

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SERGIPE
DEPARTAMENTO DE ENFERMAGEM

Reinaldo dos Santos Freitas

**Verificação da possibilidade de construção de um dispositivo eletrônico para
visualização de veias periféricas**

Aracaju, 2021

Reinaldo dos Santos Freitas

**Verificação da possibilidade de construção de um dispositivo eletrônico para
visualização de veias periféricas**

Trabalho de conclusão de curso apresentado ao
departamento de enfermagem da Universidade
Federal de Sergipe para obtenção do título de
bacharel em enfermagem.
Orientadora: Prof. Dr^a. Liudmila Miyar Otero

Aracaju, 2021

REINALDO DOS SANTOS FREITAS

**Verificação da possibilidade de construção de um dispositivo eletrônico para
visualização de veias periféricas**

Trabalho de conclusão de curso apresentado ao departamento de enfermagem da Universidade
Federal de Sergipe para obtenção do título de bacharel em enfermagem

Orientadora: Prof. Dr^a. Liudmila Miyar Otero

São Cristóvão, ____ de _____ de 2021.

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr^a. Liudmila Miyar Otero

Orientadora

Profa. Dra. Eliana Ofelia Llapa Rodriguez
Examinador

Profa. Dra. Rosemar Barbosa Mendes
Examinador

RESUMO

Trata-se de uma pesquisa aplicada onde pretende-se verificar a possibilidade de construção de um dispositivo eletrônico de baixo custo, para auxiliar na visualização das veias periféricas dos seres humanos. Esta pesquisa foi desenvolvida na própria moradia do desenvolvedor, situada na cidade de Aracaju. Durante o período de 2018 a 2021. A pesquisa constou das etapas de planejamento do projeto; aprofundamento e compreensão do funcionamento da tecnologia escolhida; planejamento e construção do protótipo e comparação entre os protótipos. Através da revisão da literatura e a realização de testes práticos foi possível selecionar a tecnologia de luz infravermelha para a construção dos protótipos. Posteriormente foram elaborados três protótipos (VV01, VV02A, VV02B) equipados com essa tecnologia, capazes de visualizar veias, inclusive em situações de escuridão. Ao comparar os três protótipos, obteve-se que o VV02A e o VV02B permitiram uma melhor visualização das veias quando comparado com o VV01. Os custos desses protótipos são inferiores aos dos dispositivos com função semelhantes que se encontram disponíveis no mercado no Brasil. Conclui-se que é possível a construção de um visualizador de veias de baixo custo, para auxiliar aos profissionais de saúde no procedimento de punção venosa.

Palavras-chave: Visualizador de veias. Veia. Infravermelho. Enfermagem. Tecnologia. Punção venosa.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Ilustração do color glass e seus resultados.	14
Figura 2- Ilustração do VEID e do seu adaptador (VA)	15
Figura 3 - Ilustração do dispositivo que utiliza tecnologia LED em local com a presença de luz ambiente em nível satisfatório.	16
Figura 4 - Ilustração do dispositivo que utiliza tecnologia LED em local com pouca presença de luz ambiente. Nota-se um melhor destacamento das veias ao utilizar o dispositivo com pouca luz ambiente.	16
Figura 5 - Ilustração da visualização das veias através de luz infravermelha.	17
Figura 6 – Ilustração do plano transverso à esquerda e ilustração do plano longitudinal à direita.	18
Figura 7 – Ilustração de como ocorre o efeito doppler.	18
Figura 8 - Imagem da veia e da artéria através do efeito Doppler.	19
Figura 9 - Robô realizando uma punção.	20
Figura 11 – Variação do coeficiente de absorção, de acordo com os comprimentos de onda ilustrados na parte inferior do gráfico, e diferença de absorção entre a hemoglobina oxigenada e a hemoglobina desoxigenada.	27
Figura 12 - Ilustração de modelos de câmeras noturnas acompanhadas de display.	29
Figura 13 - Câmera apresentando dois buracos referentes a peças não realocadas, devido à dificuldade encontrada na reposição das mesmas durante a remontagem	30
Figura 14 - Apresentação dos componentes: 2 LEDs, 2 pilhas, 1 câmera e 1 suporte para pilha.	30
Figura 15 - Visão anterior do antebraço direito do autor através da câmera modificada e auxílio de um LED de 3W.	31
Figura 16 - Visão posterior do antebraço direito do autor através da câmera modificada e auxílio de um LED de 3W.	31
Figura 17 – Foto do antebraço direito do autor, realizada no final da tarde através de uma câmera modificada com auxílio um LED de 3W.	32
Figura 18 – Foto do antebraço direito do autor, realizada durante a noite através da câmera modificada com auxílio de um LED 3W.	33
Figura 19 - Ilustração do filtro de 850nm. Está grafado IR850 na borda da lente.	34
Figura 20 - Ilustração do filtro de 720nm. Está grafado IR720 na borda da lente.	34

Figura 21 – Imagem do antebraço direito do autor, realizada durante o dia com uma câmera modificada e com auxílio de um LED 3W, porém sem filtro.	35
Figura 22 – Imagem do antebraço direito do autor, realizada durante o dia com uma câmera modificada, com auxílio de um LED e um filtro IR850.	35
Figura 23 – Foto do antebraço do autor, realizada a uma distância muito curta, aproximadamente 10cm de distância entre o antebraço e a câmera.	36
Figura 24 – Foto apresentando o objeto de interesse (o antebraço do autor) pouco iluminado. Distância de aproximadamente 20cm.	37
Figura 25 – Resultado do protótipo VV02A ao visualizar o antebraço esquerdo do autor em um cômodo com a presença de luz ambiente.	38
Figura 26 – Resultado do protótipo VV02A ao visualizar a mão esquerda do autor em um cômodo com a presença de luz ambiente.	38
Figura 27 – Resultado do protótipo VV02A ao visualizar o braço esquerdo do autor em um cômodo com a presença de luz ambiente.	39
Figura 28 – Resultado do protótipo VV02A ao visualizar a mão direita do autor em um cômodo com a presença de luz ambiente.	39
Figura 29 – Resultado do protótipo VV02B ao visualizar o antebraço esquerdo do autor em um cômodo com a presença de luz ambiente.	40
Figura 30 – Resultado do protótipo VV02B ao visualizar a mão esquerda do autor em um cômodo com a presença de luz ambiente.	40
Figura 31 – Resultado do protótipo VV02B ao visualizar o braço esquerdo do autor em um cômodo com a presença de luz ambiente.	41
Figura 32– Resultado do protótipo VV02A ao visualizar o antebraço esquerdo do autor em um cômodo com a presença de luz ambiente.	42
Figura 33 – Resultado do protótipo VV02B ao visualizar o antebraço esquerdo do autor em um cômodo com a presença de luz ambiente.	43

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Materiais utilizados na construção do Protótipo VV01 (visualizador de veias 01), segundo os seus custos.....	21
Tabela 2 – Materiais utilizados na construção do Protótipo VV0A2 (visualizador de veias 02), segundo os seus custos.....	22
Tabela 3 – Materiais utilizados na construção do Protótipo VV02B (visualizador de veias 03), segundo os seus custos.....	22
Tabela 4 – Materiais utilizados na construção do Protótipo VV0A2 (visualizador de veias 02), segundo os seus custos.....	42
Tabela 5 – Materiais utilizados na construção do Protótipo VV02B (visualizador de veias 03), segundo os seus custos.....	42

LISTA DE QUADROS

Quadro 1. Descrição de algumas tecnologias e dispositivos para punção venosa, segundo aspectos positivos, negativos e preços.....	13
Quadro 2. Descrição de algumas tecnologias e dispositivos para punção venosa, segundo aspectos positivos, negativos e preços.....	24

Sumário

1. Introdução.....	10
1.1. Justificativa	11
2. Objetivos	12
2.1 Objetivo geral.....	12
2.2 Objetivos específicos	12
3. Revisão da literatura.....	12
3.1 Color vision	14
3.2 Sensor de pressão	14
3.3 LED	15
3.4 Infravermelho	16
3.5 Ultrassom	17
3.6 Sistema Robótico	19
4. Método	20
4.1 Tipo de Estudo:	20
4.2 Período de Estudo:.....	20
4.3 Aspectos éticos	20
4.4 Procedimentos para a construção do protótipo do dispositivo	21
5. Resultados.....	23
6. Conclusão	43
7. REFERÊNCIAS.....	44

1. Introdução

A punção venosa é um procedimento na rotina dos profissionais de enfermagem, correspondendo a aproximadamente 85% dos procedimentos realizados pela categoria. (TORRES; ANDRADE; SANTOS, 2005).

O cateterismo intravenoso periférico (CIP), é um dispositivo que quando introduzido na veia do paciente possibilita a administração de medicamentos ou quimioterápicos não vesicantes, coleta de exames sanguíneos e reposição de hemoderivados.

Considerando ser um dispositivo invasivo, o profissional de enfermagem deve se atentar para o monitoramento periódico seguindo os protocolos de segurança do paciente. Por tanto, esse procedimento exige do profissional competência e habilidade psicomotora devido a sua alta complexidade técnico-científico (TORRES; ANDRADE; SANTOS, 2005), evitando eventos adversos, tais como hematomas, infecção bacteriana, extravasamento, flebite, trombose, embolia e dano ao nervo (BLECHMAN, 2016).

Entre as dificuldades apresentadas para realização do procedimento, destaca-se a dificuldade da localização das veias, podendo tornar o procedimento demorado e doloroso para os clientes devido às múltiplas tentativas de punção considerando ser um dispositivo invasivo, o profissional de enfermagem deve se atentar para o monitoramento periódico seguindo os protocolos de segurança do paciente

Essa situação pode ser mais comum com crianças e idosos, pessoas negras, obesas, hipotensiva, usuário de drogas por via intravenosa, além das pessoas que apresentem interrupção na continuidade da pele, nas áreas destinadas para a punção.

Em estudo realizado por Chiao, *et. al.* (2013), foi verificado que a percentagem dos casos segundo o nível de dificuldade seguia a seguinte ordem: crianças menores de seis meses, crianças com mais de seis meses, população afro americana, obesos com mais de 40Kg/m² de índice de massa corporal, população negra, obesos com menos de 40Kg/m² de índice de massa corporal e asiáticos (CHIAO, *et.al.* 2013). 2013). O gráfico a seguir ilustra o nível de dificuldade mencionado anteriormente. Ressaltamos que “casos de dificuldade significa visualização de zero ou uma veia” (BLECHMAN, 2016).

Frente a esse texto diversos dispositivos têm sido desenvolvidos para amenizar o sofrimento desnecessário par o paciente. Atualmente existem no mercado diversos tipos de aparelhos que podem auxiliar os profissionais da área da saúde na localização veias, de forma mais segura (CANTOR-PELED; HALAK & BLECHMAN, 2016).

Apesar dos avanços tecnológicos, esses dispositivos não estão ao alcance da maioria dos profissionais no Brasil, seja pela indisponibilidade local, pelo tamanho o que dificulta a portabilidade e principalmente pelo alto custo. Observou-se durante a pesquisa realizada no site Google Shopping em outubro de 2020, que os preços destes dispositivos variam entre aproximadamente 500 reais podendo passar dos 16000 reais (*SITE GOOGLE SHOOPING*, 2020), sendo essa variação de valores relacionada ao tipo de tecnologia utilizada.

Cabe ressaltar que a compra da maioria desses dispositivos requer importação, sendo o preço calculado em dólar americano, adicionando o valor do frete, seguro da carga e o imposto de importação que equivale a 60% do preço total (preço do produto + frete + seguro da carga) (SUANA, 2020). Por esse motivo uso de alguns desses dispositivos se torna uma realidade distante para a maioria dos profissionais de enfermagem.

No entanto existem algumas opções no mercado nacional também, com preços mais flexíveis, podendo ser encontrado modelos próximos ou superiores ao valor de R\$1.000,00 (equipamentos mais simples).

Por tudo o anterior propõe-se a realização deste trabalho que tem como questionamento: É possível a construção de um dispositivo eletrônico de baixo custo, para auxiliar os profissionais da saúde na visualização das veias periféricas durante o procedimento de punção venosa?

1.1. Justificativa

Apesar de existir alguns produtos como soluções para diminuir a dificuldade de puncionar veias, esses produtos não são populares em muitos países sendo um deles o Brasil, devido ao elevado custo.

Acredita-se que o preço desses dispositivos, elevado para a realidade de muitos países, seja uma das principais razões para isso. Diante desse cenário, a proposta deste estudo é verificar a possibilidade de construção de um dispositivo eletrônico para visualização de veias, visando a possibilidade de concretizar um produto nacional futuramente. Com a construção desse produto no Brasil, esse dispositivo poderia se tornar mais barato, pois a cotação do produto não será 100% em dólar, não necessitará pagar frete e nem taxa de importação. Assim, espera-se que no futuro esses produtos possam se tornar mais acessíveis aos hospitais e aos profissionais de saúde, podendo se popularizar no Brasil e em outros países que também não apresentam condições de adquiri-los em larga escala.

Com essa popularização, espera-se que seja garantido uma melhora da qualidade e da eficiência do serviço prestado pelas equipes de saúde ao paciente, garantindo também mais

confiança e agilidade ao profissional que venham a operar o dispositivo no meio hospitalar ou extra-hospitalar.

2. Objetivos

2.1 Objetivo geral

Verificar a possibilidade de construção de um dispositivo eletrônico de baixo custo, para auxiliar na visualização das veias dos seres humanos.

2.2 Objetivos específicos

- 1- Analisar os dispositivos existentes no mercado e as tecnologias que utilizam.
- 2- Selecionar a tecnologia mais adequada para o protótipo que se pretende construir.
- 3- Construir o protótipo de visualizador de veias.

3. Revisão da literatura

Na atualidade existem diversos tipos de tecnologias utilizadas nos dispositivos disponíveis para o auxílio no procedimento de punção venosa. Até o ano 2016 existiam no mercado seis dispositivos que eram os mais utilizados. Estes os dispositivos são: *color vision*, sensor de pressão, LED (luz visível), infravermelho, ultrassom e robótica, possuindo cada um deles seus aspectos positivos e negativos como demonstra o quadro 1 a seguir que também apresenta os custos aproximados de cada uma dessas tecnologias (BLECHMAN, 2016).

Quadro 1. Descrição de algumas tecnologias e dispositivos para punção venosa, segundo aspectos positivos, negativos e preços.

Diapositivos	Color vision	Sensor de pressão	Led	Infravermelho	Ultrassom
Aspectos positivos e negativos					
Aspectos Positivos	• Simples • Não necessita bateria • Não necessita de eletricidade • Adequa-se a luz do ambiente externo • Portátil • “Vestível”	• Simples • Detecção fácil • Funciona em qualquer ambiente	• Simples • Portátil • Diferentes comprimentos de onda • Profundidade e diâmetro das veias podem ser avaliados • Diferentes comprimentos de onda • Profundidade e diâmetro das veias podem ser avaliados	• Vários comprimentos de luz • Mostra o mapeamento venoso • Profundidade de até 15mm • Não necessita contato físico com o paciente • Funciona com luz ou sem luz	• Tela grande • Permite ver a agulha dentro da veia • Dispositivo guia para agulha • Profundidade e diâmetro da veia podem ser estimados • Penetração profunda (nível de visualização)
Aspectos negativos	• Não funciona no escuro • Não funciona para daltônicos	• Sem imagem • Sem melhoria de visibilidade	• Necessita de um ambiente escuro • Necessita de contato com o paciente	• Profundidade da veia e diâmetro podem ser estimados • Requer treinamento prático	• Não é portátil • é caro • Uso complicado • Requer treinamento prático
Preço (USD)	~300	120	200 - 630	~27.000 não portátil/4.500 portátil	~27.600

Fonte: (BLECHMAN, 2016).

3.1 Color vision

Este dispositivo se apresenta principalmente como ferramenta para pessoas com daltonismo vermelho-verde. O mesmo tem como embasamento o fato de que a mudança de cor do sangue ocorre de acordo com a quantidade de oxigênio que está presente nele, assim, foi desenvolvido o Oxy-iso que isola e amplifica a coloração vermelho-verde (BLECHMAN, 2016).

“Seus olhos naturalmente veem dois tipos de cores mudar devido à variação em seu sangue: Oxigenação e concentração. Com nossa tecnologia você pode escolher seu aprimoramento. As imagens abaixo mostram a ênfase de cada distinta tecnologia.”



Figura 1 - Ilustração do color glass e seus resultados.

Fonte: (CHANGIZI, 2012).

3.2 Sensor de pressão

O dispositivo chamado de *Vein Entry Indicator Device* (VEID), traduzido para o português como dispositivo indicador de entrada em veia, pois ele alerta ao operador quando há dúvida da localização da ponta da agulha. Este dispositivo é composto por um sensor de pressão, um indicador de sinais e uma unidade de processamento, e funciona identificando a diferença de pressão quando penetra a veia, emitindo um som dentro de 0.1 segundos para alertar e tentar impedir que o profissional atravessasse o outro lado do vaso sanguíneo (BLECHMAN, 2016).

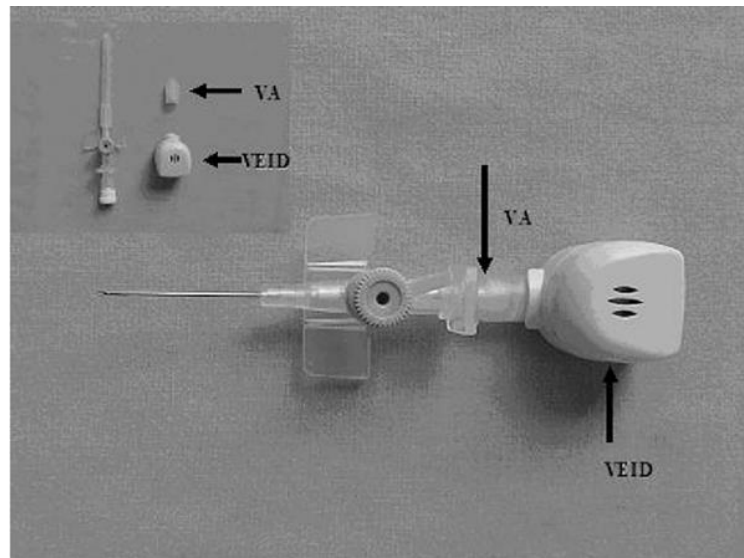


Figura 2- Ilustração do VEID e do seu adaptador (VA)

Fonte: (SIMHI; KACHKO; BRUCKHEIMER; KATZ, 2008).

3.3 LED

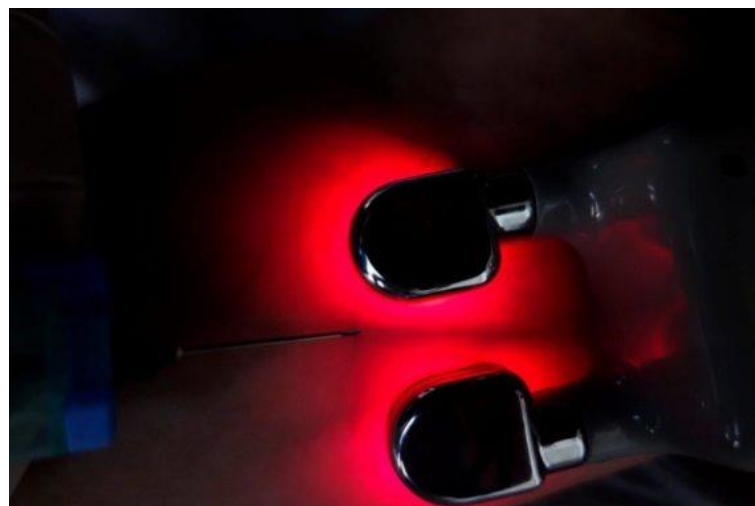
Esse dispositivo utiliza luzes que são visíveis ao olho humano, que é fornecida por uma determinada quantidade de LED (diodo emissor de luz), quando os LEDs são ligados e colocados próximo à pele, as luzes desses diodos penetram a pele e são absorvidas pela hemoglobina desoxigenada, tornando a veia visível, sendo essa apresentada com uma coloração mais escura (BLECHMAN, 2016).

Deve-se lembrar que esses dispositivos utilizam luz visível, por isso outros tipos de luz visível como a luz solar ou de lâmpadas (lâmpadas comuns, utilizadas normalmente nas casas e prédios) podem prejudicar a visualização das veias, pois elas causam interferência durante o procedimento (BLECHMAN, 2016).



Fonte: (DUANINTERNACIONAL, 2011).

Figura 3 - Ilustração do dispositivo que utiliza tecnologia LED em local com a presença de luz ambiente em nível satisfatório.



Fonte: (CLINRIO, 20-)

Figura 4 - Ilustração do dispositivo que utiliza tecnologia LED em local com pouca presença de luz ambiente. Nota-se um melhor destaque das veias ao utilizar o dispositivo com pouca luz ambiente.

3.4 Infravermelho

São dispositivos que utilizam uma determinada quantidade de LED infravermelho (BLECHMAN, 2016). Permitem a visualização das veias porque hemoglobinas desoxigenadas absorvem luz infravermelha melhor que os tecidos adjacentes, exibindo assim os vasos em uma cor escura (FUKSIS; GREITANS; NIKISINS; PUDZS, 2010). A exibição das veias pode

ocorrer de diferentes formas, sendo estas através de um display ou sobrepondo a imagem da veia na região de uso do produto, como mostra a imagem abaixo:

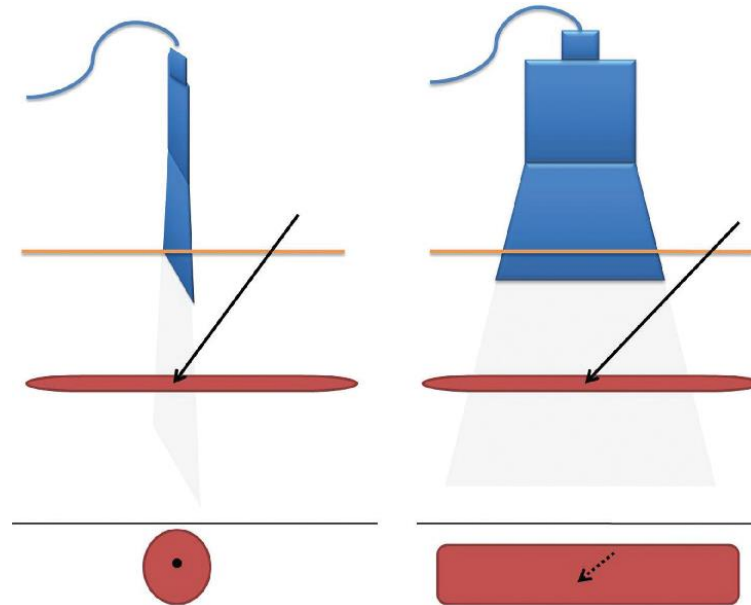


Figura 5 - Ilustração da visualização das veias através de luz infravermelha.

Fonte: (ALMEIDA, 2018).

3.5 Ultrassom

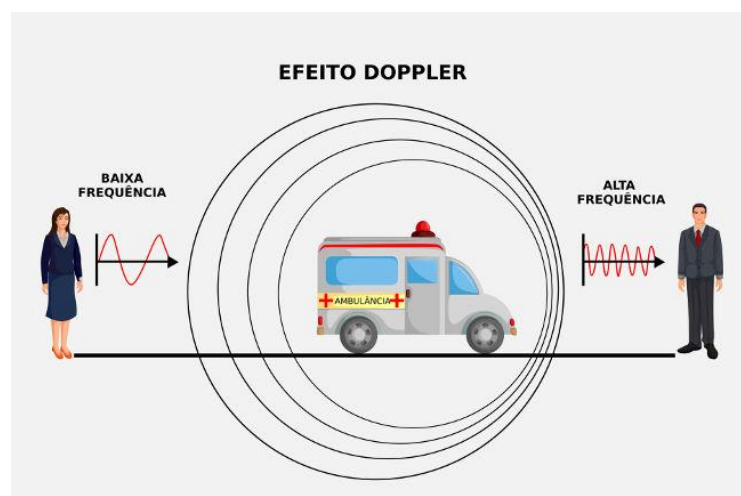
Existem duas formas de uso do ultrassom para a visualização de veias; o Cateter Intravenoso Periférico (CIP) guiado por ultrassom (US), e o *Doppler* US (BLECHMAN, 2016). O CIP guiado por US pode ser bastante efetivo, mas pode apresentar dificuldade para achar vasos pequenos, ou detectar a profundidade dos vasos (BLECHMAN, 2016). O US pode apresentar a imagem de forma longitudinal ou transversal da veia (MOORE, et. al., 2019), sendo que, o aparelho irá guiar a agulha até a veia alvo ou através da veia (MOORE, et. al., 2019). Durante o procedimento, o profissional deverá se guiar através das imagens geradas pelo ultrassom (BLECHMAN, 2016).



Fonte: (DENADAI, et al. 2014).

Figura 6 – Ilustração do plano transversal à esquerda e ilustração do plano longitudinal à direita.

A segunda forma de visualizar veias é através do efeito Doppler (BLECHMAN, 2016). O efeito doppler acontece quando um elemento em movimento está emitindo ou refletindo o som, porém há uma variação do tipo de som podendo se alternar entre o agudo e o grave. Essa variação entre o grave e o agudo se dá a diferentes frequências apresentadas pelo elemento durante sua aproximação ou distanciamento (PRUSIS; PRUSIS, 2020). O exemplo pode ser observado a seguir na figura 10.

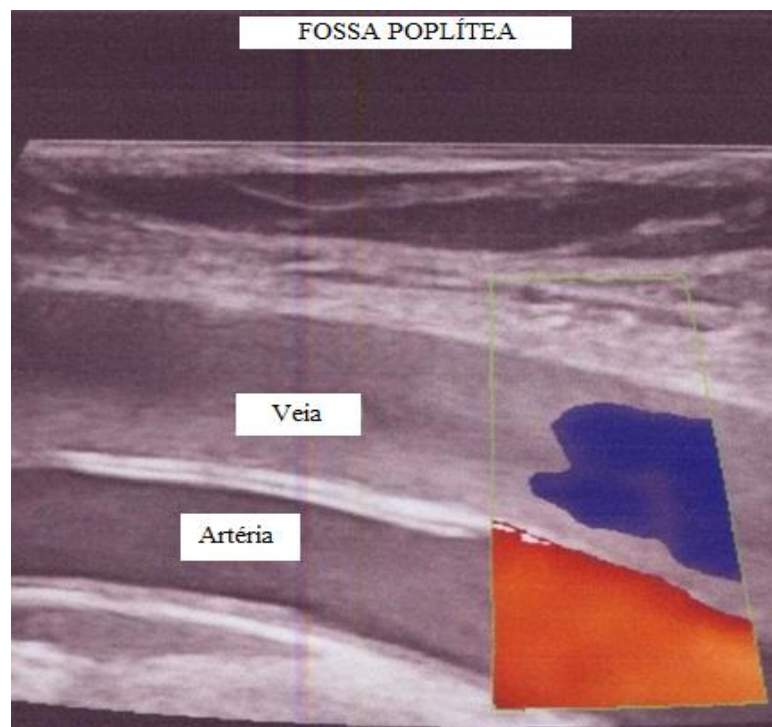


Fonte: (HELERBROCK, 2020).

Figura 7 – Ilustração de como ocorre o efeito *doppler*.

A imagem ilustra o elemento de exemplo em movimento (ambulância). A frequência tende a aumentar para onde o elemento de exemplo se desloca devido ao achatamento das ondas sonoras e diminui a frequência sonora devido ao afastamento das ondas sonoras (PRUSIS; PRUSIS, 2020).

Assim, o doppler pode localizar vasos sanguíneos, além de indicar se é uma veia ou artéria devido a direção do fluxo sanguíneo (BLECHMAN, 2016).



Fonte: (PG BLAZER, entre 2008 e 2020).

Figura 8 - Imagem da veia e da artéria através do efeito *Doppler*.

3.6 Sistema Robótico

Robôs estão sendo desenvolvidos para inserção intravenosa de cateter, porém, aparentemente nenhum deles foi apresentado ao mercado ainda (BLECHMAN, 2016). Esses robôs possuem a capacidade de localizar as veias, selecionar e então realizar o procedimento invasivo (BLECHMAN, 2016).

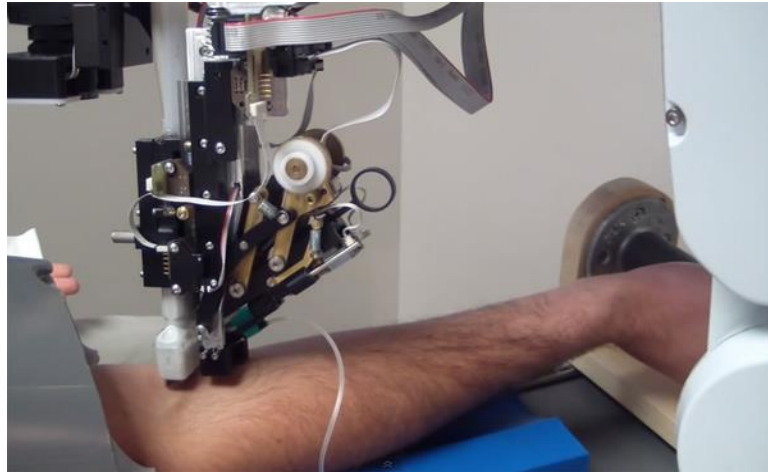


Figura 9 - Robô realizando uma punção.

Fonte: (GIZMOD0 BRASIL, 2013).

4. Método

4.1 Tipo de Estudo:

Trata-se de uma pesquisa aplicada, pois o seu intuito é verificar a possibilidade de desenvolvimento de um dispositivo com características próprias, resultando em um protótipo que poderá se transformar em um produto, possível de ser utilizado para a diminuição dos erros dos profissionais da saúde durante o procedimento de punção venosa.

4.2 Período de Estudo:

Este estudo apresenta o início em janeiro de 2018 e estende-se até janeiro de 2020. O período de estudo aconteceu de forma intermitente, devido a alguns fatores que envolvem logística (longa espera de entrega de materiais para teste, principalmente os originários da China), momentos que envolviam a graduação do desenvolvedor, onde o próprio teve que se dedicar mais a ela, além do fato de se ter só um desenvolvedor, assim cada área do projeto (parte de pesquisa, parte de elaboração, parte elétrica, parte de programação e parte de montagem e teste) só podia ser desenvolvida uma por vez.

4.3 Aspectos éticos

Por se tratar de uma pesquisa de desenvolvimento de produto eletrônico, nesta primeira etapa de desenvolvimento do protótipo não será necessária a participação dos profissionais e nem dos pacientes pelo que não será preciso submeter o projeto ao Comitê de Ética em Pesquisa em seres Humanos da UFS.

4.4 Procedimentos para a construção do protótipo do dispositivo

O local de desenvolvimento de todas as etapas desse projeto, foi a própria moradia do desenvolvedor, situada na cidade de Aracaju. A verificação da possibilidade de construção do protótipo foi desenvolvida nas seguintes etapas:

1- Etapa de planejamento do projeto:

Nesta etapa foram realizadas pesquisas sobre os dispositivos existentes e disponíveis no mercado, e suas tecnologias, buscando identificar qual seria a melhor tecnologia a ser utilizada, segundo a sua praticidade, eficiência e custo.

2- Etapa de aprofundamento e compreensão do funcionamento da tecnologia escolhida:

Foi escolhida como tecnologia de visualização das veias a luz infravermelha. Posteriormente se realizaram diversas pesquisas bibliográficas para a compreensão de como esta poderia ser utilizada para alcançar o resultado esperado.

3- Etapa de planejamento e construção do protótipo:

Após a compreensão de como a luz infravermelha contribui para a visualização das veias, procedeu-se à construção do protótipo.

Primeiramente foi construído um primeiro protótipo (VV01) com materiais improvisados de baixo custo para certificar que os estudos realizados até o presente momento estavam corretos quanto ao funcionamento da luz vermelha para a visualização das veias. Segue abaixo os materiais com seus respectivos preços:

Tabela 1 – Materiais utilizados na construção do Protótipo VV01 (visualizador de veias 01), segundo os seus custos.

Materiais	Preço	Frete	Total
Câmera digital usada	R\$ 40,00	Compra local	R\$ 40,00
Led 3 watts (2) *	R\$ 2,27	R\$ 11,35	R\$13,62
Filtro 850nm	R\$ 31,76	Grátis	R\$31,76
Suporte p/ pilha	R\$ 2,00	Compra local	R\$2,00
Pilha 1.5 volt (2)	R\$ 2,00	Compra local	R\$2,00
Total	R\$ 78,03	R\$ 11,35	R\$ 89,38

Fonte: (AUTORIA PRÓPRIA, 2021).

Uma vez verificado o seu funcionamento procedeu-se ao planejamento do segundo protótipo (VV02A), no qual foram utilizados componentes mais apropriados e que poderiam

permanecer na construção do produto final. Neste protótipo se obtiveram melhoras com relação à visualização das veias e à apresentação do produto. Segue abaixo os materiais com seus respectivos preços:

Tabela 2 – Materiais utilizados na construção do Protótipo VV0A2 (visualizador de veias 02), segundo os seus custos.

Produto	Preço	Frete	Total
LEDs + resistores (12) *	R\$17,40	R\$28,90	R\$46,30
Filtro 720nm	R\$83,80	R\$36,90	R\$120,70
Display	R\$180,00	Frete grátis	R\$180,00
Câmera	R\$109,00	R\$35,90	R\$144,90
Microcomputador	R\$130,00	Frete grátis	R\$130,00
Cabos/fios	R\$20,00	Compra local	R\$20,00
Protoboard	R\$12,00	Compra local	R\$12,00
Total	R\$552,20	R\$101,70	R\$653,90

Fonte: (AUTORIA PRÓPRIA, 2021).

Com os resultados do segundo protótipo se apresentando superiores ao primeiro, foram feitas análises de como poderia ser melhorado o segundo protótipo, e com isso partiu-se para a construção de um terceiro protótipo (VV02B) com a utilização de alguns componentes diferentes visando a obtenção de um melhor resultado. Segue abaixo os materiais com seus respectivos preços:

Tabela 3 – Materiais utilizados na construção do Protótipo VV02B (visualizador de veias 03), segundo os seus custos.

Produto	Preço	Frete	Total
LEDs (15) *	R\$ 1,98	R\$ 27,50	R\$29,48
Filtro 850nm	R\$ 31,76	Frete grátis	R\$31,76
Display	R\$180,00	Frete grátis	R\$180,00
Câmera	R\$109,00	R\$35,90	144,90,00
Microcomputador	R\$130	Frete grátis	RS130,00
Resistores*	R\$ 0,15	R\$ 27,71	R\$27,86
Cabos/fios	R\$20,00	Compra local	R\$20,00
Protoboard	R\$12,00	Compra local	R\$12,00
Total	R\$484,89	R\$91,11	R\$576,00

Fonte: (AUTORIA PRÓPRIA, 2020).

*Esses componentes foram comprados em maior quantidade, porém só foi adicionado ao orçamento o valor correspondente a quantidade necessária. O frete foi mantido por completo. Ao total foram comprados 10 LEDs 3W, 20 LEDs + resistores, 50 LEDs 940nm e 100 resistores.

4- Etapa de comparação entre os protótipos:

Foi realizada a comparação entre os protótipos para identificar qual apresenta uma melhor eficiência.

5. Resultados

O projeto foi elaborado e executado em aproximadamente dois anos, incluindo os períodos no qual o projeto esteve parado. Durante a execução do projeto foram desenvolvidos alguns passos que não estão incluídos aqui, pois esses passos são de aprimoramento e vão além da proposta dessa pesquisa, sendo esses passos provenientes da área elétrica, programação e hardware.

A seguir apresentamos os resultados seguindo a ordem das etapas percorridas na pesquisa.

- 1- Etapa de planejamento do projeto:** Após as análises sobre as tecnologias utilizadas nos dispositivos disponíveis atualmente no mercado para visualização de veias, decidiu-se escolher a luz infravermelha para ser utilizada na construção dos protótipos. Os motivos para essa escolha estiveram relacionados com a praticidade de uso para o profissional, uma vez que o dispositivo com essa tecnologia não precisa entrar em contato com o paciente, evitando que tenha que ser higienizado após cada uso. Também o uso da luz infravermelha permite que o dispositivo possa ser utilizado sem ter que levar em consideração a luz ambiente no local do procedimento. Demonstração abaixo:

Quadro 2. Descrição de algumas tecnologias e dispositivos para punção venosa, segundo aspectos positivos, negativos e preços.

Diapositivos	Color vision	Sensor de pressão	Led	Infravermelho	Ultrassom
Aspectos positivos e negativos					
Aspectos Positivos	• Simples • Não necessita bateria • Não necessita de eletricidade • Adequa-se a luz do ambiente externo • Portátil • “Vestível”	• Simples • Detecção fácil • Funciona em qualquer ambiente	• Simples • Portátil • Diferentes comprimentos de onda • Profundidade e diâmetro das veias podem ser avaliados • Diferentes comprimentos de onda • Profundidade e diâmetro das veias podem ser avaliados	• Vários comprimentos de luz • Mostra o mapeamento venoso • Profundidade de até 15mm • Não necessita contato físico com o paciente • Funciona com luz ou sem luz	• Tela grande • Permite ver a agulha dentro da veia • Dispositivo guia para agulha • Profundidade e diâmetro da veia podem ser estimados • Penetração profunda (nível de visualização)
Aspectos negativos	• Não funciona no escuro • Não funciona para daltônicos	• Sem imagem • Sem melhoria de visibilidade	• Necessita de um ambiente escuro • Necessita de contato com o paciente	• Profundidade da veia e diâmetro podem ser estimados • Requer treinamento prático	• Não é portátil • é caro • Uso complicado • Requer treinamento prático
Preço (USD)	~300	120	200 - 630	~27.000 não portátil/4.500 portátil	~27.600

Fonte: (BLECHMAN, 2016).

2- Etapa de aprofundamento e compreensão do funcionamento da tecnologia escolhida:

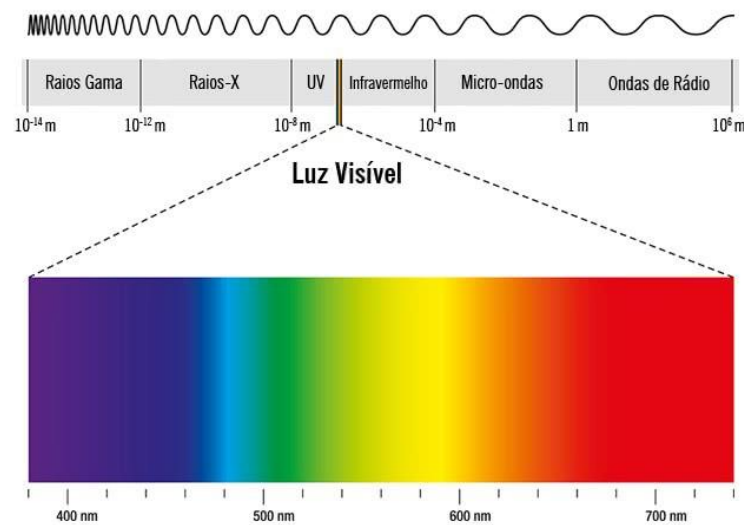
ao estudar cada tecnologia utilizada nos dispositivos concluímos que a hemácia pode absorver diferentes tipos de comprimentos eletromagnéticos, sendo a luz infravermelha e a luz visível (LED) dois deles. No entanto, no caso da luz infravermelha é necessário o uso de uma câmera para captar imagens com infravermelho, pois esse tipo de luz não é visível para o olho humano. Essas duas tecnologias são eficientes e acessíveis para a construção do dispositivo proposto nesta pesquisa.

Dessas duas possibilidades a luz visível (LED) aparenta ser a mais simples de ser trabalhada e também a mais barata, devido à possibilidade de utilizar alguns componentes que se encontram facilmente no mercado brasileiro. Estes componentes são: LEDs (dependendo do comprimento de onda que se deseja trabalhar), pilhas/bateria, resistores, placa (para montar o circuito sobre ela), botão (para ligar e desligar) e a carcaça do produto, que poderá ser feita com qualquer material que não agreda a pele. A lista de materiais pode apresentar diferenças a depender do projeto a ser executado.

A LED se apresenta como uma boa opção para ser trabalhada, já que o baixo custo de produção, (refere-se apenas a componentes, sem inclusão da mão de obra ou qualquer outro custo adicional) sinaliza que poderá ser comercializado a um preço mais acessível que os que atualmente encontram-se no mercado.

Por outro lado, este dispositivo apresenta um ponto a ser considerado como desvantagem, que é a necessidade de que o dispositivo com esta tecnologia tenha que entrar em contato com a pele do paciente para permitir a visualização das veias. Isto implica na necessidade de realização da assepsia do aparelho a cada uso, aumentando o gasto da instituição. Outra desvantagem foi a baixa eficiência do aparelho em ambientes luminosos onde se teve maior dificuldade para a visualização das veias. Estes fatos nos fizeram refletir acerca da possibilidade do uso da outra tecnologia (luz infravermelha) para a fabricação do protótipo.

A luz infravermelha é uma onda eletromagnética que está presente no espectro eletromagnético (NASA, 2020). O espectro eletromagnético representa alguns tipos de comprimentos de onda, sendo elas: Onda de rádio, micro-ondas, infravermelho, luz visível, ultravioleta, raio-x e raio gama (NASA, 2020), como mostra a ilustração abaixo.



Fonte: (FURIAN, 2018).

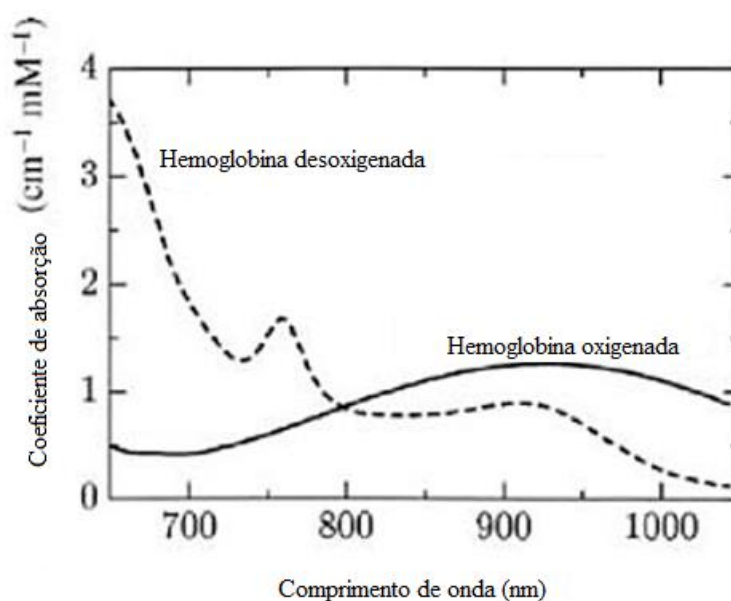
Figura 10 - Ilustração do espectro eletromagnético.

Percebe-se que no espectro eletromagnético existe uma faixa chamada de luz visível que se estende desde 400nm (nanômetros) até 780nm (SALICIO; DE CASTRO, 2014). Ela representa as cores capazes de serem visualizadas pelo olho humano (SALICIO; DE CASTRO, 2014). O fato da luz infravermelha estar representada em outra faixa do espectro eletromagnético, demonstra que o infravermelho não pode ser visualizado pelo olho humano, assim como os outros tipos de ondas representadas na imagem, como o raio gama, raio-x, UV, micro-ondas e ondas de rádio (SALICIO; DE CASTRO, 2014).

O infravermelho pode ser subdividido em alguns subgrupos. Baseando-se na padronização ISSO 20473 para a subdivisão do comprimento do infravermelho, são apresentados 3 subtipos (VATANSEVER; HAMBLIN, 2012) sendo eles: *near infrared* (infravermelho próximo): Comprimento de onda entre 780nm até 3000nm; *mid infrared* (infravermelho médio): Comprimento de onda entre 3000nm até 50000nm; *long infrared* (Infravermelho distante): Comprimento de onda entre 50000nm até 1000000nm (1 milímetro).

A compreensão da relação do infravermelho com as veias também foi necessária para a escolha da tecnologia.

Assim sendo verificou-se que o sangue é composto de vários elementos como: plasma, hemácias, plaquetas e leucócitos (BASU; KULKARNI, 2014). Na hemácia que é um dos elementos, se encontra a hemoglobina, a principal proteína intracelular e a molécula responsável pela troca gasosa (MEANS JR, 2008). “A hemoglobina é responsável por transportar oxigênio em mamíferos e em muitas outras espécies” (FUKSIS; GREITANS; NIKISINS; PUDZS, 2010) e ela também é capaz de absorver diferentes tipos de luz do espectro eletromagnético (FUKSIS; GREITANS; NIKISINS; PUDZS, 2010), mas o nível de absorção irá variar de acordo com o comprimento de onda da luz além da possibilidade de a hemoglobina estar oxigenada ou desoxigenada (SWARBRICK; BOYLAN, 1999), como mostra a ilustração abaixo.



Fonte: (FUKSIS. R; GREITANS. M et al.)

Figura 10 – Variação do coeficiente de absorção, de acordo com os comprimentos de onda ilustrados na parte inferior do gráfico, e diferença de absorção entre a hemoglobina oxigenada e a hemoglobina desoxigenada.

Percebe-se que dois tipos de ondas eletromagnéticas estão presentes no gráfico, sendo a luz visível (400nm – 780nm) e a luz infravermelha próxima (780nm – 3000nm). Focando apenas na parte que compõe o infravermelho no gráfico, comprimentos de onda entre 850nm até 940nm aparentam ter melhores níveis de absorção nas hemoglobinas oxigenadas e desoxigenadas ao mesmo tempo em relação a outros comprimentos de onda infravermelha no gráfico, o que aparenta serem melhores opções para o projeto.

Assim sendo e levando em consideração que o protótipo com esta tecnologia é possível de ser utilizado sem necessidade de entrar em contato com a pele do paciente, e também que a mesma permite a visualização das veias em ambientes com alta ou baixa luminosidade, garantindo praticidade ao operador do dispositivo, a mesma foi escolhida como tecnologia para construção do primeiro protótipo (VV01).

3- Etapa de planejamento e construção do protótipo: uma vez selecionada a luz infravermelha, procedeu-se à construção dos protótipos.

Para construir um visualizador de veias com infravermelho, deve-se lembrar que o infravermelho são comprimentos de onda que não são visíveis ao olho humano, por isso, será necessário o uso de uma câmera para captar as imagens com infravermelho. As câmeras normalmente são produzidas com um filtro de corte de infravermelho para produzir imagens parecidas com a visão humana (MANGOLD; SHAW; VOLMER, 2013). Por isso, será necessário utilizar uma câmera que não possua esse filtro de corte, estando essa característica presente em algumas câmeras noturnas (ARIFF; MAJID; SETAN, 2010). A imagem captada pela câmera com o auxílio da luz infravermelha, deverá ser processada por um microprocessador para poder gerar uma imagem mais elaborada e então essa imagem deverá ser exibida em um display, permitindo assim, que um ser humano possa enxergar a luz infravermelha e a interação entre esse tipo de luz e a hemoglobina.

Com essas informações procedeu-se à construção de um primeiro protótipo, (VV01). O intuito deste teste foi observar se era possível ter algum resultado positivo de acordo com as informações obtidas até o momento. Para esse teste foi utilizada uma câmera sem o filtro de corte de infravermelho, um microprocessador, um display, dois LEDs infravermelhos de 3 Watts (3 volts de tensão/ corrente mínima de 700ma e máxima de 1A), uma fonte de energia além de fios para conectar e energizar o dispositivo.

Devido ao orçamento limitado, foi decidido usar uma câmera digital sem filtro de corte, característica presente em câmeras noturnas (ARIFF; MAJID; SETAN, 2010), pois ela já vem

com quase tudo que foi mencionado, com exceção dos LEDs e sua fonte de energia. Infelizmente, o preço desse tipo de câmera também é elevado para um teste inicial (baseado nas condições financeiras do desenvolvedor). Sendo assim, a saída foi comprar uma câmera digital comum (usada) para realizar a retirada do filtro de corte de infravermelho (MANGOLD; SHAW; VOLMER, 2013) e a utilizar com os LEDs.



Fonte: (GOOGLE SHOPPING, 17/10/20).

Figura 11 - Ilustração de modelos de câmeras noturnas acompanhadas de display.

É indicado para esse LED o uso de drivers de LED. Pois esses drivers mantem a corrente e tensão necessária para o LED impedindo que ele seja danificado (LEDRABRANDS, 2020), o uso de dissipador de calor também é indicado para impedir que ele superaqueça (FOTON. FICHA TÉCNICA, 2020). Apesar disso, não foi utilizado drive de LED nem dissipador de calor (ele não ficaria ligado tempo suficiente para superaquecer). O LED foi energizado com duas pilhas AA de 1.5 volts cada. O comprimento de onda escolhido para esse teste foi 940nm, pois analisando o gráfico, o comprimento de onda de 940nm aparenta ter uma leve vantagem no coeficiente de absorção em relação ao comprimento de onda de 850nm.

O procedimento para a retirada do filtro de corte de infravermelho, consistiu em desmontar a câmera até chegar nas lentes onde foi encontrado entre elas o filtro. Durante a remontagem da câmera não foi possível recolocar o conector do cabo de transferência de dados para o computador, o que impede de passar as imagens coletadas pela câmera (as imagens oriundas dessa câmera digital são fotos do display da câmera digital através de um celular).



Fonte: (AUTORIA PRÓPRIA, 2018)

Figura 12 - Câmera apresentando dois buracos referentes a peças não realocadas, devido à dificuldade encontrada na reposição das mesmas durante a remontagem

Logo os materiais foram preparados para a realização do 1 teste:



Fonte: (AUTORIA PRÓPRIA, 2018).

Figura 13 - Apresentação dos componentes: 2 LEDs, 2 pilhas, 1 câmera e 1 suporte para pilha.

O primeiro teste foi realizado em uma tarde, com iluminação natural no local e apenas um LED.



Fonte: (AUTORIA PRÓPRIA, 2018).

Figura 14 - Visão anterior do antebraço direito do autor através da câmera modificada e auxílio de um LED de 3W.



Fonte: (AUTORIA PRÓPRIA, 2018).

Figura 15 - Visão posterior do antebraço direito do autor através da câmera modificada e auxílio de um LED de 3W.

Os resultados não foram como esperados já que não se obteve a visualização de veias. Este resultado indicava que as conclusões tiradas das informações coletadas não estavam corretas ou haveria algum fato no projeto que devia ser corrigido. Sem a comprovação prática,

de que simples componentes esquematizados, baseados em algumas informações sobre hemoglobinas e infravermelho permitiriam a visualização das veias, o projeto foi interrompido.

Depois de alguns dias, o teste foi refeito, dessa vez ao anoitecer, como não estava exatamente escuro a lâmpada do cômodo não foi ligada, assim, a única iluminação sendo utilizada no local era do infravermelho e obteve-se o resultado apresentado na figura 20.



Fonte: (AUTORIA PRÓPRIA, 2018).

Figura 16 – Foto do antebraço direito do autor, realizada no final da tarde através de uma câmera modificada com auxílio um LED de 3W.

Como é possível verificar houve uma leve melhora dos resultados, indicando que a luz visível pode influenciar o resultado na tentativa de visualizar as veias com o infravermelho. Após essa possibilidade, o teste foi realizado durante a noite do mesmo dia obtendo o resultado visto na figura 21.



Fonte: (AUTORIA PRÓPRIA, 2018).

Figura 17 – Foto do antebraço direito do autor, realizada durante a noite através da câmera modificada com auxílio de um LED 3W.

Os resultados realmente demonstram que a luz visível (oriunda do sol ou de lâmpadas) influencia na visualização das veias com a utilização do infravermelho. O teste foi realizado no dia seguinte obtendo os mesmos resultados.

Sabendo que a luz visível pode interferir no resultado desejado, foi necessário buscar soluções para que o protótipo possa ser utilizado em ambientes que não sejam escuros (com presença de luz visível). A melhor solução encontrada foi utilizar um filtro de luz infravermelha, comumente vendido para câmeras. Esses filtros possuem um valor, esses valores indicam o comprimento de onda mínimo que consegue passar pelo filtro.

As duas imagens a seguir exibem filtros de luz para câmera. Esses filtros apresentam valores, sendo a primeira IR850 e a segunda IR720, isso indica que o primeiro filtro barra qualquer comprimento eletromagnético abaixo de 850nm (aproximadamente). O segundo filtro indica que barra qualquer comprimento eletromagnético abaixo de 720nm (aproximadamente).

Assim, ambos os filtros barram a passagem da luz visível, que se encontra na faixa de 480nm até 780nm (HOYA, INFRARED TRASMITTING FILTERS, toda matéria, 2020).



Fonte: (AUTORIA PRÓPRIA, 2018)

Figura 18 - Ilustração do filtro de 850nm. Está grafado IR850 na borda da lente.



Fonte: (AUTORIA PRÓPRIA, 2018).

Figura 19 - Ilustração do filtro de 720nm. Está grafado IR720 na borda da lente.

Diante disso, um novo teste foi realizado durante o dia para garantir a existência de luz visível, apesar que ele também poderia ser realizado durante a noite com a lâmpada do cômodo ligada. O intuito desse teste era constatar a eficiência do uso do filtro para comprimento de onda infravermelha, na função de permitir que apenas a luz infravermelha seja captada pela câmera, assim podendo visualizar as veias. A seguir o resultado obtido.



Fonte: (AUTORIA PRÓPRIA, 2018).

Figura 20 – Imagem do antebraço direito do autor, realizada durante o dia com uma câmera modificada e com auxílio de um LED 3W, porém sem filtro.



Fonte: (AUTORIA PRÓPRIA, 2018).

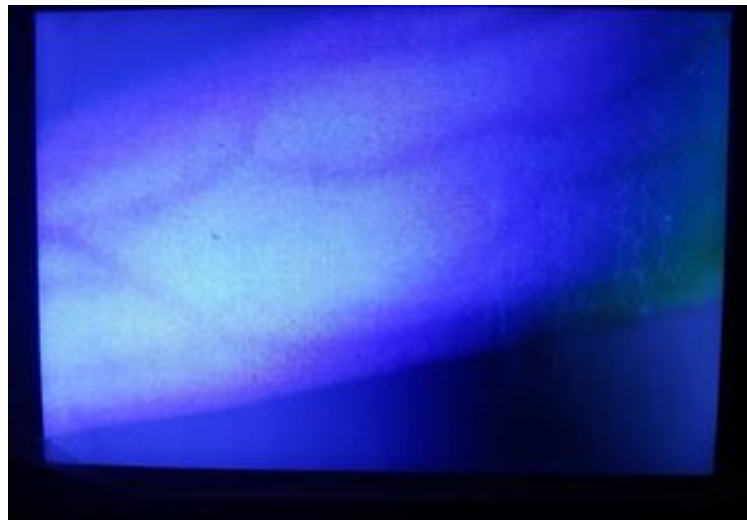
Figura 21 – Imagem do antebraço direito do autor, realizada durante o dia com uma câmera modificada, com auxílio de um LED e um filtro IR850.

A construção deste primeiro protótipo permitiu concluir que é possível visualizar as veias com auxílio do infravermelho, inclusive em caso de escuridão (Figura 13). Entretanto havia necessidade de melhorar o dispositivo com relação à nitidez com que eram visualizadas as veias. Como este primeiro protótipo tinha sido construído com materiais bem simples

acreditou-se que a melhora da qualidade dos materiais poderia contribuir para a melhora do dispositivo, e dessa forma partiu-se para a construção de um segundo protótipo.

Para a construção do segundo protótipo VV02A (Visualizador de veias 02A), foi decidido substituir alguns componentes utilizados no VV01 por componentes de maior qualidade e que poderiam continuar sendo utilizados no produto final. Os componentes escolhidos se assemelham aos componentes propostos para realizar o teste inicial, sendo eles uma câmera *noir*, um microcomputador, uma fonte de 5 volts, uma *protoboard*, alguns LEDs de 3w e sua própria alimentação de 3 volts.

A câmera e o display foram conectados ao microcomputador e o microcomputador foi energizado com uma fonte de 5 volts. O microcomputador foi programado em *python* para garantir o uso desse dispositivo da forma mais adequada à proposta do projeto, além de poder trabalhar a imagem captada pela câmera para proporcionar uma imagem com um melhor resultado no display. Os LEDs tinham sua própria alimentação em 3 volts como no primeiro protótipo. No primeiro teste obteve-se o resultado mostrado nas figuras 26 e 27.



Fonte: (AUTORIA PRÓPRIA, 2018)

Figura 22 – Foto do antebraço do autor, realizada a uma distância muito curta, aproximadamente 10cm de distância entre o antebraço e a câmera.

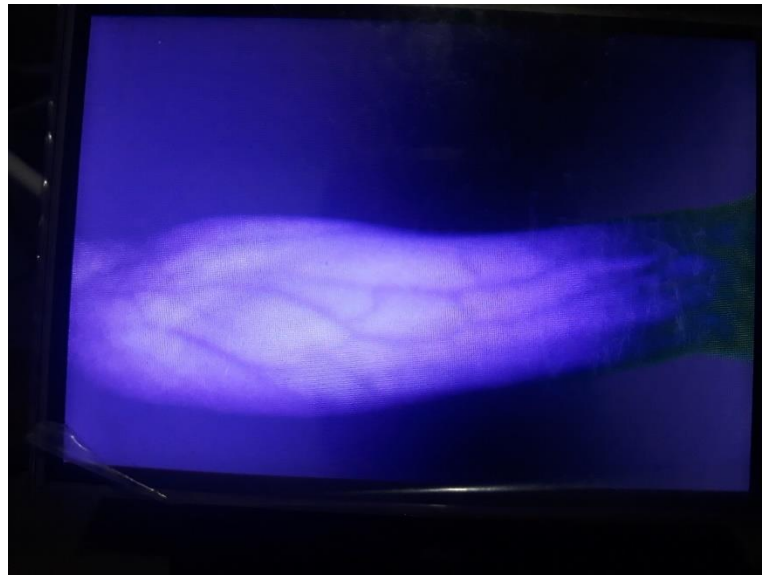


Fonte: (AUTORIA PRÓPRIA, 2018).

Figura 23 – Foto apresentando o objeto de interesse (o antebraço do autor) pouco iluminado. Distância de aproximadamente 20cm.

Como possível observar o resultado encontrado foi pior do que o resultado encontrado no primeiro protótipo VV01. Dessa forma decidiu-se que a programação da câmera deveria ser alterada para tentar melhorar a qualidade da imagem. Os LEDs de 3 watts (super LED) foram substituídos por LEDs de brilho normal, pois o LED de 3 watts necessita do uso de dissipador de calor, o que significa mais peso e aumento do tamanho do produto. Além de forçar um estudo melhor do desenho do produto, já que o acréscimo dessa peça aumentará o volume do dispositivo, podendo deixar esse objeto com um visual menos agradável.

Para solucionar esse problema foram substituídos os LEDs de 3 watts por LEDs de brilho comum com o comprimento de onda de 850nm, pois são mais baratos e mais fáceis de encontrar. Os novos LEDs foram integrados a *protoboard* em uma ligação paralela, sendo eles agora alimentados também pelos 5 volts e com seus devidos resistores. O protótipo com estas adequações foi nomeado de Protótipo VV02A (Visualizador de veias 02A), e o resultado encontrado se apresenta a seguir.



Fonte: (AUTORIA PRÓPRIA, 2019).

Figura 24 – Resultado do protótipo VV02A ao visualizar o antebraço esquerdo do autor em um cômodo com a presença de luz ambiente.



Fonte: (AUTORIA PRÓPRIA, 2019).

Figura 25 – Resultado do protótipo VV02A ao visualizar a mão esquerda do autor em um cômodo com a presença de luz ambiente.



Fonte: (AUTORIA PRÓPRIA, 2019).

Figura 26 – Resultado do protótipo VV02A ao visualizar o braço esquerdo do autor em um cômodo com a presença de luz ambiente.



Fonte: (AUTORIA PRÓPRIA, 2019).

Figura 27 – Resultado do protótipo VV02A ao visualizar a mão direita do autor em um cômodo com a presença de luz ambiente.

O resultado observado foi melhor quando comparado com o VV01, e com o primeiro teste do VV02A. Aparenta ter uma melhor iluminação da área, e uma melhor visualização das veias além de ter conseguido um melhor desenho para a apresentação do produto. Apesar dos resultados considerou-se a possibilidade de realizar novos testes utilizando materiais diferentes. Assim surgiu a proposta de construção de um terceiro protótipo.

Na construção do terceiro protótipo VV02B (Visualizador de veias 02B), testou-se outro tipo de LEDs. Os LEDs com o comprimento de onda de 850nm foram substituídos junto com seus resistores por LEDs com o comprimento de onda de 940nm e seus respectivos resistores, apropriados de acordo com tensão e corrente. Após a realização dos testes, obteve-se como resultado os apresentados nas figuras, 32, 33 e 34.



Fonte: (AUTORIA PRÓPRIA, 2020).

Figura 28 – Resultado do protótipo VV02B ao visualizar o antebraço esquerdo do autor em um cômodo com a presença de luz ambiente.



Fonte: (AUTORIA PRÓPRIA,2020).

Figura 29 – Resultado do protótipo VV02B ao visualizar a mão esquerda do autor em um cômodo com a presença de luz ambiente.



Fonte: (AUTORIA PRÓPRIA,2020).

Figura 30 – Resultado do protótipo VV02B ao visualizar o braço esquerdo do autor em um cômodo com a presença de luz ambiente.

Diante desse resultado, é perceptível que os LEDs que trabalham com comprimento de onda em 940nm também permitem a visualização das veias. Essa visualização é semelhante à obtida com os LEDs com comprimento de onda em 850nm utilizados no VV02A. Análises devem ser feitas novamente, envolvendo o *hardware* e o *software* para garantir a melhora na visualização das veias.

- 5- Etapa de comparação entre os protótipos:** Ao fazer a comparação entre os dois últimos protótipos (VV02A e VV02B) não foram observadas diferenças quanto à visualização das veias, porém houve uma pequena diferença no custo do protótipo, sendo que o VV02B teve um menor custo para sua construção. Análises devem ser feitas novamente, envolvendo o *hardware* e o *software* para garantir a melhora na visualização das veias. Segue abaixo a ilustração dos custos dos protótipos VV02A e VV02B, além do resultado de imagem:

Tabela 4 – Materiais utilizados na construção do Protótipo VV0A2 (visualizador de veias 02), segundo os seus custos.

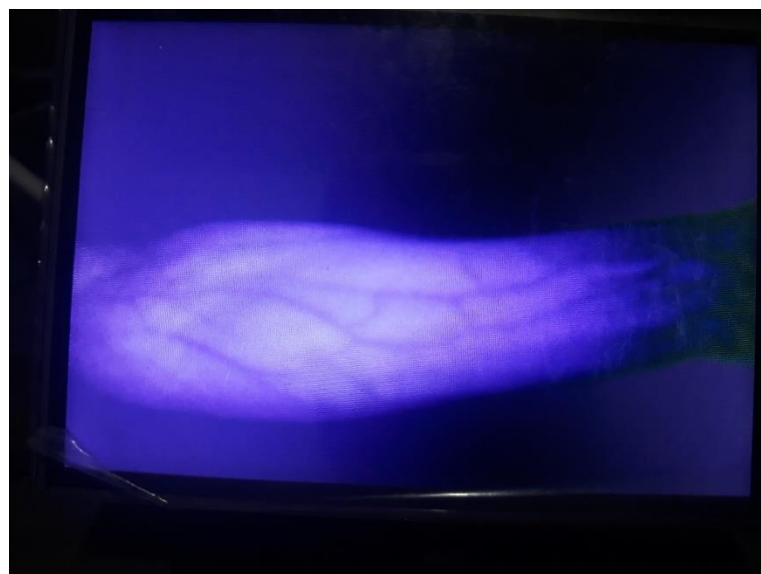
Produto	Preço	Frete	Total
LEDs + resistores (12) *	R\$17,40	R\$28,90	R\$46,30
Filtro 720nm	R\$83,80	R\$36,90	R\$120,70
Display	R\$180,00	Frete grátis	R\$180,00
Câmera	R\$109,00	R\$35,90	R\$144,90
Microcomputador	R\$130,00	Frete grátis	R\$130,00
Cabos/fios	R\$20,00	Compra local	R\$20,00
Protoboard	R\$12,00	Compra local	R\$12,00
Total	R\$552,20	R\$101,70	R\$653,90

Fonte: (AUTORIA PRÓPRIA, 2021).

Tabela 5 – Materiais utilizados na construção do Protótipo VV02B (visualizador de veias 03), segundo os seus custos.

Produto	Preço	Frete	Total
LEDs (15) *	R\$ 1,98	R\$ 27,50	R\$29,48
Filtro 850nm	R\$ 31,76	Frete grátis	R\$31,76
Display	R\$180,00	Frete grátis	R\$180,00
Câmera	R\$109,00	R\$35,90	144,90,00
Microcomputador	R\$130	Frete grátis	RS130,00
Resistores*	R\$ 0,15	R\$ 27,71	R\$27,86
Cabos/fios	R\$20,00	Compra local	R\$20,00
Protoboard	R\$12,00	Compra local	R\$12,00
Total	R\$484,89	R\$91,11	R\$576,00

Fonte: (AUTORIA PRÓPRIA, 2020).



Fonte: (AUTORIA PRÓPRIA, 2019).

Figura 31– Resultado do protótipo VV02A ao visualizar o antebraço esquerdo do autor em um cômodo com a presença de luz ambiente.



Fonte: (AUTORIA PRÓPRIA, 2020).

Figura 32 – Resultado do protótipo VV02B ao visualizar o antebraço esquerdo do autor em um cômodo com a presença de luz ambiente.

6. Conclusão

Após a elaboração e realização de testes, foi confirmado que é possível construir um dispositivo eletrônico para visualizar veias em partes do corpo dos seres humanos tais como: braço, antebraço e mão.

Observando o orçamento para a construção do dispositivo, nota-se um valor inferior ao praticado no mercado por produtos de tecnologia semelhante, mesmo o orçamento só apresentando valores dos componentes, ignorando o valor de mão de obra, outros custos possíveis e o fato disso ilustrar a construção unitária e não em larga escala (produção em larga escala possibilita a diminuição do preço final). Isso indica que o mercado nacional poderia se beneficiar com o desenvolvimento de um dispositivo nacional.

Mesmo que não constitui objetivo da pesquisa, foi constatado durante os testes que com o auxílio desse protótipo é possível enxergar no escuro sem a necessidade de lanterna ou lâmpada, garantindo também a característica de visão noturna.

Apesar do resultado positivo, o dispositivo necessita passar por melhorias para poder aprimorar a nitidez das imagens das veias e se possível aumentar o número de veias visualizadas.

7. REFERÊNCIAS

ALMEIDA.M. **CLÍNICA SÃO GERMANO USA VENOSCÓPIO PARA FACILITAR A PUNÇÃO DE VEIAS**. 2018. Disponível em: <<http://clinicasaogermano.com.br/clinica-sao-germano-conta-com-aparelho-para-facilitar-puncao-de-veias/>>.

BASU, D.; KULKARNI, R. **Overview of blood components and their preparation**. Indian J Anaesth. 2014 Sep-Oct; 58(5): 529–537. Disponível em <<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC4260297/>>.

BLECHMAN, Z, O. **Peripheral vein locating techniques**. *Journal Imaging Med.* (2016)8 (3). Disponível no site <<https://www.openaccessjournals.com/articles/peripheral-vein-locating-techniques.html#2>>.

CANTOR-PELED, G.; HALAK, M. & OVADIA-BLECHMAN, Z. **Peripheral vein locating techniques Review Article** - Imaging in Medicine (2016) Volume 8, Issue 3

CHANGIZI. **The first eyewear and light-filtering technology designed for seeing...people**. Disponível em:<https://changizi.wordpress.com/2012/06/18/o2amps-by-2ai/>>.

CHIAO, F; RESTA-FLARERF, LESSER, J. *et al* . **Visualização da veia: fatores característicos do paciente e eficácia de uma nova tecnologia de localização de veia infravermelha** *Br. J. Anaesth.* 110, 966–971 (2013).

CLINRIO. **Venoscópio IV Plus**. Disponível: < <https://www.clinrio.com.br/venoscopio-iv-plus---duan/p> >.

DANBEMP. **How to Make an Affordable 'Vein Finder', for Use During Venipuncture**. Instructables circuits. Site disponível em <<https://www.instructables.com/How-to-make-an-affordable-Vein-Finder-for-use-d/>>. Acesso em 2018.

DENADAI. R; TOLEDO. A. P; BERNADES. D. M. *et al*. **Simulation-based ultrasound-guided central venous cannulation training program**. *Acta Cir. Bras.* vol.29 no.2 São Paulo Feb. 2014. Disponível: < https://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0102-86502014000200132 >.

DUANINTERNACIONAL. **Venoscópio Plus**. 2011. Disponível: < <https://www.youtube.com/watch?app=desktop&v=C73fZTDoLHY> >.

FARID, M; ARIFF, M, F, M; MAJID, Z *et al*. **Near-infrared camera for night surveillance applications**. *Geoinformation Science Journal*, Vol. 10, No. 1, 2010, pp: 38-48. Disponível em: <https://www.researchgate.net/publication/228417837_Near-infrared_camera_for_night_surveillance_applications >.

FUKISIS, R; GREITANS, M; NIKISINS, O; PUDZS, M. **Infrared Imaging System for Analysis of Blood Vessel Structure**. *Jornal Elektronika ir Elektrotechnika*. 2010. No. 1(97).

Disponível em:

<https://www.researchgate.net/publication/266162574_Infrared_Imaging_System_for_Analysis_of_Blood_Vessel_Structure>.

FUKSIS. R; GREITANS. M et al. **Infrared Imaging System for Analysis of Blood Vessel Structure**. Institute of Electronics and Computer Science, 2010. No. 1(97). Disponível: <https://www.researchgate.net/figure/Absorption-spectrum-of-oxygenated-and-deoxygenated-hemoglobin-Hb-1_fig1_266162574>.

GIZMODO BRASIL. **Um robô criado para tirar sangue**. Disponível: <<https://www.biomedicinapadrao.com.br/2013/07/um-robo-criado-para-tirar-sangue.html> >.

GOOGLE SHOPPING, **Visualizadores de veias**, 17/10/2020. Disponível em:

<https://www.google.com/search?hl=pt-BR&biw=1707&bih=821&tbm=shop&ei=pDmWX5SHA6TC5OUPuYqRwAM&q=venoscopia&oq=venoscopia&gs_lcp=Cgtwcm9kdWN0cy1jYxADMgQIABBDmgIIADICCAAyAggAMgIIADICCAAyAggAMgIIADICCAAyAggAOggIABCxAXCDAVCgUliCY2DKZ2gAcAB4AIAB7QKIAYYPkgEHMC44LjAuMpgBAKABAaoBD3Byb2R1Y3RzLWNjLXdpesABAQ&sc=products-cc&ved=0ahUKEwiU6Z2IoNHsAhUkIbkGHTIFBDgQ4dUDCAs&uact=5>.

GOOGLE SHOPPING, **Visualizadores de veias infravermelho**, 17/10/2020. Disponível em:

<<https://www.google.com/search?q=visualizador+de+veias+infravermelho&hl=pt-BR&source=lnms&tbm=shop&sa=X&ved=2ahUKEwiv8Hun9HsAhVcHrkGHWE2Bo4QAUoAXoECAUQAaw&biw=1707&bih=821>>.

GOOGLE SHOPPING, **Câmera noturna**, 17/10/2020. Disponível em:

<https://www.google.com/search?hl=pt-BR&biw=1707&bih=821&tbm=shop&ei=szmWX-nSA5S-5OUPss6_iAc&q=camera+noturna+com+display&oq=camera+noturna+com+display&gs_lcp=Cgtwcm9kdWN0cy1jYxADOggIABCxAXCDAToCCAA6BggAEAgQHjoECCEQCICgkAJYhscIYOXMCGgAcAB4AIAB6gKIAZgpkEIMC4xNy40LjWYAQCgAQGqAQ9wcm9kdWN0cy1jYy13aXqWAQDAAQE&sc=products-cc&ved=0ahUKEwip-LGPoNHsAhUUH7kGHTLnD3EQ4dUDCAs&uact=5>.

HELERBROCK. R. **O que é efeito Doppler?**. Disponível em: <

<https://brasilescola.uol.com.br/o-que-e/fisica/o-que-e-efeito-doppler.htm> >.

Infrared Transmitting Filters (IR, RM). HOYA. Site disponível em

<<https://www.hoyacandeo.co.jp/english/products/eo/color/03.html>>. Acesso em 2020.

INFO ESCOLA. **Espectro Eletromagnético**. Disponível: <

<https://www.infoescola.com/fisica/espectro-eletromagnetico/> >.

JOHNSON. B. **COLOUR DOPPLER IMAGING OF POPLITEAL ARTERY AND**

VEIN. Disponível:< <https://pgblazer.com/colour-doppler-imaging-of-popliteal-artery-and-vein/> >.

MANGOLD, K; SHAW, J, A; VOLLMER, M. **The physics of near-infrared photography**.

European Journal of Physics. 2013. 34(6):51-. Disponível em

<https://www.researchgate.net/publication/260940546_The_physics_of_near-infrared_photography>.

MEANS, JR., RT. **Red blood cell function and disorders of iron metabolism.** ACP Medicine. 2008;1-18. Disponível em <http://www.medicinanet.com.br/conteudos/acp-medicine/4935/funcao_das_hemacias_e_disturbios_do_metabolismo_do_ferro_%E2%80%93_robert_t_means_jr.htm>.

MOORE, C; KOOLPAINTER, R; ANDREWS, L et al. **AIUM Practice Parameter for the Use of Ultrasound to Guide Vascular Access Procedures.** American Institute of Ultrasound in Medicine. J Ultrasound Med 2019; 38:E4–E18. Disponível em <<https://www.aium.org/resources/guidelines/usgva.pdf>>.

OLÍMPIO, M, A, C; SOUSA, V, E, C, S; CAMPOS, A, B, F. **CATETERIZAÇÃO VENOSA PERIFÉRICA POR PROFISSIONAIS DE ENFERMAGEM: ESTUDO OBSERVACIONAL.** Rev enferm UFPE on line., Recife, 11(3):1262-8, mar., 2017.

PRUSIS, I; PRUSIS, P. **About Doppler Effect.** Researchgate. Site disponível em <https://www.researchgate.net/publication/339052400_About_Doppler_Effect>. Acesso em 2020.

SALICIO, C, U; CASTRO, P, A, A. **O Espectro eletromagnético e as interações de cada faixa espectral com a matéria.** E-Disciplina USP. Site disponível em <https://edisciplinas.usp.br/pluginfile.php/1884377/mod_resource/content/0/%3D%3D%20SEMINARIO%2024ago16-TEXTO.pdf>. Acessado no dia 17 de outubro de 2020.

SIMHI; KACHKO; BRUCKHEIMER; KATZ. **A Vein Entry Indicator Device for Facilitating Peripheral Intravenous Cannulation in Children: A Prospective, Randomized, Controlled Trial.** Published 2008. Disponível em: <<https://www.semanticscholar.org/paper/A-Vein-Entry-Indicator-Device-for-Facilitating-in-A-Simhi-Kachko/b167cd7723d16fc76dc08085abde8be958f4dfd2>>.

SUANA. **Tributação.** Brasil, Receita federal. Site disponível em <<http://receita.economia.gov.br/orientacao/aduaneira/manuais/remessas-postal-e-expressa/topicos/tributacao>>. Acesso em 17 de abril de 2020.

The Electromagnetic Spectrum. USA, NASA. Site disponível em <<https://imagine.gsfc.nasa.gov/science/toolbox/emspectrum1.html>>. Acessado no dia 17 de outubro de 2020.

TORRES, M, M; ANDRADE, D; SANTOS C, B. **Punção venosa periférica: avaliação de desempenho dos profissionais de enfermagem.** Rev Latino-am Enfermagem 2005 maio-junho; 13(3):299-304.

VATANSEVER, F; HAMBLIN, M. **Far infrared radiation (FIR): Its biological effects and medical applications.** Journal Photonics & Lasers in Medicine. 2012. 1(4):255-266. Disponível em <https://www.researchgate.net/publication/237089628_Far_infrared_radiation_FIR_Its_biological_effects_and_medical_applications>.

3W High Power LED. Foton. Site disponível em
<<https://foton.ua/upload/datasheet/3w/3W%20High%20Power%20LED.pdf>>. Acesso em 2020.

3W 700mA LED Driver. Ledrabrands. Site disponível em
<<https://brucklighting.com/download/b/3W%20700mA%20LED%20Driver/Spec%20Sheets/3W%20700mA%20LED%20Driver.pdf>>. Acesso em 2020.