, telefone e WhatsApp 61-98210-7393, na Faculdade UnB Gama no telefone 61-3107-8910 ou para a orientadora da pesquisa, Prof. Dra Suélia Rodrigues Fleury Rosa, pelo fone 61-99293-4436, disponíveis inclusive para ligação a cobrar. Também poderão ser contatados, o pesquisador pelo e-mail [nilsoneduardo@unb.br](mailto:nilsoneduardo@unb.br) ou a orientadora pelo e-mail [rodrigues.suelia@gmail.com](mailto:rodrigues.suelia@gmail.com).

Este projeto foi aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa da Faculdade de Ceilândia (CEP/FCE) da Universidade de Brasília. O CEP é composto por profissionais de diferentes áreas cuja função é defender os interesses dos participantes da pesquisa em sua integridade e dignidade e contribuir no desenvolvimento da pesquisa dentro de padrões éticos. As dúvidas com relação à assinatura do TCLE ou os direitos do participante da pesquisa podem ser esclarecidos pelo telefone (61) 3376-0437 ou do e-mail [cep.fce@gmail.com](mailto:cep.fce@gmail.com), horário de atendimento de 14h as 18h, de segunda a sexta-feira. O CEP/FCE se localiza na Faculdade de Ceilândia, Sala AT07/66 – Prédio da Unidade de Ensino e Docência (UED) – Universidade de Brasília - Centro Metropolitano, conjunto A, lote 01, Brasília - DF. CEP: 72220-900.

Caso concorde em participar, pedimos que assine este documento que foi elaborado em duas vias, uma ficará com o pesquisador responsável e a outra com o Senhor(a).

---

Nome / assinatura

---

Pesquisador Responsável  
Nilson Eduardo Ferreira

Brasília, 18 de maio de 2017.

**PARECER CONSUBSTANCIADO DO CEP**

**DADOS DO PROJETO DE PESQUISA**

**Título da Pesquisa:** SADDIPE e SISTEMA DE AUXÍLIO EM DIAGNÓSTICOS PARA DIÁLISE PERITONEAL: TECNOLOGIA M-HEALTH PARA AVALIAÇÃO DA TURBIDEZ DO LÍQUIDO DIALISADO

**Pesquisador:** NILSON EDUARDO FERREIRA

**Área Temática:**

**Versão:** 2

**CAAE:** 66809417.0.0000.8093

**Instituição Proponente:** Programa de Pós-graduação em Engenharia Biomédica da Faculdade do

**Patrocinador Principal:** Financiamento Próprio

**DADOS DO PARECER**

**Número do Parecer:** 2.139.512

**Apresentação do Projeto:**

“Trata-se de uma pesquisa do programa de Mestrado em Engenharia Biomédica, PPGEB, da Universidade de Brasília, Campus do Gama. O projeto pretende desenvolver um dispositivo eletrônico composto por sistema embarcado, aplicativo móvel Android com conectividade web capaz de analisar, identificar alterações e registrar, em tempo real, a turbidez do líquido dialisado de pacientes em diálise peritoneal, nas modalidades Diálise Peritoneal Automatizada (DPA) ou Diálise Peritoneal Ambulatorial Contínua (DPAC), substituindo, assim, o método tradicional de análise por percepção visual do aspecto do líquido dialisado. As alterações do líquido dialisado, quando percebidas pelo profissional de saúde, são objeto de estudo e investigação laboratorial como complemento ao diagnóstico de outros sintomas nos pacientes em terapia renal substitutiva. Estudos têm revelado, no entanto, que a incidência de marcadores negativos, especialmente a peritonite, entre outros problemas relacionados à infecções e presença de agentes biológicos, podem ser previamente observados pela análise e monitoramento do líquido dialisado. A turbidez do líquido, quando analisada pelo método visual, pode ser imprecisa ou apresentar algum falso positivo, situação que pode ser minimizada ou até mesmo eliminada pela análise eletrônica. O projeto pretende auxiliar o paciente e o profissional de saúde na identificação precisa da turbidez do líquido dialisado, automatizando a análise de amostra do líquido, pelo processo de emissão de

**Endereço:** UNB - Prédio da Unidade de Ensino e Docência (UED), Centro Metropolitano, conj. A, lote 01, Sala AT07/66

**Bairro:** CEILÂNDIA SUL (CEILÂNDIA)

**CEP:** 72.220-900

**UF:** DF

**Município:** BRASÍLIA

**Telefone:** (61)3376-0437

**E-mail:** cep.fce@gmail.com

Continuação do Parecer: 2.139.512

luz visível. Essa identificação precoce marcadores negativos e os dados a respeito da turbidez do líquido dialisado, registrados a cada sessão de diálise peritoneal em um prontuário eletrônico, auxiliará o profissional de saúde na rápida tomada de decisões para aplicação de tratamentos, medicamentos ou ações que contribuam para a manutenção do paciente na diálise peritoneal. Os resultados da pesquisa pretendem demonstrar que, além da permanência do paciente na terapia, que é um fator positivo no que se refere à qualidade de vida de pessoas acometidas por insuficiência renal moderada, ainda podem contribuir para mitigar problemas de saúde mais grave que em determinadas situações podem levar o paciente ao óbito, se não contornadas em tempo hábil.”.

#### **Objetivo da Pesquisa:**

Como objetivo geral, foi apresentado: “Desenvolver um dispositivo eletrônico composto por sistema embarcado, aplicativo móvel e conectividade web capaz de analisar, identificar alterações e registrar em tempo real, a turbidez do líquido dialisado de pacientes em diálise peritoneal, substituindo, assim, o método tradicional de análise por percepção visual do aspecto daquele líquido.”. Como objetivos específicos, foi apresentado: “(1) contribuir na permanência de pacientes em diálise peritoneal na terapia renal substitutiva e (2) auxiliar na tomada de decisão por parte do profissional de saúde, para mitigar problemas decorrentes da presença de marcadores negativos no líquido dialisado.”.

#### **Avaliação dos Riscos e Benefícios:**

O autor do projeto informa os seguintes riscos: “Toda pesquisa com seres humanos envolve risco de tipos e gradações variados, sendo necessárias estratégias de cuidados para minimizá-los. Os riscos que podem ocorrer são: 1. desconforto (dor) ao paciente, pela manipulação do cateter de drenagem no momento da coleta da amostra do líquido; 2. Contaminação do pesquisador durante a coleta pela presença de algum agente bacteriano presente nas vestimentas ou sapatos do pesquisador ou no material utilizado durante a coleta (seringas, tubos, vasilhames); 3. Identificação inadequada da amostra, podendo gerar confusão na avaliação e resultados da análise ; 4. Envio equivocado de mensagem, caso haja um valor incorreto ou incoerente na análise, alarmando o participante e sugerindo a necessidade de realizar exames complementares.”; e benefícios: (1) “a avaliação de como a tecnologia adotada no sistema, inseridas em um cenário socioeconômico altamente dependente de investimentos públicos, podem garantir ao participante da pesquisa a facilidade na análise e da turbidez do líquido dialisado. Essa possibilidade contribuirá na diminuição de custos com a realização de exames laboratoriais pelo sistema público de saúde. Baseado nas recomendações da Sociedade Brasileira de Nefrologia e entidades

**Endereço:** UNB - Prédio da Unidade de Ensino e Docência (UED), Centro Metropolitano, conj. A, lote 01, Sala AT07/66  
**Bairro:** CEILÂNDIA SUL (CEILÂNDIA) **CEP:** 72.220-900  
**UF:** DF **Município:** BRASÍLIA  
**Telefone:** (61)3376-0437 **E-mail:** cep.fce@gmail.com

Continuação do Parecer: 2.139.512

internacionais que tratam dos níveis de potássio sérico padronizados, o sistema pretende auxiliar na tomada de decisão por parte da equipe de saúde” e “maior proximidade entre paciente e médico, por meio de ferramentas tecnológicas de uso popular, como os aplicativos mobile, e também permitirá que as informações geradas pelo sistema possam ser utilizadas como marco na avaliação do participante e dos protocolos médicos específicos para a terapia diálise peritoneal.”. Para minimizar os riscos propõe: “Risco nº 1: A manipulação do cateter de drenagem será realizada na parte distante do corpo do paciente. Como a drenagem é realizada diretamente no sistema de coleta de água (ralo) da unidade de saúde, o pesquisador não manterá nenhum contato físico com o paciente e a coleta da amostra será realizada na extremidade, sem necessidade de movimentar ou dobrar o cateter e sob supervisão do profissional de saúde (enfermeiro) para evitar qualquer tipo de incômodo ao paciente que se encontrará deitado na maca; Risco nº 2: O pesquisador somente procederá na coleta da amostra, dentro do centro de diálise, com higiene pessoal para antissepsia, devidamente vestido com jaleco limpo, que será apresentado ao enfermeiro do centro de diálise do hospital, assim como utilizará proteção (cobrir pés) sobre os sapatos, touca no cabelo e com luvas de procedimento para realizar a coleta; Risco nº 3: Não haverá nenhuma identificação com dados pessoais do paciente, porém cada coleta será armazenada em um tubo de ensaio ou vasilhame estéril, onde constará a data, a hora e um código referente ao paciente fornecedor da amostra, que será de conhecimento apenas do pesquisador; Risco nº 4: Nenhuma informação a respeito da análise, presença de agentes biológicos ou alterações de qualquer natureza serão enviados ao paciente por meio do aplicativo componente do sistema de análise.”.

#### **Comentários e Considerações sobre a Pesquisa:**

Trata-se de um projeto de pesquisa que será executado pelo mestrando Nilson Eduardo Ferreira no Programa de Pós-Graduação em Engenharia Biomédica da Faculdade do Gama (FGA-UnB). Possui orientação da Profa. Dra. Suélia de Siqueira Rodrigues Fleury Rosa, com experiência na condução de projetos de desenvolvimento tecnológica. Declara equipe formada pelos estudantes Danovan Martins de Sousa (Engenharia Eletrônica – FGA), Mateus Alves da Rocha (Engenharia Eletrônica - FGA) e Luan José de Almeida Cardoso (Engenharia Mecatrônica - FT). Prevê a utilização de 20 participantes, dos quais 18 serão pacientes que comporão o grupo 1 e 2 que farão parte do grupo 2.

#### **Considerações sobre os Termos de apresentação obrigatória:**

Todos os documentos orientados foram apresentados adequadamente.

**Endereço:** UNB - Prédio da Unidade de Ensino e Docência (UED), Centro Metropolitano, conj. A, lote 01, Sala AT07/66  
**Bairro:** CEILÂNDIA SUL (CEILÂNDIA) **CEP:** 72.220-900  
**UF:** DF **Município:** BRASÍLIA  
**Telefone:** (61)3376-0437 **E-mail:** cep.fce@gmail.com

UNB - FACULDADE DE  
CEILÂNDIA DA UNIVERSIDADE  
DE BRASÍLIA



Continuação do Parecer: 2.139.512

**Recomendações:**

-

**Conclusões ou Pendências e Lista de Inadequações:**

Não há pendências.

**Considerações Finais a critério do CEP:**

Protocolo de pesquisa em consonância com a Resolução 466/12 do Conselho Nacional de Saúde. Cabe ressaltar que compete ao pesquisador responsável: desenvolver o projeto conforme delineado; elaborar e apresentar os relatórios parciais e final; apresentar dados solicitados pelo CEP ou pela CONEP a qualquer momento; manter os dados da pesquisa em arquivo, físico ou digital, sob sua guarda e responsabilidade, por um período de 5 anos após o término da pesquisa; encaminhar os resultados da pesquisa para publicação, com os devidos créditos aos pesquisadores associados e ao pessoal técnico integrante do projeto; e justificar fundamentadamente, perante o CEP ou a CONEP, interrupção do projeto ou a não publicação dos resultados.

**Este parecer foi elaborado baseado nos documentos abaixo relacionados:**

Tipo Documento	Arquivo	Postagem	Autor	Situação
Informações Básicas do Projeto	PB_INFORMAÇÕES_BÁSICAS_DO_PROJETO_857367.pdf	18/05/2017 15:26:23		Aceito
Outros	CartaPendencias.docx	18/05/2017 15:02:25	NILSON EDUARDO FERREIRA	Aceito
Projeto Detalhado / Brochura Investigador	Projeto_de_Pesquisa_Detalhado_V5.docx	18/05/2017 14:58:44	NILSON EDUARDO FERREIRA	Aceito
TCLE / Termos de Assentimento / Justificativa de Ausência	TCLE_v4.doc	18/05/2017 14:58:05	NILSON EDUARDO FERREIRA	Aceito
Cronograma	Cronograma_v3.docx	18/05/2017 14:57:23	NILSON EDUARDO FERREIRA	Aceito
Folha de Rosto	FolhadeRosto.pdf	06/04/2017 16:27:20	NILSON EDUARDO FERREIRA	Aceito
Outros	cartaFCE.pdf	31/03/2017 18:19:21	NILSON EDUARDO FERREIRA	Aceito
Outros	LattesLuan.pdf	21/03/2017 12:48:48	NILSON EDUARDO FERREIRA	Aceito
Outros	LattesMateus.pdf	21/03/2017 12:48:37	NILSON EDUARDO FERREIRA	Aceito

**Endereço:** UNB - Prédio da Unidade de Ensino e Docência (UED), Centro Metropolitano, conj. A, lote 01, Sala AT07/66

**Bairro:** CEILÂNDIA SUL (CEILÂNDIA)

**CEP:** 72.220-900

**UF:** DF

**Município:** BRASÍLIA

**Telefone:** (61)3376-0437

**E-mail:** cep.fce@gmail.com

UNB - FACULDADE DE  
CEILÂNDIA DA UNIVERSIDADE  
DE BRASÍLIA



Continuação do Parecer: 2.139.512

Outros	LattesDanovan.pdf	21/03/2017 12:48:26	NILSON EDUARDO FERREIRA	Aceito
Outros	LattesCicilia.pdf	21/03/2017 12:48:15	NILSON EDUARDO FERREIRA	Aceito
Outros	LattesSuelia.pdf	21/03/2017 12:48:00	NILSON EDUARDO FERREIRA	Aceito
Outros	LattesNilson.pdf	21/03/2017 12:47:40	NILSON EDUARDO FERREIRA	Aceito
Outros	TermoConcordancia.pdf	20/03/2017 18:57:58	NILSON EDUARDO FERREIRA	Aceito
Declaração de Pesquisadores	TermoResponsabilidade.pdf	20/03/2017 18:56:48	NILSON EDUARDO FERREIRA	Aceito
Declaração de Instituição e Infraestrutura	TermodeAnuencia.pdf	20/03/2017 18:56:27	NILSON EDUARDO FERREIRA	Aceito
Orçamento	Planilha.pdf	20/03/2017 18:55:37	NILSON EDUARDO FERREIRA	Aceito

**Situação do Parecer:**

Aprovado

**Necessita Apreciação da CONEP:**

Não

BRASILIA, 26 de Junho de 2017

---

**Assinado por:**  
**Dayani Galato**  
**(Coordenador)**

**Endereço:** UNB - Prédio da Unidade de Ensino e Docência (UED), Centro Metropolitano, conj. A, lote 01, Sala AT07/66  
**Bairro:** CEILÂNDIA SUL (CEILÂNDIA) **CEP:** 72.220-900  
**UF:** DF **Município:** BRASÍLIA  
**Telefone:** (61)3376-0437 **E-mail:** cep.fce@gmail.com

**PARECER CONSUBSTANCIADO DO CEP**

**DADOS DO PROJETO DE PESQUISA**

**Título da Pesquisa:** SADDIPE e SISTEMA DE AUXÍLIO EM DIAGNÓSTICOS PARA DIÁLISE PERITONEAL: TECNOLOGIA M-HEALTH PARA AVALIAÇÃO DA TURBIDEZ DO LÍQUIDO DIALISADO

**Pesquisador:** NILSON EDUARDO FERREIRA

**Área Temática:**

**Versão:** 2

**CAAE:** 66809417.0.0000.8093

**Instituição Proponente:** Programa de Pós-graduação em Engenharia Biomédica da Faculdade do

**Patrocinador Principal:** Financiamento Próprio

**DADOS DA NOTIFICAÇÃO**

**Tipo de Notificação:** Envio de Relatório Parcial

**Detalhe:**

**Justificativa:**

**Data do Envio:** 04/10/2017

**Situação da Notificação:** Parecer Consubstanciado Emitido

**DADOS DO PARECER**

**Número do Parecer:** 2.339.031

**Apresentação da Notificação:**

Trata-se do relatório parcial do estudo no qual foi proposto um Equipamento Médico-Assistencial capaz de avaliar a turbidez do dialisado de forma mais rápida e precisa, para auxiliar pacientes e profissionais de saúde na identificação da turbidez do dialisado. Foram realizadas análises em líquidos dialisados em cinco pacientes renais em diálise peritoneal, no Hospital Regional do Gama-DF.

**Objetivo da Notificação:**

Apresentação do Relatório Parcial.

**Avaliação dos Riscos e Benefícios:**

Os riscos relatados foram existentes apenas aos pesquisadores com risco de contaminação, contudo este problema foi sanado com a interrupção temporária da diálise.

**Endereço:** UNB - Prédio da Unidade de Ensino e Docência (UED), Centro Metropolitano, conj. A, lote 01, Sala AT07/66

**Bairro:** CEILÂNDIA SUL (CEILÂNDIA)

**CEP:** 72.220-900

**UF:** DF

**Município:** BRASÍLIA

**Telefone:** (61)3376-0437

**E-mail:** cep.fce@gmail.com

UNB - FACULDADE DE  
CEILÂNDIA DA UNIVERSIDADE  
DE BRASÍLIA



Continuação do Parecer: 2.339.031

**Comentários e Considerações sobre a Notificação:**

Em conformidade com a Resolução CNS nº 466/12.

**Considerações sobre os Termos de apresentação obrigatória:**

Em conformidade com a Resolução CNS nº 466/12.

**Recomendações:**

Não há.

**Conclusões ou Pendências e Lista de Inadequações:**

Relatório parcial Aprovado

**Considerações Finais a critério do CEP:**

Relatório parcial aceito.

**Este parecer foi elaborado baseado nos documentos abaixo relacionados:**

Tipo Documento	Arquivo	Postagem	Autor	Situação
Envio de Relatório Parcial	reatorioCep.pdf	04/10/2017 11:13:55	NILSON EDUARDO FERREIRA	Aceito
Envio de Relatório Parcial	relatorioParcialCEP.doc	04/10/2017 11:14:03	NILSON EDUARDO FERREIRA	Aceito

**Situação do Parecer:**

Aprovado

**Necessita Apreciação da CONEP:**

Não

BRASILIA, 19 de Outubro de 2017

---

**Assinado por:  
Dayani Galato  
(Coordenador)**

**Endereço:** UNB - Prédio da Unidade de Ensino e Docência (UED), Centro Metropolitano, conj. A, lote 01, Sala AT07/66  
**Bairro:** CEILANDIA SUL (CEILANDIA) **CEP:** 72.220-900  
**UF:** DF **Município:** BRASÍLIA  
**Telefone:** (61)3376-0437 **E-mail:** cep.fce@gmail.com