

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO

Curso de Desenho Industrial

Projeto de Produto

Relatório de Projeto de Graduação

Telemedidor Dectec – Uma proposta de redesign



Larissa Farias

Escola de Belas Artes
Departamento de Desenho Industrial

Rio de Janeiro

2016.1

Telemididor Dectec – Uma proposta de redesign

Larissa Pereira de Farias

Projeto submetido ao corpo docente do Departamento de Desenho Industrial da Escola de Belas Artes da Universidade Federal do Rio de Janeiro como parte dos requisitos necessários para a obtenção do grau de Bacharel em Desenho Industrial/ Habilitação em Projeto de Produto.

Aprovado por:

Prof.^a Beany Guimarães Monteiro

Prof. Isaac José Antonio Luquetti dos Santos

Prof. Valdir Ferreira Soares

Prof. Roosevelt da Silva Teles

Prof. Marcos Santana Farias

FICHA CATALOGRÁFRICA

CIP - Catalogação na Publicação

F224t FARIAS, Larissa P.
Telemedidor Dectec - Uma proposta de Redesign /
Larissa P. FARIAS. -- Rio de Janeiro, 2017.
173 f.

Orientador: Beany G. MONTEIRO.
Coorientador: Isaac. J. A. LUQUETTI.
Trabalho de conclusão de curso (graduação) -
Universidade Federal do Rio de Janeiro, Escola de
Belas Artes, Bacharel em Desenho Industrial, 2017.

1. Eletrônico. 2. Instrumento Nuclear. I.
MONTEIRO, Beany G., orient. II. LUQUETTI, Isaac. J.
A., coorient. III. Título.

“O designer industrial criativo tem segurança psicológica e é capaz de suportar a tensão e ansiedades das incertezas, em busca de novos caminhos”.

(Bernd Löbach)

AGRADECIMENTOS

Aos meus pais, pelo amor, determinação e luta na minha formação, pois não mediram esforços para que eu chegasse até esta etapa da minha vida.

Ao meu companheiro apazível, Daniel, pelo seu carinho, incentivo e por sua serenidade capaz de me trazer paz nos momentos de ansiedade.

Agradeço à minha querida professora e orientadora Beany Monteiro, pela confiança em minha capacidade de desenvolver um projeto em uma área inusitada. Agradeço também pela sua tranquilidade para me transmitir ensinamentos que contribuíram de forma incomensurável.

Ao meu orientador do Instituto de Engenharia Nuclear e Co-orientador neste projeto, Dr. Isaac Luquetti, pelas constantes demonstrações de sabedoria, oportunidades, apoio e por toda a experiência que obtive desde a Iniciação Científica.

Ao Mestre e Engenheiro eletrônico Marcos Santana, pela sua colaboração e concessão do laboratório de instrumentação para o desenvolvimento do projeto. Pela comunicação atenciosa e pela gentileza de ter cedido os dados necessários para o progresso dos estudos.

Ao técnico mecânico Heráclito, pelo total apoio, disponibilidade e dedicação em me ajudar com as impressões 3D.

A todos os profissionais entrevistados no Instituto de Engenharia Nuclear que participaram prazerosamente e contribuíram muito para o desenvolvimento desse projeto.

A todos que direta ou indiretamente fizeram parte da minha formação, tornando a realização deste trabalho possível, muito obrigada.

Resumo do Projeto submetido ao Departamento de Desenho Industrial da EBA/UFRJ como parte dos requisitos necessários para obtenção do grau de Bacharel em Desenho Industrial.

Telemedidor Dectec – Uma proposta de redesign

Larissa Pereira de Farias

Dezembro de 2016

Orientadora: Beany Guimarães Monteiro

Coorientador: Isaac José Antonio Luquetti dos Santos

Departamento de Desenho Industrial / Projeto de Produto

Resumo

O Telemedidor Dectec envolve uma proposta de redesign de um equipamento capaz de detectar a presença de uma fonte radioativa e medir taxas de exposição de determinadas radiações ionizantes. A função do Telemedidor é garantir a integridade do operador e do meio ambiente, possuindo como principal característica, uma haste telescópica com o propósito de manter o usuário longe da fonte que se pretende encontrar. Diante disso, desenvolveu-se uma pesquisa sobre o estado da arte dos equipamentos encontrados no mercado nacional, concluindo-se uma visível carência de exemplares para suprir a demanda, assim como a inadequação desses ao uso. Considerou-se a participação de especialistas durante o processo de desenvolvimento do produto e a partir das referências pesquisadas foram desenvolvidas diversas alternativas projetuais, cujos critérios de avaliação utilizados apontaram para a mais promissora que foi finalmente dimensionada, detalhada, prototipada, simulada e materialmente especificada.

Abstract of the project submitted to the Industrial Design Department of EBA/ UFRJ as a part of the requirements needed for the achievement of the Bachelor degree in Industrial Design.

Telemedidor Dectec – Uma proposta de redesign

Larissa Pereira de Farias

December 2016

Advisor: Prof. Beany Monteiro

Co-advisor: Isaac José Antonio Luquetti dos Santos

Department: Industrial Design / Project of Product

Abstract

The Dectec Telemetric involves a proposal to redesign an equipment capable of detecting the presence of a radioactive source and measuring rates of certain ionizing radiations. The function of the Telemeter is to ensure operator and environmental integrity, having as main characteristic a telescopic rod for the purpose of keeping the user away from the source you wish to find. Therefore, a research was developed on the state of the art of equipment found in the national market, with the conclusion on a visible lack of copies to supply the demand, as well as the inadequacy of these products to use. The participation of specialists was considered during the product development process and from the references researched, several design alternatives were developed, whose evaluation criteria used pointed to the most promising one that was finally dimensioned, detailed, prototyped, simulated and materially specified.

Lista de Siglas

UFRJ – Universidade Federal do Rio de Janeiro

IEN – Instituto de Engenharia Nuclear

CNEN – Comissão Nacional de Energia Nuclear

IRD – Instituto de Radioproteção e dosimetria

P&D 2016 – Congresso Brasileiros de Pesquisa e Desenvolvimento em Design

SIAc – Semana de Integração Acadêmica

IC – Iniciação Científica

LABUCH – Laboratório de Usabilidade e Confiabilidade Humana

ICRP – Comissão Internacional de Proteção Radiológica

ICRU – Comissão Internacional de medidas e unidades de radiação

INES – Escala Internacional de Eventos Nucleares

GM – Detector Geiger Muller

SI – Sistema Internacional

Sv – Sievert (unidade de medida da dose de radiação)

μ Sv - microSievert

mSv - milésimos de Sievert

R – Roentgen (unidade de medida da exposição à radiação)

mR – milésimos de Roentgen

PLA – Ácido Poliático

PVC – Policloreto de vinila

PEEK – Polietere tercetona

LED - Diodo emissor de Luz

POM – Poliacetal

ABS - Acrilonitrila butadieno estireno

Lista de Tabelas

	Página
Tabela 1 – Comparação Simplificada dos níveis, limites e referências das radiações	26
Tabela 2 – Escala Internacional de Eventos Nucleares	29
Tabela 3 – Detalhamento dos atributos de segurança	30
Tabela 4 – Personas	39
Tabela 5 – Apresentação dos Similares	51
Tabela 6 – Avaliação de Similares	52
Tabela 7 – Estrutura da usabilidade do Telemedidor	59
Tabela 8 – Requisitos avaliativos	71
Tabela 9 – Apuração dos resultados	77

Lista de figuras

	Página
Figura 1 – Telemedidor antigo e atual	6
Figura 2 – Haste do Telemedidor	7
Figura 3 – Esquematização de núcleos atômicos	22
Figura 4 – Penetração das radiações	25
Figura 5 – Diferentes tipos de Tubo (contador) Geiger Muller	32
Figura 6 – Exemplos de medidores de radiação	33
Figura 7 – Inspeção após um incidente radioativo no Japão	33
Figura 8 – Operador monitorando piscina nuclear de um reator	34
Figura 9 – Telemedidor 6112	34
Figura 10 – Operador inspecionando reator de Arizona, EUA	35
Figura 11 – Moodboard de Cenário e atividades	37
Figura 12 – Diferentes usuários realizando tarefas com o Telemedidor	40
Figura 13 – Visita técnica	41
Figura 14 – Primeiro Telemedidor do IEN	42
Figura 15 – Telemedidor do IEN	42
Figura 16 – Telemedidor Atual do IEN	44
Figura 17 – Medidor instantâneo	44
Figura 18 – Exemplos de detectores Geiger e seus circuitos eletrônicos	45
Figura 19 – Penetração das radiações na matéria	46
Figura 20 – Protótipo de um detector	54
Figura 21 – Detector de gás	54
Figura 22 – Detector de metal	54
Figura 23 – Acessórios gropro	55
Figura 24 – Google glass	55
Figura 25 – Estilete Safe Box Cutter	55
Figura 26 – Coleira Kosoky	56
Figura 27 – Escada Telescópica	56
Figura 28 – Interface de controle	56
Figura 29 – Estrutura da usabilidade	58
Figura 30 – Storyboard	61
Figura 31 – Sketches	65
Figura 32 – Sketches	66
Figura 33 – Processo de Criação	67

Figura 34 – Processo de criação	68
Figura 35 – Processo de criação	69
Figura 36 – Processo de prototipagem	73
Figura 37 – Processo de prototipagem	74
Figura 38 – Modelo 1	75
Figura 39 – Modelo 2	75
Figura 40 – Saída para sinal sonoro	81
Figura 41 – Representação dos LEDs	81
Figura 42 – Representação da entrada USB	81
Figura 43 – Representação dos botões de controle	82
Figura 44 – Representação do sistema de encaixes	83
Figura 45 – Representação da cápsula de proteção do detector Geiger	84
Figura 46 – Representação da pega antiderrapante	84
Figura 47 – Representação do manípulo	85
Figura 48 – Representação do suporte da alça	85
Figura 49 – Representação da haste telescópica	86
Figura 50 – Trifólio, símbolo da radiação	86
Figura 51 – Apresentação do modelo virtual	87
Figura 52 – Vista explodida do Telemedidor Dectec	88
Figura 53 – Haste telescópica do Telemedidor Dectec	89
Figura 54 – PVC semi-rígido em bobinas	89
Figura 55 – Componentes da alça	90
Figura 56 – Parafuso allen M3	90
Figura 57 – Leds	90
Figura 58 – Buzzer	91
Figura 59 – Conector usb	91
Figura 60 – Bateria de Ion de Lítio	91
Figura 61 – Estrutura de um LCD	92
Figura 62 – Película antirreflexo	92
Figura 63 – Microcontrolador com módulo Wi-fi integrado	93
Figura 64 – Diferentes tubos Geiger	94
Figura 65 – Esquema de funcionamento do Tubo Geiger	94
Figura 66 – PEEK em grânulos	98
Figura 67 – Peças moldadas por injeção	99
Figura 68 – Processo de moldagem por injeção	100
Figura 69 – Pega com revestimento antiderrapante	100

Figura 70 – Análise das dimensões tubulares	107
Figura 71 – Análise da disposição dos botões	109
Figura 72 – Angulação do display	109
Figura 73 – Valores médios de rotações da cabeça na antropometria dinâmica	110
Figura 74 – O uso da alça no Telemididor	111
Figura 75 – Manejos no Telemididor Dectec	112
Figura 76 – Propriedades da massa do Telemididor Dectec	113
Figura 77 – Ambientação com Manequim percentil 50%	114
Figura 78 - Ambientação com Manequim percentil 50%	115
Figura 79 - Ambientação com Manequim percentil 50%	116
Figura 80 - Modelo: Apresentação do conjunto	117
Figura 81 – Modelo: Apresentação do conjunto	118
Figura 82 – Modelo: Apresentação do manípulo	118
Figura 83 – Modelo: Apresentação do encaixe tubular	118
Figura 84 – Modelo: Apresentação da entrada USB	119
Figura 85 – Modelo: Apresentação da parte dianteira do equipamento	119
Figura 86 – Apresentação do uso com o Telemididor Dectec	120
Figura 87 – Apresentação do uso com o Telemididor Dectec	121

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO	1
CAPÍTULO I: ELEMENTOS DA PROPOSIÇÃO	2
I.1. Contextualização do tema	3
I.2. Apresentação geral do problema projetual	5
I.3. Objetivos	8
I.3.1. Objetivo geral	8
I.3.2. Objetivos específicos	8
I.4. Justificativa	8
I.5. Metodologia	10
I.6. Requisitos e Restrições	14
I.7. Cronograma	16
CAPÍTULO II: LEVANTAMENTO, ANÁLISE E SÍNTESE DE DADOS	17
II.1. O ambiente de pesquisa	18
II.2. Benefícios da energia nuclear e das radiações	19
II.3. Radiação	20
II.3.1. Radioatividade x Radiação	20
II.3.2. Estrutura Atômica	21
II.3.3. Tipos de radiação	23
II.3.3.1. Efeito das radiações	24
II.4. Introdução à proteção radiológica	25
II.4.1. O que é radioproteção?	27
II.4.2. Acidentes Nucleares e radiológicos	29
II.5. Instrumentação Nuclear	31
II.5.1. Medidores de Radiação	32
II.5.2. O Telemetedor	34
CAPÍTULO III: CONCEITUAÇÃO DO PROJETO	36
III.1. Público alvo	37
III.2. Visita técnica	41
III.3. Similares	46
III.3.1. Análise de Similares	51
III.3.2. Referências análogas	53
III.4. Dados Ergonômicos	57

III.4.1. Orientações sobre a usabilidade	58
III.4.2. Detalhamento das Tarefas	60
III.5. Síntese de dados	62
CAPÍTULO IV: DESENVOLVIMENTO E RESULTADO DO PROJETO	64
IV.1. Geração de alternativas	65
IV.1.1. Avaliação das alternativas	70
IV.1.2. Alternativas impressas	72
IV.1.3. Alternativa promissora	74
IV.1.3.1. Melhorias e produto final	80
IV.1.3.2. Itens de série	88
IV.2. Materiais e Processos de fabricação	95
IV.2.1. Material proposto	95
IV.2.2. Processo de fabricação proposto	97
IV.3. Análise Ergonômica	101
IV.3.1. Técnico em radioproteção	102
IV.3.2. Atividade x Tarefa	104
IV.3.2.1. Análise da tarefa	104
IV.3.2.2. Simulação do procedimento	105
IV.3.3. Análise antropométrica	107
IV.3.4. Análise Biomecânica	110
IV.4. Ambientação e Humanização	114
IV.5. Resultados	117
IV.5.1. Síntese dos resultados obtidos	122
CONCLUSÃO	123
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	125
SITES CONSULTADOS	126

Anexos:

Anexo 1: Resumo Siac

Anexo 2: Infográfico

Anexo 3: Matriz de ações e sujeitos

Anexo 4: Resumo da Entrevista

Anexo 5: Ficha de Avaliação

INTRODUÇÃO

Diante do abrangente campo da tecnologia nuclear juntamente à experiência como bolsista de Iniciação Científica do Instituto de Engenharia Nuclear (IEN), aplicando e atuando no campo dos conhecimentos interdisciplinares do design em projetos do setor nuclear, principia a ideia de elaborar o redesign de instrumentos observados com certa obsolescência.

A Indústria Nuclear Brasileira vem tornando-se cada vez mais independente com a introdução de novos reatores no país. Entretanto é visível a carência de projetos tecnológicos nacionais voltados para os usuários desta área. Ressalta-se que, elaborar um projeto no campo nuclear é de suma importância para o reconhecimento e produção nacional.

Um fator relevante para este projeto é a segurança nuclear, que deve ser prioritária, não carecendo de ser afetada por qualquer razão nesta indústria. Por ser uma energia muito potente, a segurança das instalações nucleares deve ir além das mais elaboradas edificações dos reatores. Trata-se de um processo contínuo, envolvendo pessoas, organização, estruturas e componentes tecnológicos.

Avaliando as condições entre a segurança nuclear e o desprovimento do design em instrumentos de medição de radiação, destaca-se o Telemedidor, um produto que necessita de uma intervenção projetual voltada, principalmente, para o usuário.

Sendo assim, o produto que desenvolvido busca consistência, recepção e modernização. O estudo do objeto desse trabalho, abrange fatores de anseios, como entendimento de usuários e as perspectivas de especialistas; fatores de praticabilidade, integrando os conceitos de ergonomia, usabilidade, normas de fatores humanos e de segurança; e fatores de viabilidade, como a inserção de um produto no mercado nacional além de confiabilidade operacional.

CAPÍTULO I: ELEMENTOS DA PROPOSIÇÃO

I.1. Contextualização do tema

Dentre os diferentes campos de conhecimento, cada um com suas particularidades, destaca-se a área nuclear. Esse campo abrange uma variedade extensa de serviços, estruturas, usuários e produtos que atuam associadamente em prol da sociedade.

É um fato que o design no setor nuclear é vagamente discutido e pesquisado, desprovido de referência teórica, como o auxílio para estudos otimizados. Além disso, é visível a escassez do desenvolvimento de projeto de produtos na indústria de equipamentos nucleares.

Diante dessa inicial conjuntura e das peculiaridades da área nuclear, do frequente interesse por esse campo e, como já dito, da ausência do design em pesquisas na área em questão, propôs-se o estudo e análises sobre a radiação nuclear e seus instrumentos, associados a uma interferência projetual do design de produtos.

O uso social do setor nuclear está relacionado aos benefícios trazidos à população como a melhora da conservação de alimentos na agricultura, o diagnóstico por imagem na medicina, a esterilização de equipamentos nas indústrias, além de outras importantes utilizações.

O uso da energia nuclear exige cautela, pois existem radiações prejudiciais ao ser humano e ao meio ambiente. Existem medidas relacionadas ao fator da segurança radiológica, que visam proteger o ser humano e o ecossistema das consequências da radiação. Para isso, a segurança e a proteção devem estar presentes em instalações radiativas¹ e/ou nucleares², para evitar e combater possíveis incidentes ou acidentes.

Ainda sobre a questão da segurança, e tomando como base os atuais acontecimentos, é importante destacar a necessidade da atuação especializada quando

¹ Instalações radiativas: estabelecimento ou instalação onde se produzem, utilizam, transportam ou armazenam fontes de radiação.

² Instalações nucleares: instalação na qual material nuclear é produzido, processado, reprocessado, utilizado, manuseado ou estocado em quantidades relevantes.

tratamos de certas ocasiões como “grandes eventos”³, conflitos políticos e religiosos. A ligação entre eles é justamente em relação ao grande número de pessoas envolvidas e à magnitude que pode ser presenciada em ocasiões extremas como guerras e ataques terroristas.

Para que a proteção em instalações radiativas ou nucleares seja adequadamente realizada de acordo com as ações de monitorar, averiguar, combater ou descobrir uma fonte de radiação, é essencial o uso de equipamentos qualificados. “A presença de um campo de radiação ionizante não pode ser percebida pelos cinco sentidos do ser humano, sendo imprescindível a existência de dispositivos capazes de detectá-lo e quantificá-lo”. (XAVIER, A.M, et al., 2014, p.97).

Em virtude do presente contexto, constata-se uma importância considerável ao uso de equipamentos capazes de medir radiações em várias ocasiões, de modo a zelar pela vida do ser humano e garantir a segurança dos ambientes.

Em suma, foi possível observar a ausência do design e a insuficiência da simplificação do uso nos dispositivos medidores de radiação no ambiente de pesquisa desse projeto. Surge assim, a motivação de atender as necessidades dos usuários que operam esses equipamentos, buscando eficiência e eficácia nas operações através de um design de produto intuitivo e atrativo.

³ Grandes Eventos: expressão dada aos eventos comemorativos de grande importância no Estado e que reúnem um público amplo.

I.2. Apresentação geral do problema projetual

Após o estudo e análise de produtos similares, (Tópico III.3 deste relatório) e algumas visitas técnicas realizadas no Instituto de Engenharia Nuclear (Tópico III.2), para compreender as necessidades e funções dos usuários e produtos, foi possível formalizar o problema projetual do Telemetedor de radiação. Foi possível relacionar também, o problema projetual do produto aos aspectos simbólicos, funcionais/estrutural, ergonômicos e estéticos.

A carência de projetos de Telemetedor de radiação no ambiente nacional é visível. Trata-se de um fator simbólico, onde é notório a ausência de profissionais de desenho industrial no campo nuclear e escassa a opção de compra desse produto no mercado brasileiro. A única referência brasileira que pôde ser analisada presencialmente como objeto, foi o Telemetedor do IEN (Instituto de Engenharia Nuclear) projetado em meados de 1980, o qual encontra-se indisponível para operar (Figura 1). Há uma versão mais atualizada e adquirida internacionalmente que se encontra em uso por técnicos da radioproteção do Instituto, e que pôde ser estudada através de análises recentes realizados por estudantes de desenho industrial. Foi possível realizar uma comparação dos dois modelos existentes no IEN, e afirmar que o modelo brasileiro é defasado e obsoleto, mas que o modelo em uso se enquadra também a características obsoletas.

Quanto ao aspecto funcional e estrutural, o produto objeto deste projeto é um medidor de radiação que possui uma sonda composta por um detector ao final de uma haste telescópica e retrátil. Esse instrumento é utilizado em monitoramentos rotineiros em reatores e, principalmente, em ocasiões de emergência, a fim de encontrar a origem de um material radioativo perdido, verificar a intensidade de um vazamento ou determinar a área de exclusão em torno de um acidente. Os modelos presentes no IEN, não possuem características de modularidade, uma vez que o instrumento é utilizado em contextos de acidentes, necessitando do uso da haste parcialmente ou inteiramente estendida para

manter o operador à uma determinada distância da fonte radioativa que se pretende encontrar; e utilizado também nas atividades que se deve medir as taxas de radiação em inspeções quotidianas, nas quais não se utiliza necessariamente a haste extensível.



Figura 1 – Telemetedor antigo e atual do IEN. Fonte: Autor

Outro problema de fator funcional analisado no Telemetedor que se encontra em uso no Instituto de Engenharia Nuclear (Figura 1), é a transmissão de dados da sonda para o circuito eletrônico que realiza a leitura para mostrar a taxa de radiação no display. Essa transmissão é realizada através de um fio exposto localizado ao final da haste telescópica até a caixa que recebe as informações. Relatou-se durante a análise, que há vários casos nos quais o Telemetedor necessita de manutenções constantemente, pelo fato do fio se romper ao retrain ou estender a haste (Figura 2).

Os materiais observados dos Telemetedores e o modo como os componentes estão dispostos nesse instrumento de medição, estão diretamente relacionados ao fator ergonômico do problema projetual. Os produtos analisados pesam em média três quilogramas, sendo necessário usar uma alça transversal para oferecer suporte e estabilidade durante o manuseio. Os materiais empregados na estrutura possuem uma alta

densidade, como ferro fundido para a caixa receptora e o aço inox para a haste; o arranjo do display que dispõe as informações obtidas na detecção da radiação, localiza-se muito próximo ao corpo do operador, fazendo com que este não tenha a concentração necessária ao apontar o equipamento na busca de uma fonte radioativa. Logo, constata-se que os atributos relacionados aos materiais empregados e a composição dos componentes, estão erroneamente condicionados, o que propicia fadiga e outros problemas ao operador que realiza alguma atividade por um longo período.



Figura 2 – Haste do Telemetro.

Fonte: Artur Menezes e Rafael Brito, estudantes de projeto 3 em 2013.1

As particularidades problemáticas do Telemetro citadas nesse tópico, integram as perspectivas estéticas desse produto. A falta de um produto como esse no mercado, não favorece ou até não proporciona uma busca pela inovação. As características analisadas não permitem ao operador ter a facilidade de manusear o instrumento. De fato, não há uma preocupação com a usabilidade desse tipo de medidor. Todas essas adversidades apresentam um design ultrapassado e nada intuitivo.

I.3. Objetivos

I.3.1. Objetivo Geral

O objetivo deste projeto é desenvolver o redesign de um Telemedidor de radiação com tecnologia nacional, portátil, versátil, funcional e de alta confiabilidade operacional. Deve-se enfatizar a participação de usuários especializados, objetivando eficiência e eficácia, além da aplicação de conceitos ergonômicos.

I.3.2. Objetivos Específicos

Elaborar um redesign, ou seja, renovar um produto que já exista através de um olhar estratégico, pois é possível proporcionar alterações e melhorias:

- Ser portátil: deve ser facilmente transportável ao ser manuseado.
- Ser multifuncional: servir tanto para atividades de emergência quanto para atividades de monitoramento rotineiro, nos quais a sua estrutura se adeque a tais funções;
- Transmitir confiabilidade adequada ao operador através dos requisitos funcionais, estruturais e simbólicos do produto;
- Aplicação da ergonomia, objetivando eficiência, eficácia, facilidade, comodidade e segurança na usabilidade;
- Adequar a inserção do Telemedidor ao mercado nacional

I.4. Justificativa

A justificativa desse projeto compreende três fatores significativos: a inserção de um produto medidor de radiação no mercado nacional; a ausência do design nesses instrumentos; e a importância do uso desse equipamento para a segurança em instalações nucleares e radiativas.

O desenvolvimento de um Telemedidor de radiação com tecnologia e design nacional sobrevém devido ao desprovemento de atualizações dos equipamentos relacionados às áreas de engenharia nuclear e, conseqüentemente à segurança desse meio.

A capacidade do desenvolvimento tecnológico de cunho nacional é uma virtude, que se bem explorada e apoiada, viabiliza a inserção internacional da nossa indústria em atividades de alta importância. A ausência de projetos de teledosímetros no mercado nacional pode se dar uma questão de interesses dentro da área nuclear. Enquanto que a maioria dos investimentos das pesquisas estão voltados mais para a área de produção de radioisótopos, a maior parte dos dispositivos de monitoração da radiação são importados, havendo assim uma carência de concepções equipamentos de segurança nuclear de origem nacional.

A inserção do design no projeto do Teledosímetro de radiação relaciona-se à solução de problemas que incluem fatores materiais, ergonômicos, práticos e estéticos. Para isso, o entendimento dos usuários desses dispositivos é importante para o desenvolvimento do produto, a fim de buscar melhores soluções para o equipamento, confiabilidade, eficiência e eficácia nas atividades das operações.

O processo de design do Teledosímetro, atua tanto na resolução do problema projetual, quanto numa atividade estratégica que viabiliza conhecimentos interdisciplinares, além da proposição de um produto superior aos existentes e que atenda as expectativas do usuário.

O fator de segurança relativo ao projeto, está na questão na qual a área nuclear traz benefícios para a sociedade, como a utilização das radiações na medicina, indústria, agropecuária e meio ambiente, ou então, nas vezes do uso mal-intencionado, como bombas e outros efeitos propositais. Cada um desses usos insere a energia nuclear em um determinado acontecimento e um ambiente, havendo uma potencialidade de danos e riscos aos seres humanos, animais e vegetação.

Para assegurar a integridade das pessoas que exercem alguma atividade em instalações nucleares e radiativas, assim como de um público em geral em Grandes Eventos, o procedimento de segurança e proteção radiológica envolve o uso de dosímetros

de radiação para as atividades de inspeção, monitoramento e descoberta de fontes radioativas.

Pode-se concluir que, o produto desenvolvido proporciona benefícios para o país em diversos aspectos, e o projeto é importante para o atual momento em que o Brasil se encontra: o crescimento da área nuclear, com a introdução de novos reatores no país e os atuais eventos de grande importância internacional. Constata-se também uma nítida complexidade dos aspectos abrangentes desse projeto nas diversas áreas de conhecimento.

I.5. Metodologia

Com o propósito de alcançar os objetivos designados nesse projeto e acrescentar fatos que de certa forma fazem parte desse meio, a metodologia apresentada inicia-se por etapas realizadas e métodos, técnicas e ferramentas de estudo empregados à essas etapas, além de possuir uma abordagem metodológica de Bernard Lobach.

De acordo com Lobach (p. 141, 2001), “Todo processo de design é um processo criativo como um processo de criação de solução de problemas”. O esquema a seguir (Figura 3) demonstra o processo metodológico de Bernd Lobach.

Método de Löbach

Processo de solução do problema Análise do problema Conhecimento do problema Coleta de informações Análise das informações	Processo de desenvolvimento do produto Análise do problema de design Análise da necessidade Análise da relação social homem-produto Análise da relação produto-ambiente Desenvolvimento histórico Análise do mercado Análise da função Análise estrutural Análise da configuração (funções estéticas) Análise de materiais e processos de fabricação Patentes, legislação e normas Análise de sistema de produtos Distribuição, montagem, serviço a clientes, manutenção Descrição das características do novo produto Exigências para com o novo produto
Definição e clarificação do problema e definição dos objetivos	
Geração de alternativas Escolha dos métodos de solucionar problemas Produção de idéias Geração de alternativas	Alternativas de design Conceitos do design Alternativas de solução Esboços de idéias, modelos
Avaliação das alternativas Exame das alternativas Processo de seleção Processo de avaliação	Avaliação das alternativas de design Escolha da melhor solução Incorporação das características ao novo produto
Realização da solução do problema Realização da solução Nova avaliação da solução	Solução de design Projeto mecânico Projeto estrutural Configuração dos detalhes (raios, elementos de manejo, etc.) Desenvolvimento de modelos Desenhos técnicos, desenhos de representação Documentação do projeto, relatórios

Figura 3 – Metodologia de Lobach ⁴ – Fonte: <http://www9.fau.usp.br/>

⁴ Imagem x – Disponível em: <http://www9.fau.usp.br/arquivos/disciplinas/au/aup0448/2015/Metodologia_de_Design_-_Metodos_e_Tecnicas.pdf> - acesso em: 15 de outubro de 2016.

Outra abordagem metodológica consideravelmente presente neste projeto, foi a metodologia do Design Centrado no Ser Humano (DCH). A participação dos usuários teve uma importância fundamental para o desenvolvimento do produto.

De acordo com Agne (2016), designer especialista em experiência do usuário, o Design centrado no ser humano possui quatro etapas básicas:

Identificar requisitos: levantar necessidades e entender os pontos de conflitos dos usuários através de pesquisas, observações e entrevistas;

Criar soluções alternativas: fase de ideação, aonde são levantadas hipóteses de soluções para as necessidades levantadas;

Construir protótipos testáveis: tirar as ideias do papel e criar modelos testáveis do que pode vir a ser o produto final;

Avaliar com usuários: levar os protótipos para testes com usuários, colhendo os feedbacks sobre o que funciona e o que pode melhorar.

Para uma melhor compreensão das etapas realizadas, a seguir denota organizacionalmente as fases de projeto.

- **Elementos da Proposição:**

- ↳ **Definição do foco projetual:** Escolha de um orientador que atendesse a área de energia nuclear, juntamente a experiência como bolsista e a sugestão do IEN (Instituto de Engenharia Nuclear) de elaborar um equipamento nesse campo: o Telemedidor;

- ↳ **Pesquisa para contextualização do tema:** Análise de referências teóricas: levantamento de relatórios de PGDI; portais online; apostilas; artigos; normas e livros. Assuntos relacionados a: área nuclear, instrumentação, radiação, segurança e proteção radiológica;

- ↳ **Participação em eventos (Anexo 1):** Elaboração de um resumo para o evento P&D 2016 (Congresso Brasileiro de Pesquisa e Desenvolvimento em Design), sobre Sala de Controle de Emergência para Reatores Nucleares de Pesquisa; e participação no SIAC (Semana de Integração Acadêmica da UFRJ) com envio da proposta de projeto de graduação. Disponível em Anexo 1;

- ↳ **Preparação do material teórico e ilustrativo:** A partir da análise dos dados coletados para o desenvolvimento do projeto, as informações foram organizadas de modo visual, como tabelas, moodboard e infográfico;

- ↳ **Visita Técnica ao IEN:** Visita técnica ao ambiente de pesquisa – IEN – com a participação da orientadora, coorientador e especialistas na área nuclear para visualizarem a definição de requisitos, restrições e ideias para o projeto;
- **Conceituação do projeto:**
 - ↳ **Análise de usuários e cenários:** Analisou-se os cenários em contexto para a análise de futuros usuários com a ajuda de moodboard, tabela de ações e sujeitos e tabelas de personas;
 - ↳ **Organização das informações:** A partir dos dados obtidos, deu-se início ao relatório de projeto;
 - ↳ **Infográfico (Anexo 2):** O Infográfico mostra a visão geral do projeto inicial, requisitos, restrições e pesquisa de similares em ordem cronológica;
 - ↳ **Definição de requisitos e restrições:** Após a visita técnica, análise e estudo de dados, definiu-se uma lista de requisitos e restrições a fim de orientar a geração de alternativas;
 - ↳ **Pesquisa de similares:** A busca por produtos similares faz parte tanto de pesquisa quanto do desenvolvimento desse projeto. Isso feito, analisou-se e avaliou-se as funções e necessidades dos produtos;
- **Desenvolvimento e Resultados:**
 - ↳ **Sketches:** Tendo uma visão geral dos produtos presentes no mercado cronologicamente e a busca por referências análogas, deu-se início aos sketches (desenhos) do Telemedidor;
 - ↳ **Modelos virtuais:** Com base nos sketches realizados, requisitos e restrições definidos com a ajuda dos especialistas, construiu-se modelos virtuais através do software SolidWorks;
 - ↳ **Modelos estruturais:** Os modelos virtuais foram avaliados através de critérios para saber quais seriam os mais relevantes a serem construídos através de uma impressora 3D;
 - ↳ **Apresentação SIAC:** Evento da Semana de Integração Acadêmica da UFRJ, no qual esse projeto foi apresentado em forma de e-pôster até a etapa anterior;
 - ↳ **Avaliação dos modelos:** Com os modelos estruturais elaborados, foi realizada uma avaliação através de um questionário de critérios de usabilidade respondida por especialistas a fim de selecionar o modelo final;

- ↳ **Melhorias e Feedback:** As observações feitas por especialistas durante a avaliação da usabilidade, interferiram nos ajustes e melhorias finais do modelo;
- ↳ **Desenho Técnico e Render:** Com o produto definido, pôde-se realizar o desenho técnico do arranjo do produto;
- ↳ **Itens de série:** Listou-se os itens que fazem parte do equipamento. Todos os componentes de origem eletrônica foram listados com base nas orientações de especialistas do IEN;
- ↳ **Materiais e processos:** Mediante as entrevistas realizadas, a pesquisa de similares e a deficiência de requisitos estruturais, pôde-se indicar o material e o processo conveniente ao projeto;
- ↳ **Simulação da atividade:** Analisou-se a utilização do modelo por meio de três especialistas para prosseguir com a análise ergonômica;
- ↳ **Análise ergonômica:** Após a simulação da atividade, pôde-se realizar diversas análises ergonômicas (antropométrica e biomecânica) e simular o produto com um manequim ergonômico;
- ↳ **Finalização do modelo e relatório:** A etapa final do projeto foi a finalização do modelo impresso por meio de acabamentos e a preparação do relatório para a banca avaliadora.

I.6. Requisitos e Restrições

A partir das análises das informações obtidas, são esclarecidos os requisitos como base para definir as alternativas de condução do projeto. Para isso, as condições refletem as necessidades e as expectativas das partes mais relevantes do estudo e dos usuários consultados. Os requisitos listados a seguir se classificam em: funcionais, estruturais e estéticos/simbólicos:

Os funcionais:

- Ser utilizado em situações de emergência e monitoramento rotineiro;
- Capacidade de medição de radiações Gama e Beta;
- Faixa de medição variável;
- Display fácil de ser compreendido;
- Bateria recarregável;
- Entrada usb para a alimentação da bateria e coleta de dados;

- Microcontrolador com módulo WI-FI;
- Alarmes sonoros com os níveis adequados de ruídos;
- Alarme vibratório quando atingir altas taxas de exposição à radiação,
- Leds verde e vermelho para indicar o grau de risco, sendo o verde para identificar taxas de radiação de background e o vermelho identifica altas taxas de exposição.

Os estruturais:

- Apresentar características modulares aos componentes principais;
- Apresentar características ergonômicas;
- Possuir um tamanho adequado para o transporte;
- Possuir uma haste Extensível (telescópica) até 3 metros para garantir a segurança do usuário;
- Material acessível para o processo de fabricação;
- Material que influencie na leveza do produto;
- Material resistente;
- Tela anti-reflexiva;
- Botões de silicone
- Saída de áudio;
- Componente estrutural para a opção de utilização de uma alça
- Prototipagem 3D do modelo.

Os estéticos:

- Design intuitivo e prático;
- Otimizar a confiabilidade operacional.

O projeto envolve conhecimentos complexos que podem ocasionar limitações de alguns fatores. A área do design é multidisciplinar e se baseia em conhecimentos variados para a obtenção de resultados. As deficiências de projetos similares ao serem observadas, analisadas e bem estudadas poderá ocasionar um novo conceito do Telemedidor apreciável, levando em consideração os diferentes aspectos envolvidos de um sistema complexo. Sendo assim, as restrições são:

- Detectores Geiger;
- Projeto eletrônico para que o Telemedidor Dectec se adapte aos requisitos funcionais.

I.7. Cronograma

	Maio / 2016	Junho / 2016	Julho / 2016	Ago / 2016	Set / 2016	Out / 2016	Nov / 2016	Dez / 2016	Jan / 2017	Feb / 2017	Mar / 2017
	4 11 18 25	1 8 15 22 29	6 13 20 27	3 10 17 24 31	7 14 21 28	5 12 19 26	2 9 16 23 30	7 14 21 28	4 11 18 25	1 8 15 22	8 15 22
Levantamento de relatórios PGDI											
Referências projetuais – textos sobre Radiação, História da Eng. Nuclear e Artigo IC											
Elementos da proposição: Área Nuclear / Instrumentação / Radiação / Segurança / Proteção Radiológica											
Definição de Público Alvo / Personas, Hierarquia das Necessidades e Moodboard de Cenário											
Preparação e Envio SIAC (RESUMO)											
Elaboração do Contexto											
Início do Relatório: 1º Capítulo											
Visita ao IEN /											
Conceituação do produto											
2ª FASE			27/07								
Qualificação Intermediária											
Análise e avaliação de similares											
Requisitos e restrições											
Roteiro de tarefas do produto											
3ª FASE											
Geração de Alternativas											
Construção de Mock-ups											
Avaliação dos Modelos por especialistas e definição											
4ª FASE											
Apresentação SIAC						18/10					
Teste da forma											
Desenvolvimento e finalização do modelo tridimensional											
Detalhamento dos componentes eletrônicos e itens de série											
Finalização do Relatório											
5ª FASE											
Entrega do Relatório (Orientador)										22/02	
Ensaio da apresentação com slides											08/03
Desenho técnico e finalização da apresentação											
Entrega do Relatório Final											

CAPÍTULO II: LEVANTAMENTO, ANÁLISE E SÍNTESE DE DADOS

II.1. O ambiente de pesquisa

O IEN, Instituto de Engenharia Nuclear, foi o ponto de partida do produto objeto deste projeto, além do suporte significativo de alguns importantes profissionais para o desenvolvimento dos estudos.

O Instituto de Engenharia Nuclear localiza-se no Fundão, Rio de Janeiro e faz parte de uma das catorze unidades da CNEN, Comissão Nacional de Energia Nuclear, sendo esta a responsável por realizar atividades de pesquisa, orientação, planejamento, regulação e fiscalização, atuando em diversos setores que mantêm interação com a área nuclear.

Ainda sobre o IEN, a unidade abriga um importante reator de pesquisa, chamado Argonauta, além da importante área de instrumentação nuclear, que contribui para equipamentos para a radioproteção, medicina nuclear e pesquisa para as atividades do instituto, usinas e indústria nacional.

A partir da experiência como bolsista de Iniciação Científica (IC) do Laboratório de Usabilidade e Confiabilidade Humana (LABUCH) no IEN, principia a ideia de desenvolver projetos da área de instrumentação perante o consentimento dos profissionais de orientação e dirigente do laboratório. Sendo assim, observou-se a obsolescência nos instrumentos de medição de radiação. Considerou-se então, a intervenção projetual no design do Telemedidor de radiação.

O período de atuação como bolsista foi essencial na questão da presença no Instituto, tendo importantes orientações, análises, estudos e busca de informações na Biblioteca local.

Realizou-se também, uma visita técnica ao IEN com a professora Beany Guimarães como orientadora de Projeto de Graduação de Desenho Industrial, o Engenheiro nuclear e eletrônico Isaac Luquetti como coorientador, e o Engenheiro eletrônico Marcos Santana, como colaborador desse projeto e o responsável pelo laboratório de Instrumentação. O encontro foi essencial para conhecimento técnico e específicos do Telemedidor, além das visões obtidas sobre a usabilidade e ergonomia do produto.

Sendo assim, o novo projeto do Telemedidor será realizado com o consentimento do Instituto, através da contribuição de coorientações de especialistas do Instituto de Engenharia Nuclear.

II.2. Benefícios da Energia Nuclear e das radiações

É pouco notório os reais benefícios de determinadas aplicações da energia nuclear. As tecnologias nucleares crescem cada vez mais nas abrangentes áreas de atividades humanas, o que possibilita a realização de complexas tarefas de serem alcançadas por meios convencionais.

A radiação possui a propriedade de atravessar a matéria ou ser absorvido por ela, possibilitando diversas aplicações. Ela pode ser detectada através de processos químicos mesmo não possuindo uma determinada massa. Além disso, células ou pequenos organismos podem se deteriorar pela radiação absorvida por uma energia em forma de calor. Este atributo é um risco para os seres vivos, porém pode ser empregado na destruição de microrganismos nocivos.

O domínio da penetração das radiações permite detectar a existência de um radioisótopo⁵ em determinado local. Esta detecção pode ocorrer através de aparelhos adequados, como os detectores de radiação (MOURA, 2003).

A tecnologia nuclear é muito utilizada para a produção de eletricidade⁶ em centrais nucleares, tendo uma grande vantagem a não utilização de combustíveis fósseis que conseqüentemente não geram gases (MOURA, 2003). Não somente na produção da eletricidade, mas a área nuclear está presente em outros aspectos da vida quotidiana e na ciência.

⁵ Radioisótopo: elemento radioativo natural. Ex: urânio

⁶ A geração da eletricidade através da tecnologia nuclear acontece por meio do calor emitido em reações químicas, aquecendo a água, gerando o vapor e conseqüentemente movimentando um turbogerador. Disponível em < <http://www.explicatorium.com/energia/energia-nuclear.html>>, acesso em 30/08/2016.

Na Indústria, a tecnologia nuclear é utilizada no desenvolvimento e melhoria de processos para a medição, automação, controle de qualidade, fabricação de plásticos e de esterilização de produtos de uso único. Disponível em: <<http://pt.energia-nuclear.net/aplicacoes/energia-nuclear-industria>>. Acesso em 06 de setembro de 2016.

A área da medicina onde se utilizam radioisótopos tanto em diagnósticos quanto em terapias é conhecida como Medicina Nuclear. Os isótopos radioativos ou radioisótopos aplicados em pacientes, passam a emitir suas radiações em um determinado órgão do corpo humano, permitindo observar o estado fisiológico do organismo. O uso do iodo-131, por exemplo, que emite radiação beta e gama, é absorvido pelo organismo humano, mais especificamente pela glândula tireoide, a fim de diagnosticar um suposto câncer ou outra complicação deste órgão. (MOURA, 2003).

Não só na medicina e na indústria, a energia nuclear também é altamente praticada na agricultura. Os benefícios são múltiplos, especialmente por causar o aumento da variabilidade genética de plantas, a fim de tornar mais efetiva a busca por melhor produtividade, qualidade e adaptabilidade ao meio ambiente. Com a aplicação da radiação em plantas, é possível acompanhar seu metabolismo, observando o que elas precisam para crescer e o que é absorvido em suas partes. Além disso, essa ação é muito útil na eliminação de pragas. (MOURA, 2003).

O uso da energia nuclear em suas mais variadas áreas de utilização, possui seus riscos, mas em contrapartida possui benefícios consideráveis em sociedade.

II.3. Radiação

II.3.1. Radioatividade x Radiação

Os termos radioatividade e radiação causam uma sensação de apreensão e até pavor em algumas pessoas. Ao serem descobertas pelo homem, criaram-se diferentes meios de utilizá-las, adquirindo benefícios ou riscos ao indivíduo da maneira de como são manuseadas. Todavia, nota-se que existe desconhecimento por parte das pessoas sobre

o assunto e um grande sensacionalismo da mídia. A radiação e a radioatividade podem ser fenômenos naturais, as quais convivemos com elas desde o surgimento do homem na terra, mas também, podem ser artificiais. (RENDELUCCI, 2006)

A Radioatividade é um fenômeno natural ou artificial, onde elementos químicos emitem radiação espontânea através de seus núcleos radiativos. Substâncias ou elementos químicos, capazes de emitir radiações como, impressionar placas fotográficas, ionizar gases⁷, produzir fluorescência, atravessar corpos opacos à luz e outros, são conhecidos como substâncias ou elementos radiativos. Um exemplo simples de compreender tal definição, seria através de um aparelho de Raios-X, o qual emite radiação quando ligado, porém, ao desligá-lo, a emissão descontinua. (RENDELUCCI, 2006)

A radiação em um abrangente sentido, seria tudo que é irradiado por algum corpo ou lugar. A luz emitida pelo sol, a luz de uma lâmpada ou até as ondas de um aparelho de rádio, por exemplo, são formas de radiação. (ROCHA, 2016).

Entende-se que, radiação é a propagação da energia por meio de partículas ou ondas. A luz do sol, citado anteriormente, seria uma radiação emitida por ondas, sendo a luz uma onda eletromagnética⁸. Portanto, quando uma pessoa se expõe ao sol, ela está sendo irradiada pelo sol, ou seja, está se submetendo à radiação solar.

II.3.2. Estrutura atômica

É relevante compreender a estrutura do átomo, pois o seu núcleo está diretamente relacionado com a radioatividade.

De acordo com a apostila Programa de Interação CNEN (2006, p. 5)

O ferro é um material, ou melhor, um elemento químico bastante conhecido e fácil de ser encontrado. Se triturarmos uma barra de ferro, obteremos pedaços cada vez menores, até atingirmos um tamanho mínimo, que ainda apresentará as propriedades químicas do ferro. Essa

⁷ Ionizar gases: Tonar os gases eletricamente carregados. Ex: Lâmpada de plasma.

⁸ Onda eletromagnética: pulsos energéticos capazes de se propagar no vácuo.

menor estrutura, que apresenta ainda as propriedades de um elemento químico, é denominada átomo, que em grego significa *indivisível*.

Com base em pesquisas sobre a estrutura atômica, notou-se que os átomos são constituídos por partículas menores ou conhecidas como partículas subatômicas, onde as principais são: os prótons, nêutrons e elétrons. (MOURA, 2003).

Os prótons são partículas de carga positiva; os nêutrons, não possuem cargas, mas possuem aproximadamente a mesma massa que os prótons; e os elétrons também são partículas de carga negativa, mas possuem a massa cerca de 2.000 vezes menor que a de um próton, sendo desprezível em relação à massa atômica. (MOURA, 2003).

A massa do átomo concentra-se no núcleo, onde estão contidos os prótons e nêutrons. Já os elétrons giram ao redor do núcleo. As partículas de prótons tendem a se repelirem, mas existe uma energia que mantém os prótons e nêutrons juntos em seu núcleo, conhecida como Energia Nuclear.

Portanto, um elemento que possui um núcleo atômico com muita energia por possuírem excesso de partículas ou de carga, tendem a se estabilizar e assim, emitir radiações (Figura 3).

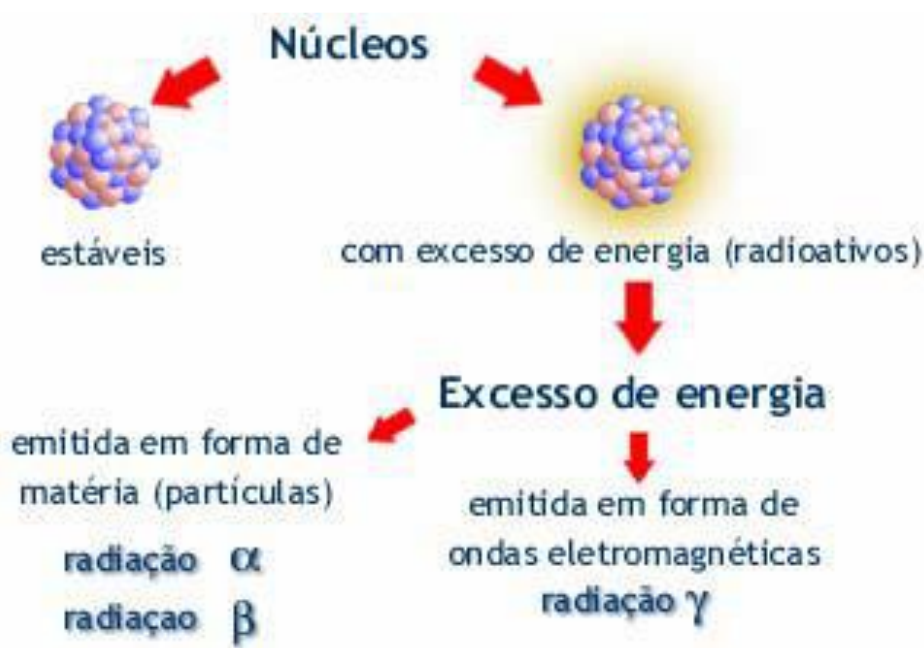


Figura 3 – Esquematização de núcleos atômicos. Fonte: www.cnen.gov.br

II.3.3. Tipos de radiação

As radiações estão presentes consideravelmente no cotidiano de todos. Elas podem ser extremamente úteis para a saúde humana ou para o uso em dispositivos tecnológicos, porém algumas são perigosas.

Em breve palavras, “a radiação seria a propagação da energia de um ponto ao outro, seja no vácuo ou em qualquer meio material, podendo ser classificada como energia em transito, o que pode ocorrer através de uma onda eletromagnética ou partícula”. (Fonte Wikipedia. Disponível em <<https://pt.wikipedia.org/wiki/Radiação>>.

Dependendo do nível de energia, a radiação pode ser conceituada como:

- Radiação não ionizante, quando possuem uma energia relativamente baixa. Estão comumente ao nosso redor, como o aparelho de microondas, na bateria do celular, no rádio e na luz solar⁹;
- Radiação ionizante, possui alto grau de energia. Estas são originadas do núcleo de átomos instáveis.

A radiação pode ser classificada em dois tipos: as radiações por emissão de partículas e as radiações eletromagnéticas. (MEDEIROS, 2015).

As radiações por emissão de partículas mais comuns são:

- Radiação alfa, ex: núcleo do átomo do elemento Hélio (He)¹⁰;
- Radiação beta, ex: decaimento do iodo-132 (I-132)¹¹;

⁹ Disponível em: <www.fiocruz.br/biosseguranca/Bis/lab_virtual/radiacao.html>, acesso em 06/09/2016.

¹⁰ Disponível em: <https://pt.wikipedia.org/wiki/Particula_alfa>, acesso em 07/09/2016.

¹¹ Disponível em: <https://pt.wikipedia.org/wiki/Particula_beta>, acesso em 07/09/2016.

As radiações eletromagnéticas são:

- Radiação gama, ex: Scanners para detecção de conteúdos em veículos, através do elemento Césio-135 (^{135}Cs)¹²;
- Raios-x, ex: diagnóstico por imagem;
- Ultravioleta, ex: radiação emitida pelo sol;

II.3.3.1. Efeitos das radiações

As radiações mais relevantes no ambiente nuclear são as radiações ionizantes por emissão de partículas alfa e beta, e a emitida por ondas eletromagnéticas, Gama.

A radiação alfa pode ser incapaz de atravessar as camadas de células mortas de uma pessoa, são de fato inofensivas. Contudo, podem provocar graves lesões ao entranhar-se em um ferimento. (MOURA, 2003)

A radiação beta possui baixa capacidade de penetração e por isso atravessam apenas alguns milímetros da pele humana. Além disso, possuem uma energia ionizante inferior aos das partículas alfa. (RIBEIRO, 2013).

A radiação gama é altamente perigosa, pois com a sua propriedade de penetração intensa, ela atravessa um corpo humano facilmente. Um indivíduo afetado por radiação gama, poderá ter sérios danos ao seu organismo, pois esta radiação atravessa moléculas, quebrando-as e assim, interferindo no funcionamento das células, tecidos e órgãos, podendo ocasionar até algum tipo de câncer. (MEDEIROS, 2015). (Figura 4).

¹² Disponível em: <http://wikiciencias.casadasciencias.org/wiki/index.php/Radiacao_gama>, acesso em 07/09/2016.

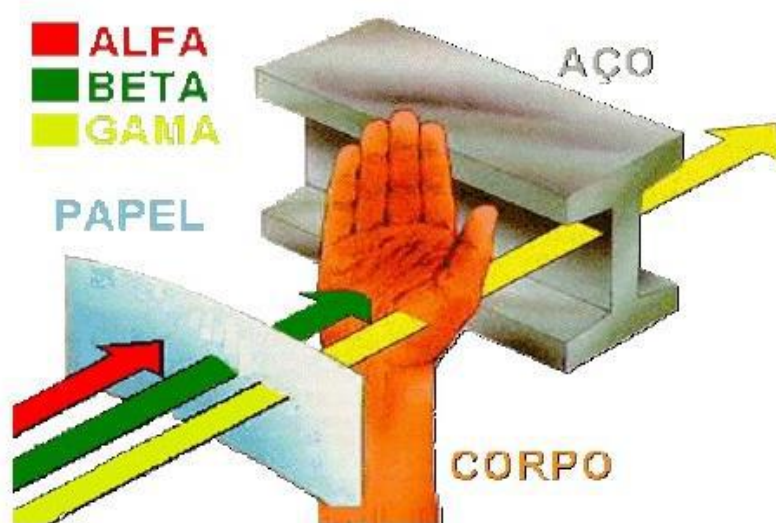


Figura 4 – Penetração das radiações. Fonte: fisicamedica.webnode.com.br

II.4. Introdução à Proteção Radiológica

Com a descoberta do Raio-X pelo físico alemão Wilhelm Conrad Roentgen em 1895, verificou-se a intensidade dessa radiação expondo um indivíduo sobre a emissão do raio-x em um determinado tempo até que a região exposta do corpo apresentasse irritação na pele. (SOUZA, 2005).

Tempos depois, as informações sobre os efeitos maléficos das radiações ionizantes eram cada vez mais consolidadas. Surge então, a necessidade de regulamentar a taxa de exposição da radiação sobre o indivíduo, como a elaboração de Normas de Radioproteção.

A partir de 1934, a Comissão Internacional de Proteção Radiológica (International Commission on Radiological Protection – ICRP), adotou como recomendação e como limite, o valor de 0,2R (taxa de exposição da radiação) por dia para pessoas que trabalhassem com radiações. Este valor prevaleceu até 1950. Contudo, ao decorrer das décadas, essa taxa diminuiu. (XAVIER, 2014).

No Brasil, em 2005, a CNEN – Comissão Nacional de Energia Nuclear, aprovou a norma NN-3.01 “Diretrizes Básicas de Proteção Radiológica”, substituindo às “Diretrizes Básicas de Proteção Radiológica” de 1988, baseada no ICRP (Comissão Internacional de Proteção Radiológica). Os conceitos introduzidos à norma referem-se à intervenção,

exclusão, dispensa e restrição de dose, além dos princípios básicos do requisito da justificção, otimização e limite de dose individual. (XAVIER, 2014).

Limite de Dose seria o valor máximo de exposição à radiação para o público e para pessoas que trabalham com radiações ionizantes. O valor estabelecido pelo ICRP e pela CNEN como o limite de dose anual para o público é de 1 mSv (milésimos de Sievert – unidade de medida da dose de radiação em um tecido no Sistema Internacional – SI), e para os que atuam com radiações, a dose deve se limitar a 20 mSv/ano, como mostra a tabela a seguir (Tabela 1). (TAUHATA, 2013).

PARÂMETRO	VALOR (mSv)	OBSERVAÇÕES
Limite anual para público em situação operacional normal	1	Dose acima da radiação natural. Não inclui aplicações médicas. Ref.: Norma CNEN-NN-3.01.
Aplicações médicas (excluindo radioterapia)	0,03 a 2,0	Média anual Ref.: UNSCEAR 2008
Radiação natural	2,4	Média anual. Ref.: UNSCEAR 2008. Algumas regiões apresentam níveis até 5 vezes maiores, por exemplo, a cidade de Guarapari, ES.
Limite anual para indivíduo ocupacionalmente exposto (trabalhador)	20	Média em 5 anos. Não pode exceder 50 mSv em um único ano. Ref.: Norma CNEN-NN-3.01.
Nível de ação para evacuação de população em situações de emergência	50	Dose a ser evitada. Monitoração no local: taxa: 1 mSv/h. Ref.: Norma CNEN-NN-3.01 PR-006.
Limite de dose em situações de emergência para executar ações para prevenir o desenvolvimento de situações catastróficas	100	Com exceção das ações para salvar vidas. Ref.: Norma CNEN-NN-3.01.
Referência para aparecimento de efeitos observáveis	1.000	Os efeitos observados podem ser astenia, náuseas, vômitos.
Dose de corpo inteiro mais alta recebida por uma das vítimas do acidente radiológico em Goiânia, 1987	8.000	A vítima faleceu tempos depois.

Tabela 1 – Comparação Simplificada dos níveis, limites e referências das doses de radiação.

Fonte: www.cnen.gov.br

II.4.1. O que é Radioproteção?

“A Proteção Radiológica ou Radioproteção pode ser definida como um conjunto de medidas que visam proteger o homem e o ecossistema de possíveis efeitos indesejáveis causados pelas radiações ionizantes”. (Tauhata et, al., 2013, p. 234).

Toda a filosofia de trabalho em proteção radiológica é constantemente atualizada e detalhada a partir de comissões que regulamentam as práticas e recomendações internacionais sobre radioproteção. As comissões de modelo internacionais são: *International Commission on Radiological Protection (ICRP)* e *International Commission on Radiation Units and Measurements (ICRU)*, cabendo à cada país adotar suas normas parcialmente ou totalmente.

No Brasil quem gerencia e estabelece as normas e regulamentos de radioproteção é a CNEN - Comissão Nacional de Energia Nuclear, além de regular, licenciar e fiscalizar o uso da Energia Nuclear no Brasil.

A radioproteção está inserida em um contexto que compreende o estudo das radiações ionizantes, constituição da matéria, interação da radiação com a matéria, análise de células, estudo dos efeitos biológicos associados ao ser vivo, blindagens, formas de proteção à radiação e legislações aplicadas nessa área. (XAVIER, 2014).

O principal objetivo da proteção radiológica é:

- Analisar as fontes de radiação;
- Distinguir as diferentes radiações e os modos de interação com a matéria viva ou inativa;
- Verificar e advertir as presumíveis consequências e efeitos maléficos à saúde e riscos associados. (TAUHATA, 2013).

Para que se alcance tais propósitos dos efeitos da radiação, realizam-se avaliações e estudos quantitativos e qualitativos através das grandezas e unidades de medidas radiológicas, uso de instrumentos de medição, além do detalhamento de procedimentos da utilização das radiações ionizantes. (XAVIER, 2014).

Os objetivos da proteção radiológica são alcançados através de três requisitos básicos de Radioproteção, definido nas Diretrizes Básicas de Radioproteção da CNEN:

- **Justificação:**

A proteção contra as radiações tem por objetivo a prevenção ou a diminuição dos seus efeitos e a redução do dano genético, levando-se em consideração o esclarecimento sobre o uso desta radiação.

“Qualquer atividade envolvendo radiação ou exposição a radiações deve ser justificada em relação a possíveis alternativas e produzir um benefício positivo para a Sociedade”. (MOURA, 2003, p. 30).

- **Otimização:**

“O projeto de instalações que utilizam materiais ou fontes radioativas, o planejamento do uso desses materiais, bem como a respectiva operação, devem garantir que as exposições às radiações sejam tão baixas quanto razoavelmente exequíveis.” (MOURA, 2003, p. 30).

Sendo assim, qualquer exposição à radiação deve ser extremamente baixa, levando em consideração fatores sociais e econômicos através de análises quantitativas e qualitativas.

- **Limitação da Dose Individual:**

“As doses (quantidades de radiação) individuais de trabalhadores que utilizam materiais radioativos e de indivíduos do público, não devem exceder os limites anuais estabelecidos na Norma CNEN-NE-3.01”. (MOURA, 2003, p. 30).

A dose equivalente e a dose efetiva, que são respectivamente, a indicação da probabilidade de ocorrência dos efeitos subsequentes em órgãos ou tecidos como um todo e a indicação da comparação da radiação em diferentes partes do corpo, não devem ultrapassar os limites estabelecidos pela norma CNEN-NE-3.01, exceto a exposições médicas. (XAVIER, 2014).

II.4.2. Acidentes nucleares e radiológicos

Ainda que a utilização da energia nuclear seja ampla a fins pacíficos, como na geração de energia elétrica, na medicina, indústria, agricultura e pesquisa, a receptividade da tecnologia nuclear se depara com constantes resistências da sociedade, devido à repercussão refletida de acidentes nucleares ou radiológicos. (XAVIER, 2014).

Desastres nucleares e radioativos podem ser classificados em acidentes e incidentes através do nível de gravidade definido pela Escala Internacional de Eventos Nucleares (INES), como apresenta a tabela 2 e 3 a seguir.

ACIDENTE	7	ACIDENTE GRAVE
	6	ACIDENTE SÉRIO
	5	ACIDENTE COM RISCO FORA DA ÁREA DA INSTALAÇÃO
	4	ACIDENTE SEM RISCO IMPORTANTE FORA DA ÁREA DA INSTALAÇÃO
INCIDENTE	3	INCIDENTE SÉRIO
	2	INCIDENTE
	1	ANOMALIA
DESVIO (ABAIXO DA ESCALA)	0	NENHUMA IMPORTÂNCIA COM RELAÇÃO À SEGURANÇA

Tabela 2 – Escala Internacional de Eventos Nucleares
Fonte: cnen.gob.br

Tipo de Acidente	Critérios ou Atributos de Segurança		
	Impacto fora da Área da Instalação	Impacto dentro da Área da Instalação	Degradação de Barreiras de Proteção (Defesa em Profundidade)
7 Acidente Grave	Grande Liberação: danos generalizados à saúde e ao meio ambiente.		
6 Acidente Sério	Liberação Significativa: provavelmente requer implementação total do Plano de Emergência		
5 Acidente com Risco Fora da Área da Instalação	Liberação Limitada: provavelmente requer implementação parcial do Plano de Emergência	Dano severo do núcleo do reator e/ou de barreiras de segurança	
4 Acidente sem Risco Importante Fora da Área da Instalação	Liberação Pequena de Material Radioativo: público exposto aos limites prescritos	Dano significativo do núcleo do reator ou de barreiras de segurança: exposição fatal do trabalhador	
3 Incidente Sério	<i>Liberação muito pequena de material radioativo: público exposto a uma fração dos limites prescritos</i>	<i>Dispersão severa de contaminação: Efeitos agudos à saúde do trabalhador</i>	<i>Quase Acidente: todas as barreiras de segurança degradadas</i>
2 Incidente	<i>Sem importância com relação à segurança</i>	<i>Dispersão significativa de contaminação: exposição à radiação de trabalhadores</i>	<i>Incidentes com falhas significativas nas provisões de segurança</i>
1 Anomalia	<i>Sem importância com relação à segurança</i>	<i>Sem importância com relação à segurança</i>	<i>Anomalia fora do regime autorizado de operação</i>
0 Desvio (Abaixo da Escala)	Sem importância com relação à segurança	Sem importância com relação à segurança	Sem importância com relação à segurança
Evento Fora da Escala	Sem relevância com relação à segurança		

Tabela 3 – Detalhamento dos atributos de segurança
Fonte: cnen.gov.br

A relação entre um acidente nuclear e um acidente radiológico, é que ambos envolvem uma fonte que expõe um certo nível de radiação prejudicial à saúde pública, seja por vazamento, esquecimento de algum material radioativo, mal funcionamento de algum equipamento nuclear e até bombas. Entretanto, a diferença entre eles é que um acidente nuclear ocorre em instalações nucleares, como em reatores de pesquisa ou energia, e um acidente radiológico pode ocorrer em qualquer lugar, como no transporte de materiais

radioativos, no descarte inadequado de rejeitos radioativos¹³, no serviço falho de radioterapia em um hospital, e outros. (SANTOS, 2009).

A primeira tarefa a se realizar na ocorrência de acidentes envolvendo material radioativo é a identificação das pessoas que poderiam ser vítimas da contaminação. Após isso, técnicos da radioproteção devem ir ao local do acidente e portar instrumentos de medição e detecção de radiação. (XAVIER, 2014).

II.5. Instrumentação Nuclear

Instrumentação Nuclear é a área responsável por identificar a radiação através de dispositivos capazes de detectar e quantificar. “O princípio utilizado para a detecção da radiação está baseado em sua interação com um determinado meio material, interação essa que pode resultar na geração de cargas elétricas, na geração de luz ou na sensibilização de películas fotográficas, entre outros fenômenos.” (XAVIER, et al., 2014, p.97).

A instrumentação faz o uso de detectores, que são dispositivos capazes de indicar a presença da radiação. Esse equipamento é constituído por um elemento ou material sensível à radiação e um sistema eletrônico capaz de registrar essa interação. O resultado no qual a radiação interagiu com o elemento ou meio empregado, é expresso em uma grandeza de medição. (MOURA, 2003).

Um detector está inserido em um medidor de radiação como o Telemedidor, mas é necessário pretender qual radiação será identificada, pois o uso de um detector depende do tipo da radiação (por ondas eletromagnéticas ou por emissão de partículas) a ser medida. Por exemplo, um detector eficiente para radiação gama é inadequado para detectar a radiação alfa.

¹³ Rejeitos radioativos: Qualquer material resultante de atividades humanas, que contenha radionuclídeos (material radioativo) em quantidades superiores aos níveis de dispensa estabelecidos pela CNEN, para o qual a reutilização é imprópria ou não prevista. Fonte: cnen.gov.br/

Um detector muito utilizado nos medidores de radiação, e mais especificamente no Telemedidor é o Detector Geiger Muller, ou contador Geiger Muller (GM) (Figura 5).



Figura 5 - Diferentes tipos de Tubo (contador) Geiger Muller
Fonte: www.cientificosaficionados.com/

Segundo Moura (2003) o Detector GM é um dos dispositivos mais antigos para detectar e medir radiação, desenvolvido por Geiger e Müller em 1928 e muito usado ainda atualmente por sua simplicidade, baixo custo e facilidade de operação.

A partir de estudos otimizados sobre instrumentação e mais especificamente detectores, além da entrevista técnica (Tópico III.2), esse projeto visa aplicar o Geiger Muller como detector no redesign do Telemedidor

II.5.1. Medidores de Radiação

Medidores de radiação são dispositivos de monitoração capazes de medir grandezas associadas a radiações ionizantes. Eles são instrumentos de metrologia alimentados por bateria e compreendem em seu interior um circuito eletrônico e algum tipo de detector de radiação. Juntos, esses elementos resultam a energia da radiação em um sinal elétrico, sendo detectados, medidos e posteriormente mostrados no visor do display.

Esses equipamentos são utilizados para a monitoração em instalações nucleares, como reatores nucleares de potência ou de pesquisas, ou em instalações radiativas como

indústrias do ramo nuclear e hospitais relacionado à medicina nuclear. Os medidores são utilizados também para a descoberta de fontes radiativas na ocorrência de acidentes ou incidentes em instalações, no controle alfandegário ou até em casos de atentados terroristas. (Figuras 6,7 e 8).



Figura 6 - Exemplos de medidores de radiação
Fonte: <http://radiologia.blog.br/>



Figura 7 – Inspeção após um incidente radioativo no Japão
Fonte: <http://rjapanese.blogspot.com.br/>



Figura 8 – Operador monitorando piscina nuclear de um reator
Fonte: www.eletronuclear.gov.br/

II.5.2. O Telemedidor

O Telemedidor é um equipamento portátil que possui uma haste telescópica extensível permitindo ao operador manter-se seguramente afastado do local inspecionado, possibilitando assim, a detecção e medidas de exposição das radiações ionizantes. (Figura 9).

Esse dispositivo é operado por baterias e fornece informações sobre a taxa de radiação medida no display localizado em seu corpo, próximo ao operador. A sua haste telescópica possui um detector Geiger ao final do corpo e possibilita detectar e medir a radiação em lugares de difícil acesso. (LUQUETTI, 2013).



Figura 9 – Telemedidor 6112. Fonte: www.southernscientific.co.uk/

Existem medidas de proteção radiológica, na qual a CNEN (Comissão Nacional de Energia Nuclear) é o órgão responsável pela regulamentação de normas da área nuclear, e que visam proteger o ser humano e o ecossistema das consequências da radiação. E para que a proteção em instalações radiativas e nucleares seja adequadamente realizada, é essencial o uso de equipamentos qualificados, como o Telemedidor. (Figura 10).



Figura 10 – Operador utilizando o Telemedidor.
Fonte: <http://arizonaexperience.org>

CAPÍTULO III: CONCEITUAÇÃO DO PROJETO

III.1. Público Alvo

Para compreender os usuários que utilizam medidores de radiação, e mais especificamente o Telemedidor, fez-se primeiramente um estudo dos cenários no qual os profissionais atuantes da área nuclear lidam com as radiações ionizantes. Isso posto, foi elaborado um Moodboard (mapa de referências visuais) com a função de evidenciar as ideias relacionadas ao universo da radiação e os cenários, locais e situações no qual estão associados (Figura11).



Figura 11 – Moodboard de Cenário e atividades. Fonte: Autor

Notou-se a partir do estudo do Moodboard, que a radiação na maioria das vezes transmite a ideia de perigo e necessita ser monitorada a todo momento. Existe de fato, uma cultura de segurança e proteção radiológica que envolve um processo contínuo de cuidados realizados por profissionais especializados com a ajuda de equipamentos de detecção.

Após o estudo do Moodboard, realizou-se uma matriz de ações e sujeitos (Anexo 3: Matriz de ações e sujeitos) envolvendo profissionais da área nuclear e atividades relacionadas a conhecimentos específicos e fatores de segurança. A partir da observação da matriz elaborada, dados obtidos na visita técnica desse projeto e em pesquisas da área nuclear, foi possível designar os usuários dos medidores de radiação. São eles:

- Pesquisadores da área nuclear (engenheiros físicos, nucleares, eletrônicos e outros);
- Técnicos em proteção radiológica (Profissionais de Radioproteção)
- Agente das forças armadas (Agentes especializados: bombeiros, soldados e outros)

Sendo assim, pesquisadores da área nuclear, técnicos em radioproteção e agentes especiais das forças armadas são os profissionais mais capacitados para utilizarem medidores de radiação nas atividades de monitoramento e combate à uma fonte radioativa.

Para melhor atender e compreender as necessidades dos profissionais que utilizam medidores de radiação, aplicou-se a técnica de personas (Tabela 4). Trata-se de uma metodologia que emprega usuários fictícios a fim de orientar as decisões, interações e estética ao projeto de um novo Telemedidor. “As personas não apenas tornam o público-alvo mais real para os designers e engenheiros como também garantem a prioridade dos requisitos para que atendam especificamente às necessidades dos usuários mais valiosos.” (LIDWELL, 2010).

PERSONAS	ARTHUR	VANESSA	TIAGO
			
Idade	61 Anos	36 anos	27 Anos
Ocupação	Engenheiro Nuclear	Supervisora de Radioproteção	Soldado do Exército Brasileiro
Tempo de Função	37 anos	12 anos	7 anos
Local de Trabalho	CNEN – Comissão Nacional de Energia Nuclear	IRD – Instituto de Radioproteção e Dosimetria	Comando de Operações Especiais do Exército Brasileiro
Áreas de atuação	Atua na área de Desenvolvimento e Pesquisa sobre o uso de material radioativo e os equipamentos de radiologia.	Auxilia na fabricação de dispositivos com fontes seladas (medidores nucleares e outros), calibração e testes com fontes radioativas e equipamentos.	Treinador do Comando Conjunto de Prevenção e Combate ao Terrorismo.
Responsabilidades	Inovar na área tecnológica e executar consultorias contratadas por empresas do setor produtivo.	Planejar, coordenar, implementar e supervisionar as atividades do serviço de proteção radiológica, de modo a garantir o cumprimento dos requisitos necessários.	Preparar tropas para combater ataques químicos, biológicos, radiológicos e nucleares.
Motivação	Contribuir para o desenvolvimento tecnológico nacional; Busca pela satisfação do usuário.	Obter melhores resultados na segurança dos usuários e prevenção de acidentes.	Sentimento de honra ao cooperar para o desenvolvimento nacional através da eficiência na segurança.
Frustração	Necessidade de manter-se atualizado na multidisciplinaridade e em novas tecnologias do mercado.	Falta de confiança ao manipular equipamentos, necessitando de consultas psicológicas para obter tranquilidade nas atividades do trabalho.	Exerce a profissão com equipamentos muito ultrapassados, desconfiando da sua capacidade de realizar uma tarefa.
Propostas	Avaliar usuários e novas tecnologias para alcançar eficiência e eficácia em pesquisas e desenvolvimento na atualização dos produtos.	Propor treinamento de radioproteção periódico ao pessoal diretamente exposto, focando na usabilidade de equipamentos.	Fornecer aos profissionais de criação dos equipamentos suas opiniões de usabilidade dos produtos para o desenvolvimento de novos projetos.

Tabela 4 – Personas. Fonte: Autor

A técnica de Personas auxilia a compreender as características dos usuários, contribuindo também na contextualização do projeto. Trata-se de uma técnica estratégica de conectar os usuários à realidade do uso dos medidores de radiação.

Após o entendimento da técnica de personas, analisou-se algumas atividades de diferentes usuários realizando tarefas com o Telemedidor, sendo possível realizá-las em diferentes contextos de uso (Figura 12).



Figura 12 – Diferentes usuários realizando tarefas com o Telemedidor em contextos¹⁴.

Fonte: Autor

¹⁴ Fonte das imagens Disponível em: <www.feuerwehr-pupping.at/>; <www.jlab.org/>; <www.pensamentoverde.com.br/>; <pt.wikipedia.org/wiki/Residuo_radioativo>; <www.usatoday.com/>; <www.globalresearch.ca/>. Acesso em 15 de junho de 2016.

III.2. Visita Técnica

Uma visita técnica foi realizada no IEN – Instituto de Engenharia Nuclear - no dia 28 de maio de 2016 (Figura 13), com a presença da orientadora de projeto de design de produto Beany Guimarães, do coorientador e engenheiro nuclear Isaac Luquetti e do engenheiro eletrônico Marcos Santana responsável pelo laboratório de instrumentação local e colaborador desse projeto.



Figura 13 – Visita técnica. Fonte: Prof^a. Beany Guimarães

O encontro foi de muita importância para obter e analisar informações técnicas e essenciais sobre medidores de radiação. Algumas questões não precisaram ser abordadas, pois existe um material teórico e visual (relatórios e vídeos) realizados por estudantes de desenho industrial participantes de uma pesquisa sobre o Telemedidor, realizada em 2013 durante a disciplina de Projeto 3 e orientado pela professora Beany.

A reunião consistiu na verificação do andamento do estudo do objeto em questão, através de tabelas, Moodboard e infográfico, onde foram mostrados o cenário no qual o produto está inserido, o público alvo, os requisitos, restrições iniciais e a análise de produtos similares ao Telemedidor. Foram apresentados por parte dos especialistas um robô de monitoramento de radiação, medidores pessoais, exemplos de detectores inserido

em todos os equipamentos de medição e o primeiro Telemedidor de radiação, projetado no IEN em meados dos anos 1980 (Figura 14 e 15).



Figura 14 – Primeiro Telemedidor do IEN. Fonte: Autor



Figura 15 – Telemedidor do IEN. Fonte: Autor

Primeiramente, discutimos as necessidades de utilização do produto a ser projetado, no qual foi evidenciando que, o Telemedidor é utilizado em situações de emergência, sendo essencial a presença da haste extensível para manter o operador seguramente afastado da fonte radioativa a ser descoberta. O produto é empregue também, em situações de monitoramento rotineiro de instalações nucleares, no qual a haste não consiste necessariamente em ser acionada aos seus longos quatro metros de comprimento. Notou-se então que, o Telemedidor é multifuncional, porém não possui características de modularidade para facilitar as diferentes operações.

Foi questionado a substituição da haste por alguma tecnologia como o laser, mas não seria viável, pois é necessário a presença de um detector de radiação alimentado por uma fonte de alta tensão, onde a leitura dos dados obtidos pelo detector é realizada por um fio, mas poderia ser substituído por wi-fi ou bluetooth. O detector deve estar localizado ao final da haste para a descoberta de uma fonte radioativa mais precisamente nas situações de emergência, e a tecnologia à laser impossibilitaria essa atividade aprimorada.

Uma análise ergonômica foi abordada, no qual foi questionado o uso dos materiais desses equipamentos. O primeiro Telemedidor do IEN, possui uma caixa processadora de dados que apresenta como material o metal, sendo o principal componente pesado do equipamento. Argumentou-se também que, não há restrições sobre uso de materiais para o projeto do Telemedidor, desde que seja resistente à impactos. Além disso, a chance de uma contaminação no material seria pouco possível, mas caso ocorresse a situação de algum componente tocar em uma fonte radioativa, poderia ser lavado com água ou em casos graves, serem trocados.

A localização do display e da caixa processadora de dados, foi outra questão ergonômica mencionada, pois a disposição parece erroneamente distribuída (Figura 16), o que causa fadiga ao usuário ao realizar a atividade em que deve apontar o dispositivo e visualizar as informações da taxa de radiação no visor (Figura 17).



Figura 16 –Telemedidor Atual do IEN.

Fonte: Artur Menezes e Rafael Brito, estudantes de projeto 3 em 2013.1

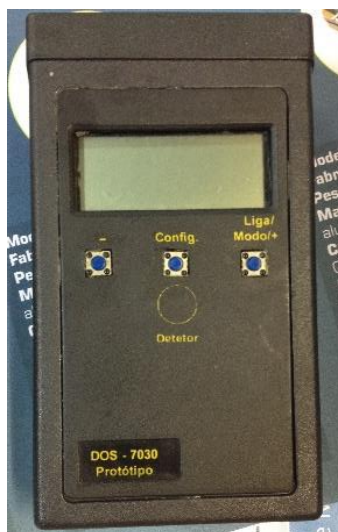


Figura 17 – Monitor instantâneo. Fonte: Autor

Alguns outros detalhes foram apontados, como a fonte de alimentação do Telemedidor. Esse tipo de equipamento é alimentado por pilhas, mas no novo projeto poderia ter a possibilidade de ser alimentado por uma bateria recarregável.

A unidade de medida mais atualmente utilizada é a μSv (microsievert) que faz parte do SI (Sistema Internacional). Há aqueles que preferem utilizar a mR (miliRoentgen), uma

unidade antiga. Sendo assim, alguns aparelhos de medição proporcionam ao usuário a opção de escolha.



Figura 18 – Exemplos de detectores Geiger e seus circuitos eletrônicos. Fonte: Autor

Relatou-se que os detectores Geiger (Figura 18) junto ao circuito eletrônico podem variar o seu tamanho e forma, o que não seria uma restrição para o peso do Telemedidor. O seu tamanho mínimo pode variar entre 15cm de comprimento e 3,5cm de largura, e este componente deve estar inserido ao final da haste telescópica. Esse tipo de elemento, são detectores a gás utilizados para medir grandezas como dose e exposição, através de um sistema de metrologia.

Com base na visita e estudos otimizados, esse projeto pretende utilizar como dispositivo para a detecção, o contador Geiger, pelo fato desse equipamento medir e detectar a radiação Gama e X, radiações essas que possuem a maior intensidade de penetração e são capazes de atravessar o corpo humano. (Figura 20).

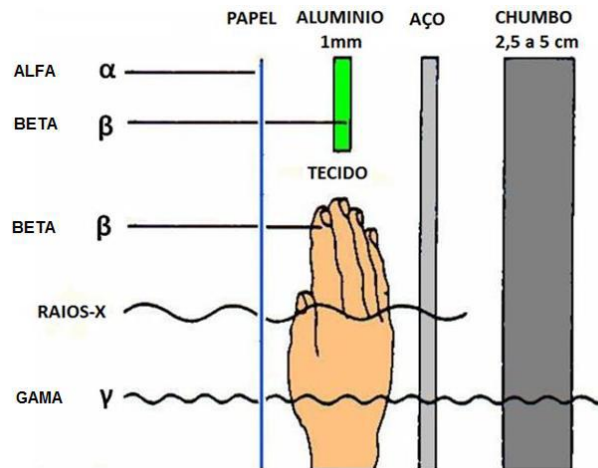


Figura 19 – Penetração das radiações na matéria

Fonte: <https://biosafety-level.wikispaces.com/>

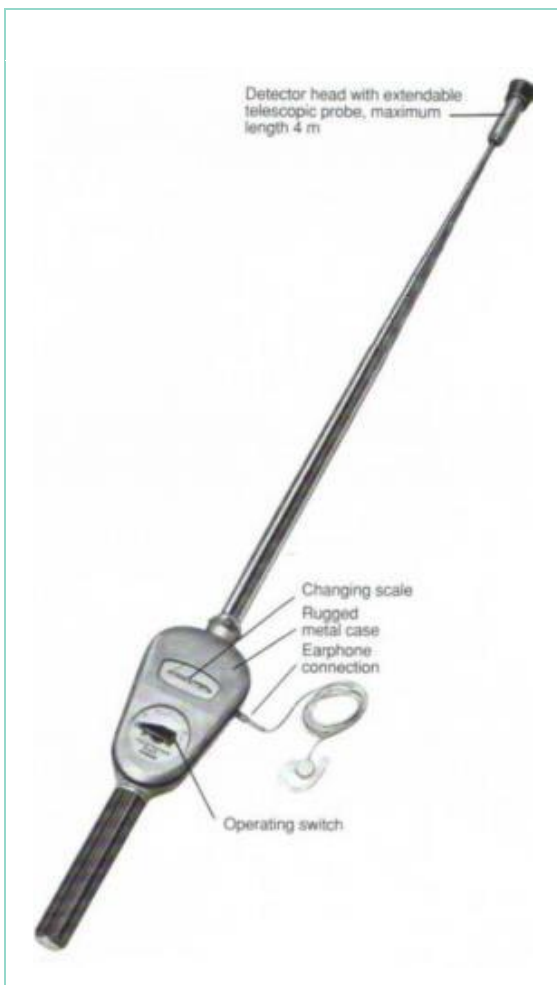
Ao ver de todos os presentes no encontro, o produto necessita de uma intervenção do design, para o seu aprimoramento e modernização. E para que se obtenha sucesso nesse projeto, serão considerados todos os aspectos relevados na visita, além de continuar posteriores contatos com os especialistas que são fundamentais para o desenvolvimento do Telemedidor.

III.3. Similares

Através da observação de produtos similares, será possível realizar uma síntese, procura por padrões e a descoberta de aspectos importantes e então proceder com uma avaliação.

Apresenta-se nessa etapa, o resultado da busca de uma série de medidores de radiação, os quais possuem uma haste telescópica em sua estrutura, ou produtos similares disponíveis no mercado.

Os similares serão apresentados descritivamente e organizados em uma ordem cronológica quanto a sua introdução ao mercado. (Tabela 5)



Teletector 6112B

Ano de fabricação: 1980

Modelo: Teletector 6112B

Fabricante: Automess

Produzido entre 1980 e 2005

Dimensões: A 90mm x L 130mm

Haste telescópica: 4 metros

Peso: 3 kg

Material: Metal e plástico

Características: Formato de uma Pêra; Usado para medir radiação gama; Faixa de medição de 0,1 mR/h (miliRoentgen por hora) para 1000 R/h; controle analógico; Utiliza 4 pilhas de 1,5V como fonte de alimentação; Vem com um alto-falante e fones de ouvido para indicação acústica; Possui dois tubos Geiger ao final do tubo telescópico servindo como detectores; à prova d'água; não possui indicação do nível de bateria.

Fonte: <www.powerhousemuseum.com/collection/database/?irn=365700>. Acesso em 24 de maio de 2016.



Extender 2000 W

Ano de Fabricação: 2000

Modelo: Extender 2000 W

Fabricante: WB Johnson Instruments

Dimensões: 91mm x 360mm

Haste telescópica: 3,5 metros

Peso: 3 kg

Material: Alumínio e aço inoxidável

Características: Controle e display analógico; Possui dois tubos Geiger para a detecção; Medição de radiação gama e beta; acabamento em epóxi; saída de áudio; Faixa de medição de 0,1 mR/h (miliRoentgen por hora) para 1000 R/h; Alimentado por 2 pilhas Alcalinas; não possui indicação do nível de bateria.

Fonte: <www.laurussystems.com/products/products_pdf/LS-Johnson-2000W-Extender.pdf>.

Acesso em 24 de maio de 2016.



Stretch Scope Exposure Ratemeter 78

Ano de fabricação: 2005

Modelo: Stretch Scope Exposure Ratemeter 78

Fabricante: Ludlum

Dimensões: L 180mm x P 450mm x A 100mm

Peso: 2,9 kg

Haste Telescópica: 3,6 metros

Material: Alumínio e aço inoxidável

Características: Possui medidor analógico e display digital iluminado; Mede radiação gama; possui duplo contador Geiger; indicador de nível de bateria; alimentação por pilhas alcalinas; saída de áudio; medição de 0,1 mR/h (miliRoentgen por hora) para 1000 R/h; pode ser programado para mostrar unidade R (Roentgen) ou Sv (Sievert); acompanha uma alça de suporte.

Fonte: <www.drct.com/dss/INSTRUMENTATIO N/Ludlum/Ludlum_Model_78.htm>. Acesso em 24 de maio de 2016.



Teletector 6112M

Ano de fabricação: 2006

Modelo: Teletector 6112M

Fabricante: Automess

Dimensões: A 80mm x L 130mm x C 410mm

Haste telescópica: 4 metros;

Peso: 3 kg

Material: aço inoxidável (haste) e alumínio moldado

Características: Mede radiação Gama e X; alimentado por pilhas; Microprocessador de 16-bits para controlar as funcionalidades; armazenamento de até 450 medições, incluindo a localização, taxa de dose, hora, duração e desvio padrão de medição; Possui dois tubos Geiger para detecção; medição de taxa de dose de 0,1 μ Sv/h a 10Sv/h ou 10 mR/h para 1000 R/h; nível de bateria, data e hora e limiar de alarme; display iluminado; três idiomas (inglês, francês e alemão); bateria reserva recarregável; Fácil processamento dos dados com o software padrão do Windows; O alarme sonoro de pulso único; No caso de contaminação, o altofalante pode ser facilmente substituído sem a necessidade de abrir o aparelho; acompanha alça de suporte.

Fonte: <www.laurussystems.com/Automess_Te lector_6112M.htm>. Acesso em 24 de maio de 2016.



Teletector 6150AD

Ano de fabricação: 2008

Modelo: Teletector 6150AD

Fabricante: Automess

Dimensões: A 90mm x L 130mm x C 410mm

Haste telescópica: 4,12 metros

Peso: 3 kg

Material: aço inoxidável (haste) e alumínio fundido (caixa)

Características: O equipamento compreende a sonda telescópica e o medidor que pode ser usado separadamente; Mede radiação Gama e X; detecta radiação beta; medidor pode ser desacoplado; Possui dois tubos Geiger para detecção; 4 modos de operação: taxa de dose, taxa de dose média, taxa de dose máxima e dose acumulada; indicador sonoro de pulso único; baixo consumo de corrente; monitoramento automático da bateria; unidade de medida de 0,1 $\mu\text{Sv/h}$ (milisievert por hora) a 10Sv/h.

Fonte: < www.radiationsimulation.com/simulator.php/teletector-simulator/>. Acesso em 24 de maio de 2016.



Scinto Telescope

Ano de Fabricação: 2009

Modelo: Scinto Telescope

Fabricante: Scinto

Dimensões: A 120 mm x L 135 x C 300mm

Haste Telescópica: 3,5 metros

Peso: 1,5 kg

Material: Nylon6 moldado (caixa) e aço inoxidável (haste)

Características: Mede radiação gama e X; alarme acústico e óptico; memória para 750 medições; haste desacoplável; Possui dois tubos de contador Geiger; lcd iluminado; unidades variáveis ($\mu\text{Sv/h}$ ou mSv/h); alimentado por pilhas alcalinas; Haste modular; Acompanha alça para suporte.

Fonte: < www.sea-duelmen.de/en/downloads/SCINTO_SEA_engl.pdf>. Acesso em 24 de maio de 2016.



TelePole

Ano de Fabricação: 2010

Modelo: Telepole

Fabricante: Mirion Technologies

Dimensões: A 56 mm x L 93mm x C 148 mm

Haste Telescópica: 3 metros

Peso: 2,55 kg

Material: Alumínio anodizado preto (caixa) e aço inoxidável (haste)

Características: Construção leve e robusta; alarme sonoro e óptico; display digital e analógico; LCD iluminado; monitoramento em tempo real; armazenamento de até 380 medições; dois tubos Geiger para detecção; medição de 0.05 mR/h para 1000 R/h (0.5 μ Sv/h para 10Sv/h); alimentado por pilhas alcalinas ou bateria recarregável (70 horas); acompanha alça para suporte.

Fonte: <www.mirion.com/products/radiation-detection-and-protection-instruments/handheld-radiation-measurement-and-area-monitoring/telepole-telescoping-radiation-survey-meter/AT117M>. Acesso em 24 de maio de 2016.



AT 1117M

Ano de fabricação: 2015

Modelo: AT 1117M

Fabricante: Atomtex

Haste telescópica: 3 metros

Material: Fibra de carbono e alumínio

Peso: 1,5 kg

Características: Medição de radiação X, gama, alfa e nêutrons. Medidor-PC integrados; Monitor desacoplável; 2 Tubos Geiger para detecção; gravação automática e armazena mais de 10.000 medições com referência GPS; transferência de dados via Bluetooth ou por cabo; indicação de nível de bateria; alarme sonoro e visual quando o nível de limite for excedido para a dose, taxa de dose, densidade de fluxo, fluência e atividade de superfície; unidades variáveis (μ Sv/h ou mSv/h).

Fonte: <www.atontex.com/en/products/portable-dosimeters/at1117m-radiation-monitor-hand-held-pc>. Acesso em 24 de maio de 2016.

Model 79 Stretch Scope	
	<p>Ano de Fabricação: 2015</p> <p>Modelo: Model 79 Stretch Scope</p> <p>Fabricante: Ludlum</p> <p>Dimensões: L 200 mm x A 810 mm x C 1140mm</p> <p>Haste telescópica: 4 metros</p> <p>Peso: 1,4 kg</p> <p>Material: Plástico de alto impacto (medidor) e Fibra de carbono (haste)</p> <p>Características: Medidor de radiação gama; possui detector Geiger; opção de escolha das unidades de medida (cps, cpm, Sv/h, mrem/hr e R/hr); alimentação por pilhas alcalinas recarregáveis; transferência de dados por cabo; alarme sonoro e óptico por LEDs; aviso de bateria fraca; operacionalidade com apenas 3 botões.</p> <p>Fonte: < www.peo-radiation-technology.com/en/industry-transport/safe-and-fast-load-monitoring-with-the-ludlum-model-79/>. Acesso em 24 de maio de 2016.</p>

Tabela 5 – Apresentação dos Similares. Fonte: Autor

III.3.1. Análise de Similares

É possível visualizar a evolução dos Telemedidores ao decorrer dos anos. A análise dos produtos pesquisados busca avaliar as características relevantes e que posteriormente, consistirá no melhor planejamento e elaboração de atributos de um novo projeto.

Os critérios de avaliação dos similares analisados classificam-se em:

- Estético: Avalia se é atribuído um design intuitivo e se o produto possui uma composição agradável e condizente;
- Funcional: Avalia se o produto possui a possibilidade de cumprir as atividades sem problemas e se a estrutura é pratica e eficiente;
- Material: Avalia se o material empregado é adequado e não causa interferência nas funções;
- Ergonômico: Avalia se há a possibilidade de facilitar o manuseio.

Os critérios variam de uma escala de 1 a 5 (Escala Likert), representados da seguinte maneira:

- : Muito ruim - defasado
- : Ruim - insatisfatório
- : Regular - aceitável
- : Bom - modesto
- : Muito bom – satisfatório










Avaliação de Similares					
Critérios Produtos	Estético	Funcional	Material	Ergonômico	Observações
	●○○○○	●○○○○	●○○○○	●○○○○	Teletector 6112 B: Produto obsoleto e pesado devido aos materiais; difícil de ser manuseado e sem praticidade.
	●○○○○	●●○○○	●○○○○	●●○○○	Extender 200 w: Pesado e difícil de ser manuseado. Sem confiabilidade, pois não mostra nível de bateria.
	●○○○○	●●●○○	●●○○○	●○○○○	Stretch scope 78: Produto grande e pesado; forma antiquada e difícil de manusear.
	●●●○○	●●●○○	●●○○○	●●○○○	Teletector 6112M: Produto com forma diferente; pesado pelos materiais aplicados; difícil manusear; display não mais analógico, facilitando a leitura;
	●●○○○	●●●○○	●●○○○	●●○○○	Teletector 6150AD: Componentes desacopláveis, facilitando atividades diferentes, porém pesado por conta dos materiais.
	●●○○○	●●●○○	●●●○○	●●●○○	Scinto Telescope: Material pouco denso, deixando-o razoavelmente leve; Componentes desacopláveis; design intuitivo, porém difícil de manusear.
	●●○○○	●●●○○	●●○○○	●●○○○	Telepole: Produto pesado por conta dos materiais, dificultando o manuseio. Fácil de ser compreendido.
	●●○○○	●●●○○	●●●○○	●●●○○	At 1117M: Material de baixa densidade. vários componentes na estrutura e display com muitas informações, dificultando a compreensão;
	●●●○○	●●●○○	●●●○○	●●●○○	Stretch scope 79: Leve e material de baixa densidade; prático de manusear; sem muitas informações no display e de fácil operação, promovendo a compreensão.

Tabela 6 – Avaliação de Similares. Fonte: autor.

Pode-se observar a partir da pesquisa e análise de Telemedidores similares que há um processo de evolução tanto nos materiais aplicados, quanto na estrutura. A grande vantagem dos produtos mais modernos é a possibilidade de utilizar o instrumento sem haste, além de um display com as informações suficientes, permitindo uma melhor adequação e confiabilidade ao operador (Tabela 6).

III.3.2. Referências análogas

Referências análogas aplicadas a um projeto de produto buscam de certa forma associar abordagens que não estão diretamente relacionados, mas que fazem algum sentido, ou seja, amplia-se o foco da pesquisa procurando analogias independentes para se justapor na geração de alternativas. De modo objetivo, referências análogas seriam inspirações para a criação de um produto. De acordo com Linsey, Wood e Makman:

Design by analogy is a powerful part of the design process across the wide variety of modalities used by designers such as linguistic descriptions, sketches and diagrams. We need tools to support people's ability to find and use analogies.¹⁵

Um exemplo seria a aplicação do mimetismo, que na natureza tem um significado de assemelhar as propriedades de um objeto, organismos ou ambientes para se camuflar de outros organismos ou atacá-los. “No design, o mimetismo se refere à cópia das propriedades dos objetos, organismos ou ambientes familiares para melhorar a usabilidade, agradabilidade, ou a funcionalidade de um objeto.” (MORAES, MONT'ALVÃO, 2012, p.156).

¹⁵ Design por analogia é um a poderosa parte do processo de desenho, entre uma larga variedade de modalidades usadas pelos designers, tais como descrição linguística, Sketches e diagramas. Precisamos de ferramentas para dar apoio às capacidades das pessoas para encontrar e usar analogias. – (J. S. Linsey, K. L. Wood e A. B. Markman, *Modality and Representation in Analogy*, 2008, p. 2, tradução própria)

Assim sendo, referências análogas procura por uma eficiência no momento da concepção do projeto. Pretende-se melhorar a usabilidade, funcionalidade e atratividade. As imagens a seguir, mostram algumas referências (Figura 20 à 28).



Figura 20 – Protótipo de um detector – Fonte: <http://designinterface.com/>



Figura 21 – Detector de gás – Fonte: www.gazit.co.il/



Figura 22 – Detector de metal – Fonte: www.ebay.com/



Figura 23 – Acessórios gopro – Fonte: <https://pt.shop.gopro.com>



Figura 24 – Google glass – Fonte: olhardigital.uol.com.br



Figura 25 – Estilete Safe Box Cutter – Fonte: www.fastcodesign.com/



Figura 26 – Coleira Kosoky – Fonte: <http://dog-milk.com/>



Figura 27 – Escada Telescópica – Fonte: www.laddersuk.net/



Figura 28 – Interface de controle – Fonte: www.synapse.com/

III.4. Dados Ergonômicos

O entendimento da ergonomia e da usabilidade no processo de criação de um produto é fundamental para que esse equipamento seja eficiente, eficaz e satisfatório. O projeto do redesign do Telemedidor requer atenção por ser um equipamento utilizado em ambientes e situações de risco, envolvendo a integridade física do usuário e até uma intimidação psíquica.

Acredita-se que é necessário ter em mente qual a abordagem ergonômica é mais indicada para o produto que está sendo desenvolvido, além de normas que se aplicam à algumas atividades de trabalho no ambiente nuclear. (NOGUEIRA, 2014).

A norma NBR ISO 9241-1 que trata da usabilidade, aplica-se nesse projeto para a compreensão do processo da utilização do Telemedidor pelos usuários.

A usabilidade significa eficiência, facilidade, comodidade e segurança no uso dos produtos, tanto no ambiente doméstico como no profissional. Inclui a facilidade de manuseio, adaptação antropométrica e biomecânica, compatibilidade de movimentos, fornecimento claro de informações, facilidades de navegação e demais itens de eficiência, conforto e segurança. (IIDA, 2016, p.258).

A ergonomia de produto aplicada no Telemedidor busca também a agradabilidade, visando proporcionar prazer estético e simbólico ao operador. Aspectos como, cores, materiais, texturas, formas, acabamentos e movimentos buscam evocar emoções na incorporação de um produto agradável. (IIDA, 2016).

Do ponto de vista ergonômico, todos os produtos, sejam eles grandes ou pequenos, simples ou complexo, destinam-se a fazer certas necessidades humanas e, dessa forma, direta ou indiretamente, entram em contato com o ser humano. Então, para que esses produtos funcionem bem em suas interações com os seus usuários, devem ter qualidade técnica, usabilidade e agradabilidade. (IIDA, 2016, p. 264).

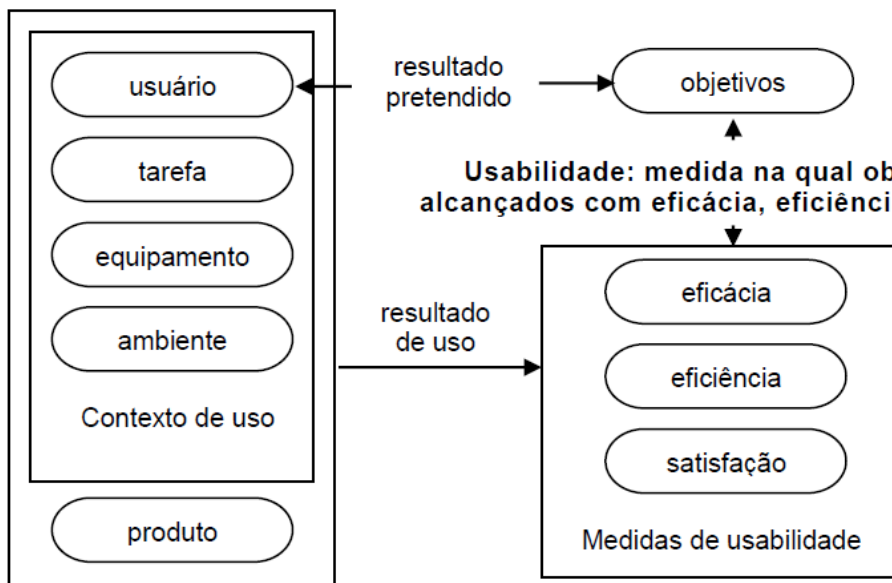


Figura 29 – Estrutura de Usabilidade – Fonte: NBR ISO 9241

O método organizacional da norma NBR ISO 9241-11, compreende a interação entre um produto, usuários, tarefas e ambiente buscando alcançar os objetivos e um uso amigável. (Figura 29).

III.4.1. Orientações sobre a usabilidade

A fim de selecionar o produto que atenda às expectativas dos usuários, as orientações sobre a usabilidade do Telemidador servirão para formular posteriormente uma qualificação através critérios de funcionalidade, estética e estrutura por meio de uma avaliação pessoal e de especialistas selecionados para analisarem as gerações de alternativas.

Planejar para usabilidade, como parte de um projeto e desenvolvimento de produtos, envolve uma identificação sistemática de requisitos para usabilidade, incluindo medidas de usabilidade e descrições verificáveis do contexto de uso. Estas fornecem metas de projeto que podem servir de base para a verificação do projeto resultante. (NBR ISO 9241-11, p. 4).

O usuário, tarefa, equipamento, ambiente e contexto do uso, são componentes relacionados que fazem parte da estrutura da usabilidade. O esquema a seguir (Tabela 7), especifica o que é necessário para compreender e avaliar posteriormente a usabilidade do Telemedidor:

USUÁRIOS	TAREFAS	EQUIPAMENTO	AMBIENTES
Pesquisador Técnico em radioproteção Agente das Forças Armadas	<ul style="list-style-type: none"> _ Interpretar unidades de medidas; _ Identificar grau de risco; _ Alertar sobre os riscos; _ Encontrar fonte radioativa; _ Averiguar local contaminado; _ Monitorar de modo rotineiro; _ Preparar equipamento para monitoração; _ Cuidar do equipamento; _ Transportar o equipamento; 	Telemedidor	Instalações nucleares: <ul style="list-style-type: none"> _ Usinas nucleares _ Centros de pesquisas nucleares; _ Reatores de pesquisa; _ Reatores de potência; Instalações radiativas: <ul style="list-style-type: none"> _ Hospitais e clínicas; _ Qualquer local que se transporte ou armazene material radioativo; _ Qualquer local suspeito de contaminação; _ Qualquer local que sediará um grande evento.

Tabela 7 – Estrutura da usabilidade do Telemedidor – Fonte: Autor

Além da visita técnica (Tópico III.2) e do estudo do público alvo (Tópico III.1) através de métodos de compreensão como tabela de personas, moodboard e matriz de sujeitos e ações, realizou-se uma entrevista no dia 27 de julho de 2016 ao Pesquisador da área de Radioproteção e Dosimetria do IEN (Instituto de Engenharia Nuclear) Marcos Vidal, com a finalidade de entender um pouco mais sobre o usuário que realiza atividades com o Telemedidor. (Anexo 4: Resumo da Entrevista).

A entrevista foi essencial para o entendimento das frustrações quanto a usabilidade, como por exemplo, a estrutura do equipamento ser complexa e fatigante, sobre a demanda da utilização e opiniões de novas ideias a implementar ao novo projeto.

A intervenção projetual do Telemedidor, levará em consideração os problemas projetuais relatados, tal qual intervirá na usabilidade do produto, além dos objetivos, requisitos e restrições. E a partir da geração de alternativas, disposto neste relatório no capítulo adiante, os usuários avaliarão os modelos através de critérios de usabilidade, como praticidade, confortabilidade, portabilidade, dimensionamento, confiabilidade, e outros, para que então se chegue à uma proposta de produto.

III.4.2. Detalhamento das tarefas

Entende-se que tarefa é um trabalho estabelecido, ou seja, é o trabalho que a pessoa deve seguir e realizar segundo as condições.

A tarefa corresponde, em primeiro lugar, a um conjunto de objetivos dado aos operadores, e a um conjunto de prescrições definidas externamente para atingir esses objetivos particulares. Conforme o caso, ela integra em maior ou menor grau a definição de modos operatórios, instruções e normas de segurança. Ela especifica as características do dispositivo técnico, do produto a transformar, ou do serviço a prestar, o conjunto de elementos a levar em conta para atingir os objetivos fixados. (F. Guérin et, al, 2001, p. 25).

Para que o entendimento do trabalho do usuário do Telemedidor fique ainda mais especificado ao leitor desse relatório, foi elaborado um storyboard (Figura 30) demonstrando o processo de utilização do produto.



Figura 30 – Storyboard – Fonte: Autor

III.5. Síntese de dados

A proposta de elaborar um novo projeto do Telemedidor, surgiu através do programa de Iniciação Científica (IC) diante um diálogo com o orientador e pesquisador nuclear Dr. Isaac Luquetti, sobre possíveis propostas de projetos a se fazer como TCC (Trabalho de conclusão de curso) e que pudesse estar relacionado a área nuclear.

A partir da oportunidade de projetar algo associado à tecnologia nuclear diante do consentimento do Instituto de Engenharia Nuclear (IEN), escolheu-se a orientadora de Desenho industrial, a professora Beany Guimarães para a orientação do Projeto de Graduação de Desenho Industrial (PGDI) juntamente a coorientação do especialista Isaac Luquetti.

Iniciou-se então, uma pesquisa sobre produtos utilizados por profissionais do campo nuclear e verificou-se que há uma grande demanda de operações que utilizam medidores de radiação em instalações nucleares e radiativas.

Através de análises iniciais sobre esses produtos, foi observado um instrumento diferente dos medidores, chamado Telemedidor, na qual a sua principal função é manter o operador afastado de uma fonte radioativa através de uma haste telescópica. Foi possível comparar dois modelos existentes no Instituto, um por eles (especialista do IEN) projetados e outro em uso, que foi obtido internacionalmente. Logo, notou-se que ambos não se preocupavam com a usabilidade do operador e não possuíam um design intuitivo.

Por conseguinte, foi feita uma pesquisa concisa para obter um entendimento sobre as necessidades do uso do produto em questão, em qual contexto ele se enquadrava, qual era a sua importância, quais as informações estariam associadas e quais conhecimentos precisariam ser abordados para um reprojeto.

Com uma pesquisa consolidada e uma visão de que o produto é relevante de modo a contribuir para a proteção do meio ambiente e do ser humano, é possível afirmar que projetos como esse no Brasil são quase inexistentes. A busca pelo conhecimento

específico de telemedidores similares só foi possível de ser averiguada em fontes estrangeiras.

Mesmo que o projeto de um novo Telemedidor se enquadre a um público muito específico, a importância de elaborar o seu redesign contribui para a inserção de um novo produto com tecnologia nacional, podendo ainda ser inovador para seus usuários.

As etapas posteriores desse projeto buscarão desenvolver alternativas que resolvam os problemas de ergonomia e usabilidade através de um conceito simples, porém eficiente, que proporcione confiabilidade e principalmente, possua um design prático e intuitivo. Ao final dos resultados, será solicitado a avaliação dos usuários para obter feedbacks e propor melhorias para o produto.

CAPÍTULO IV: DESENVOLVIMENTO E RESULTADO DO PROJETO

IV.1. Geração de Alternativas

A composição das figuras a seguir (Figura 31 e 32) representa uma série de sketches do produto que está sendo desenvolvido. Levou-se em consideração os similares analisados, formas análogas, as entrevistas com os especialistas, a ergonomia e usabilidade.

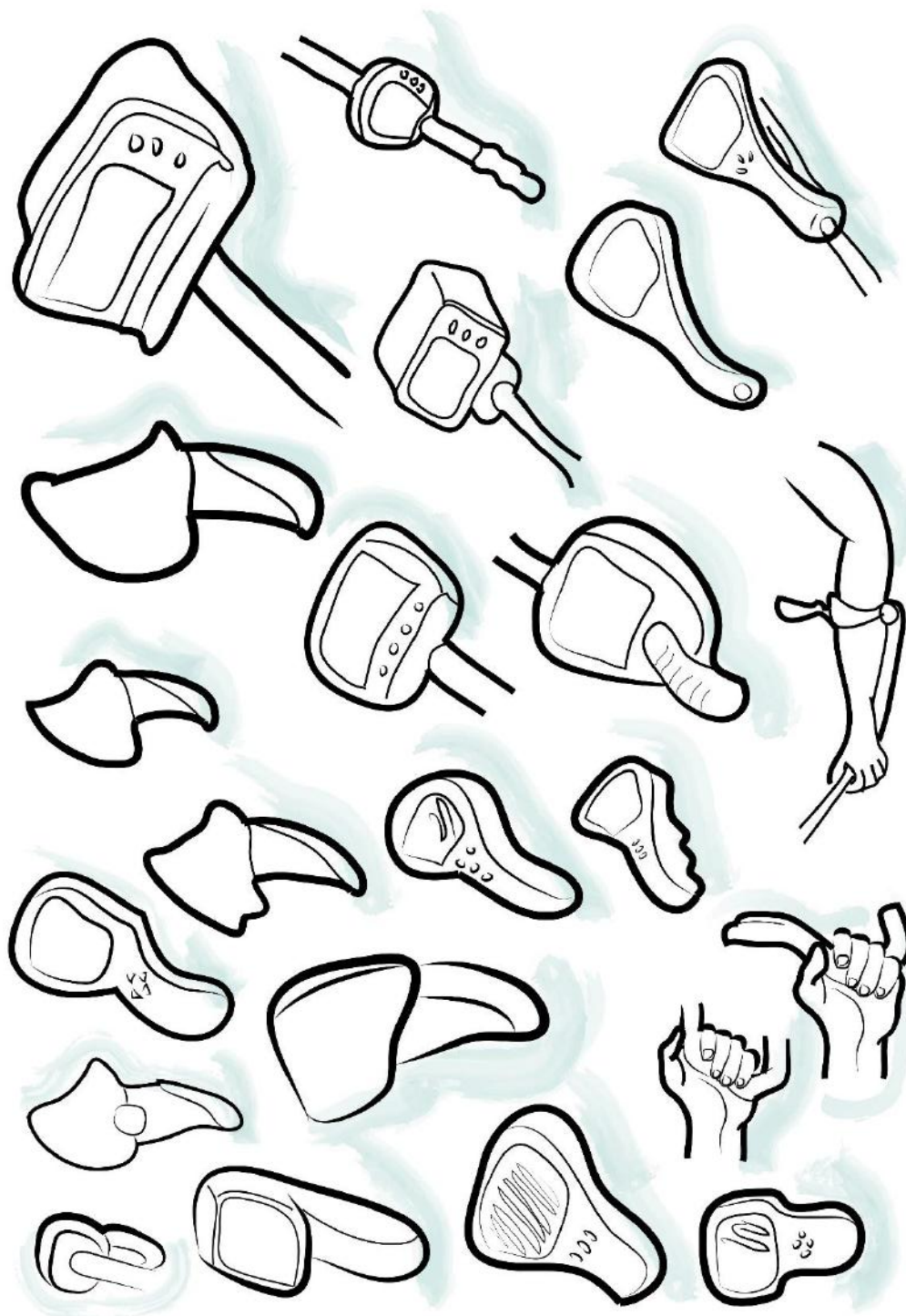


Figura 31 – Sketches – Fonte: Autor

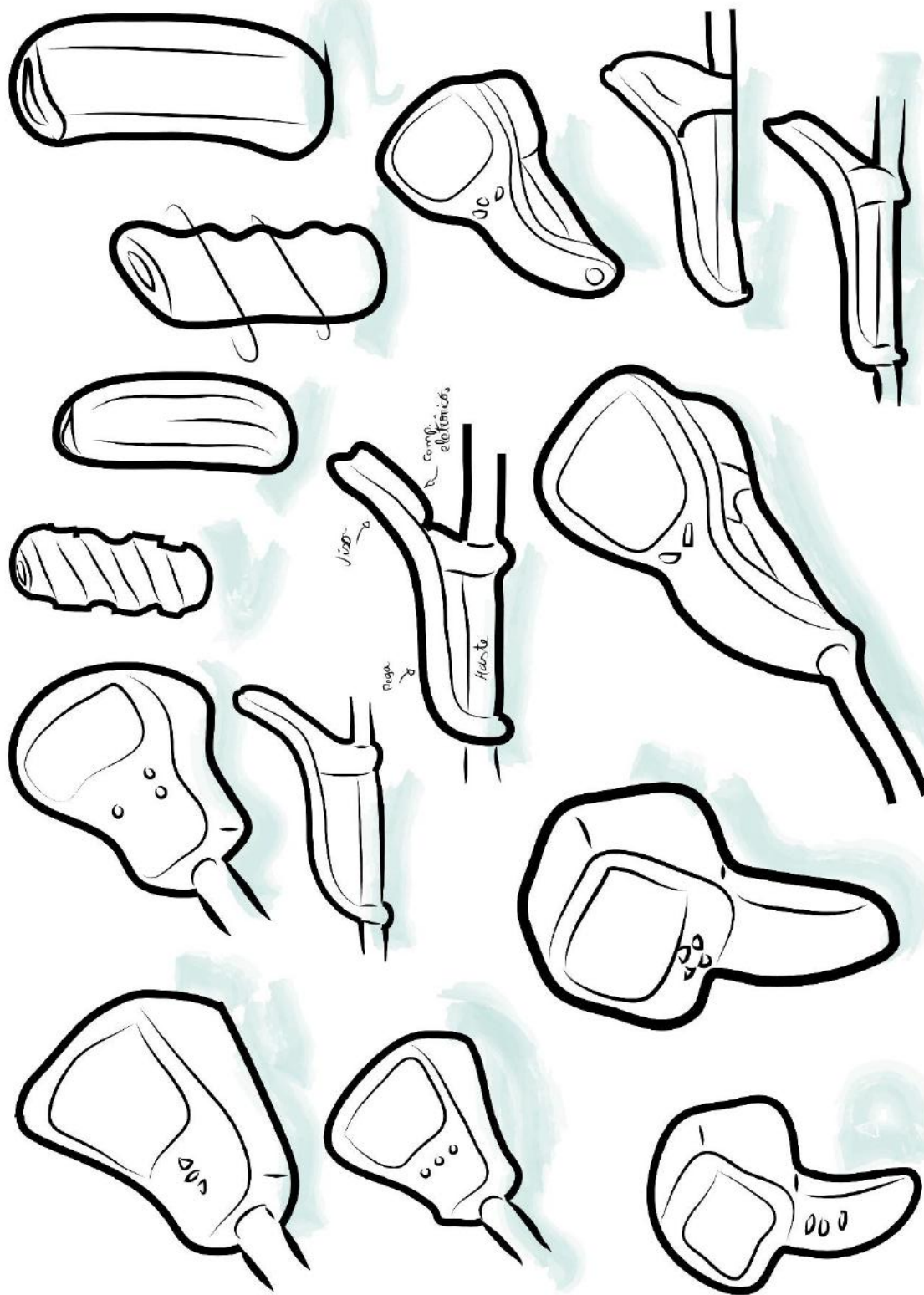


Figura 32 – Sketches – Fonte: Autor

A partir das ideias elaboradas através de esboços, foram modeladas algumas alternativas através de um software 3D, aperfeiçoando-a com um render. As figuras a seguir demonstram o processo de criação dessas alternativas. (Figura 33, 34 e 35)

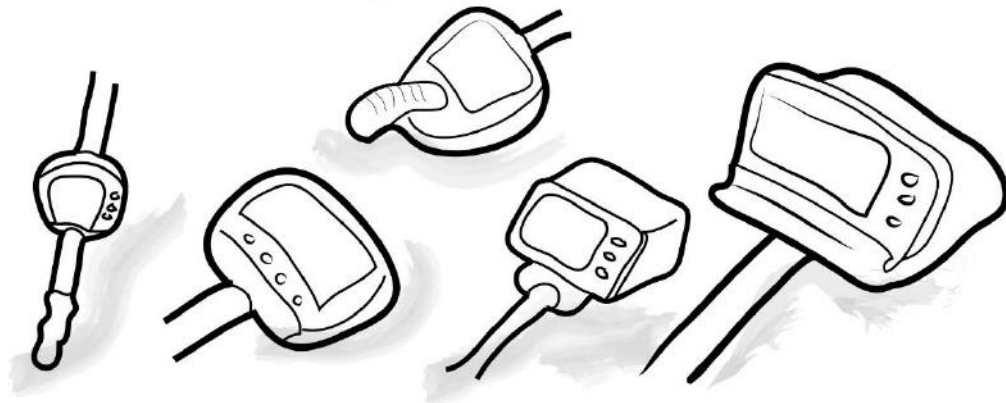


Figura 33 – Processo de criação – Fonte: Autor

Inspiração: Suportes e aparelhos eletrônicos.



Sketches



Alternativa renderizada

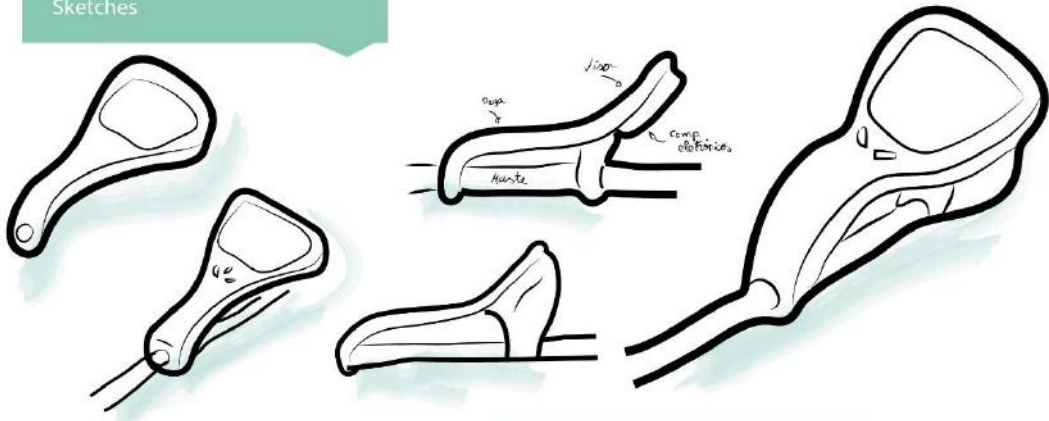


Figura 34 – Processo de criação – Fonte: Autor

Inspiração: Medidores e ferramentas



Sketches



Alternativa renderizada



Figura 35 – Processo de criação – Fonte: Autor

IV.1.1. Avaliação das Alternativas

Foram geradas quatro alternativas baseadas em sketches e analogias a outros produtos. A partir disso, para que algum desses modelos fossem construídos através de impressão 3D, levou-se em consideração o tempo projeto e custo de material para a elaboração do modelo. Sendo assim, realizou-se uma avaliação pessoal através de requisitos e seus respectivos critérios. São eles:

- **Funcionais:**

- ↳ Prático: diz respeito a capacidade do produto atender a uma necessidade de uso.
- ↳ Confortável: diz respeito a ergonomia do produto e transmite comodidade ao usuário a fim de melhorar a produtividade das atividades.

- **Estruturais:**

- ↳ Portátil: O critério de ser portátil significa ser facilmente manuseável e transportável.
- ↳ Dimensão: A dimensão do modelo está relacionada ao tamanho adequado do produto ao ser manuseado pelo usuário.

- **Estéticos:**

- ↳ Intuitivo: Cultivar padrões comuns a outros projetos. Relaciona-se a agradabilidade.
- ↳ Confiável: Proporcionar credibilidade e segurança ao usuário.
- ↳ Sucinto: O produto deve apresentar informações suficientes para o seu uso, o que facilita a realização das atividades e contribui a facilidade das operações e manuseio.

A tabela a seguir (Tabela 8) mostra o resultado da avaliação pessoal sobre os modelos virtuais gerados.




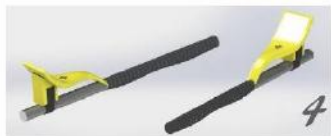
Alternativas geradas	Requisitos Avaliativos						
	Funcionais		Estruturais		Estéticos		
	Prático	Confortável	Portátil	Dimensão	Intuitivo	Confiável	Sucinto
	Atende	Não atende	Atende	Atende	Não atende	Não atende	Atende
	Atende	Não atende	Atende	Atende	Não atende	Não atende	Atende
	Atende	Atende	Atende	Não atende	Atende	Atende	Não atende
	Atende	Atende	Atende	Não atende	Atende	Atende	Atende
Atende aos requisitos	Modelo 1 = atende 57% dos requisitos		Modelo 3 = atende 71,4% dos requisitos				
Não atende aos requisitos	Modelo 2 = atende 57% dos requisitos		Modelo 4 = atende 85,7 % dos requisitos				

Tabela 8 – Requisitos avaliativos – Fonte: Autor

Os modelos 1 e 2 não suportariam uma haste telescópica em sua estrutura, interferindo na confortabilidade, intuição e confiabilidade do produto. Enquanto, os modelos na 3 e 4, possuem um tamanho superior e maior quantidade de informações, mas sua estrutura proporciona praticidade, confortabilidade, portabilidade, intuição, confiabilidade e precisão.

A partir de uma análise estatística a fim de selecionar dois modelos dentre quatro disponíveis para elaborar a construção tridimensional, foram aplicados estudos de quartil.

Uma análise estatística de uma amostra é fundamental para o resumo de informações do que se pretende selecionar. Essas informações são utilizadas para tomadas de decisões e formação de modelos estatísticos paramétricos. Quartis são valores dados a partir do conjunto de observações ordenados. (Disponível em: < www.portalaction.com.br/estatistica-basica/23-quartis>. Acesso em 16 de outubro de 2016).

1º Quartil = quartil inferior, representa 25% de uma amostra.

2º Quartil = quartil mediano, representa 50% de uma amostra.

3º Quartil = representa 75% de uma amostra.

(Disponível em: < www.portalection.com.br/estatistica-basica/23-quartis>. Acesso em 16 de outubro de 2016).

Os modelos 3 e 4 possuem respectivamente cinco e seis critérios positivos, representam valores aproximados aos 75% de uma amostra de sete critérios. Sendo assim, esses modelos ficaram aptos, atendendo mais aos requisitos avaliativos a serem elaborados através de uma impressora 3D para estudos otimizados.

IV.1.2. Alternativas impressas

A finalidade da construção dos modelos é que a partir de uma avaliação da usabilidade aplicada a especialistas do Instituto de Engenharia Nuclear, um dos modelos possa ser classificado como aquele que mais atenda às necessidades do usuário.

Diante as alternativas aptas a serem impressas, a sequência de figuras (Figura 36 e 37) a seguir apresenta o processo de construção dos modelos.



Figura 36 – Processo de prototipagem - Fonte: Autor



Figura 37 – Processo de montagem – Fonte: Autor

Os modelos foram construídos através de uma impressora 3D do Instituto de Engenharia Nuclear. O filamento utilizado na impressão foi o PLA (Ácido Poliático). A montagem e acabamento também foram realizados nas oficinas do IEN.

IV.1.3. Alternativa Promissora

Para que se defina o modelo que mais atenda aos critérios do usuário, foi desenvolvida uma ficha de avaliação (Anexo 5: Ficha de avaliação) da usabilidade dos modelos elaborados (Modelo1 e Modelo 2 – Figura 38 e 39) a partir de uma série de critérios dispostos na escala likert de cinco pontos, e que foram respondidos por doze usuários do Instituto de Engenharia Nuclear (IEN). Com a apuração dos resultados (tabela 9), através do somatório dos níveis de satisfação, pôde-se definir o modelo.

MODELO 1

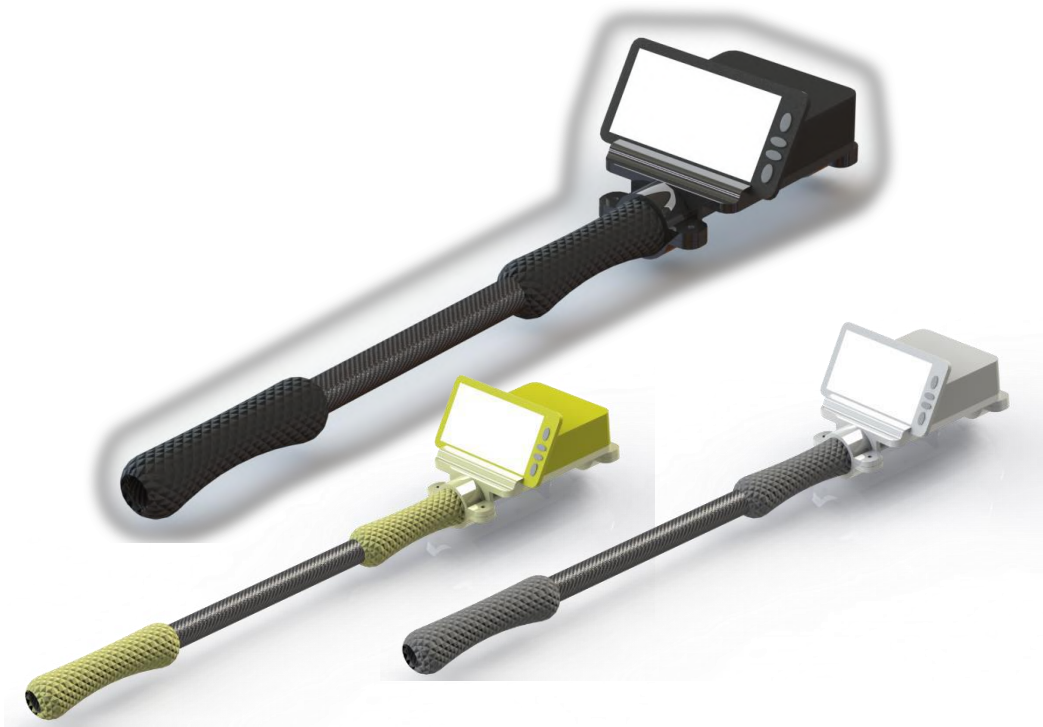


Figura 38 – Modelo 1 – Fonte Autor

MODELO 2



Figura 39 – Modelo 2 – Fonte Autor

Apuração da avaliação da usabilidade dos modelos gerados

Critérios.	Modelo 1		Modelo 2	
	Níveis de satisfação	Total	Níveis de satisfação	Total
Praticidade	Péssimo	0	Péssimo	0
	Ruim	0	Ruim	0
	Regular	0	Regular	0
	Bom	7	Bom	1
	Muito Bom	5	Muito Bom	11
Confortabilidade	Péssimo	0	Péssimo	0
	Ruim	0	Ruim	0
	Regular	2	Regular	1
	Bom	9	Bom	1
	Muito Bom	1	Muito Bom	10
Portabilidade	Péssimo	0	Péssimo	0
	Ruim	0	Ruim	0
	Regular	2	Regular	2
	Bom	3	Bom	1
	Muito Bom	7	Muito Bom	9
Dimensão	Péssimo	0	Péssimo	0
	Ruim	0	Ruim	0
	Regular	0	Regular	0
	Bom	5	Bom	2
	Muito Bom	7	Muito Bom	10
Intuitivo	Péssimo	0	Péssimo	0
	Ruim	0	Ruim	0
	Regular	1	Regular	1
	Bom	4	Bom	1
	Muito Bom	7	Muito Bom	10
Confiável	Péssimo	0	Péssimo	0
	Ruim	0	Ruim	0
	Regular	1	Regular	1
	Bom	3	Bom	4
	Muito Bom	8	Muito Bom	7
Sucinto	Péssimo	0	Péssimo	0
	Ruim	0	Ruim	0
	Regular	2	Regular	0
	Bom	6	Bom	1
	Muito Bom	4	Muito Bom	11

Tabela 9 – Apuração dos resultados – Fonte: Autor

O nível de satisfação “Muito Bom” que for registrado em maior quantidade, interferirá na escolha dos modelos gerados, representando uma condição de aceitação. De acordo com a apuração da avaliação da usabilidade dos modelos gerados (somatório dos níveis de satisfação), o modelo 2 destacou-se mais do que o modelo 1, como pode ser observado na tabela o nível “Muito Bom”. Sendo assim, o modelo 2 foi a alternativa gerada que mais atendeu aos critérios e satisfação dos usuários segundo a escala likert de cinco pontos.

Levou-se em consideração a partir da ficha de avaliação, as observações relatadas pelos usuários entrevistados.

Perfil dos usuários entrevistados e suas observações:

Usuário 1

Nome: André P.

Idade: 67 anos

Sexo: Masculino

Função: Servidor da manutenção

Tempo na função: +/- 45 anos

Formação: Ensino Superior

Observações Relatadas: “ A facilidade de realizar as atividades no modelo 2 é maior do que no modelo 1. A confiabilidade no modelo 1 apresenta maior e mais resistente do que o modelo 2. O design de ambos são bons. No geral, observar sempre a facilidade de manutenção”.

Usuário 2

Nome: Isaac Luquetti

Idade: 59 anos

Sexo: Masculino

Função: Tecnologista

Tempo na função: 32 anos

Formação: Ensino Superior

Observações Relatadas: “ Considerar uma empunhadura a mais no modelo 2 a baixo da pega dos botões. “

Usuário 3

Nome: Mauro Vitor de Oliveira

Idade: 59 anos

Sexo: Masculino

Função: Tecnologista

Tempo na função: 33 anos

Formação: Ensino Superior

Observações Relatadas “ Melhorar a haste extensível das sondas para que possa ser ajustada em qualquer posição, não somente na posição totalmente estendida.

Colocar uma alça nos modelos para facilitar o seu transporte.

Reposicionar os botões do modelo 1 para que possam ser acionados sem necessidade de retirar a mão do cabo da empunhadura. “

Usuário 4

Nome: Jorge José de Oliveira

Idade: 63 anos

Sexo: Masculino

Função: Técnico em eletrônica

Tempo na função: 29 anos

Formação: Ensino Médio

Observações Relatadas: - Sem observações-

Usuário 5

Nome: José Carlos Soares de Almeida

Idade: 62 anos

Sexo: Masculino

Função: Tecnologista

Tempo na função: 37 anos

Formação: Ensino Superior

Observações Relatadas: - Sem observações-

Usuário 6

Nome: Marcos Santana Farias

Idade: 45 anos

Sexo: Masculino

Função: Tecnologista

Tempo na função: 21 anos

Formação: Ensino Superior

Observações Relatadas: “ Os dois modelos estão excelentes. A extensão da haste eu considerei também de muita facilidade, embora eu concorde que tenha de ter uma trava para só se estender quanto o usuário desejar. “

Usuário 7

Nome: Wagner Chaves Costa

Idade: 50 anos

Sexo: Masculino

Função: Técnico em eletrônica

Tempo na função: 20 anos

Formação: Ensino Superior

Observações Relatadas: “Um sistema que permita que o equipamento fique com o visor para cima quando apoiado em alguma superfície, evitando que fique tombando para os lados.

Um sistema que possibilite regular a angulação horizontal do display para todo o tipo de usuário, destro ou canhoto. Modelo 1 – uma trava para o encaixe do display, evitando que o mesmo saia ao virar o equipamento. Modelo 2 – Arredondar o local destinado a empunhadura, facilitando a sua pega; botões são melhores do que uma tela touch, isso facilitaria o trabalho da manutenção, além de ser um utensílio fácil de se trocar”.

Usuário 8

Nome: Guilherme Dutra Gonzaga Jaime

Idade: 39 anos

Sexo: Masculino

Função: Tecnologista

Tempo na função: 6 anos

Formação: Ensino Superior

Observações Relatadas: “ O Modelo 1 pode gerar dificuldades de uso para canhotos; Uma ideia que pode facilitar a leitura de dados e o manuseio dos botões seria posicionar a caixa eletrônica e a tela mais próximos do usuário. “

Usuário 9

Nome: Marcos Aurélio da Silva Wendhausen

Idade: 47 anos

Sexo: Masculino

Função: Técnico em eletrônica

Tempo na função: 20 anos

Formação: Ensino Superior

Observações Relatadas: “ O modelo 1 é mais conservador e aparenta mais confiabilidade, porém os botões poderiam ser no meio, facilitando o uso de destros e canhotos.”

Usuário 10

Nome: Cláudio Henrique dos Santos Greco

Idade: 50 anos

Sexo: Masculino

Função: Tecnologista Sênior

Tempo na função: 20 anos

Formação: Ensino Superior

Observações Relatadas: - Sem observações –

Usuário 11

Nome: Marcos V. S. Vidal

Idade: 40 anos

Sexo: Masculino

Função: Pesquisador

Tempo na função: 11 anos

Formação: Ensino Superior

Observações Relatadas: “ Evitar materiais porosos, como alça têxtil; E verificar ajusta da haste extensível, para que fique mais firme. “

Usuário 12

Nome: Andréa Couto de Carvalho

Idade: -

Sexo: Feminino

Função: Técnica em Química

Tempo na função: 31 anos

Formação: Ensino Superior

Observações Relatadas: “ Destaco a praticidade do equipamento no monitoramento de frestas e espaços de difícil acesso. “

A participação do usuário é essencial para o desenvolvimento do projeto e para isso ferramentas do design estão sendo utilizadas integralmente para que se obtenha resultados positivos durante o progresso dos estudos. Sendo assim, as observações relatadas na ficha de avaliação da usabilidade do modelo intervirão nos ajustes e melhorias nas etapas adiante do projeto do produto do Telemedidor.

IV.1.3. Melhorias e produto final

As figuras a seguir detalham os requisitos definidos anteriormente e as melhorias do produto baseada nas avaliações registradas dos usuários.

- Espaço para a saída do sinal sonoro emitido pelo componente buzzer. (Figura 40)

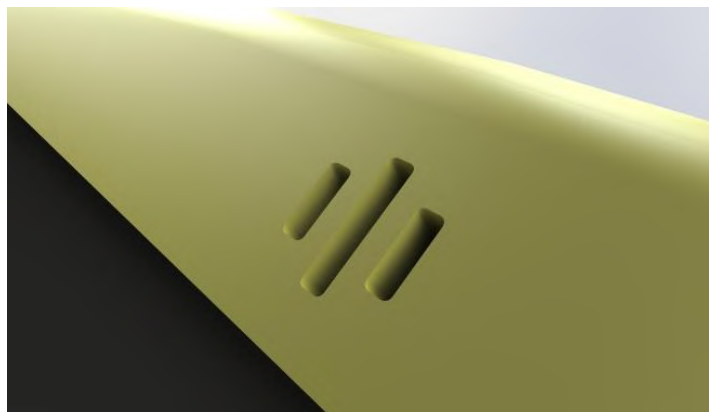


Figura 40 – Saída para sinal sonoro. Fonte: Autor

- O Led verde indica que a taxa de exposição à radiação não é arriscada, enquanto o Led vermelho indica a taxa de exposição à radiação atingiu o seu limite, ou seja, o local está altamente contaminado (Figura 42).



Figura 41 – Representação dos LEDs. Fonte: Autor

- A entrada USB tem a função de alimentar a bateria do equipamento (Figura 43).

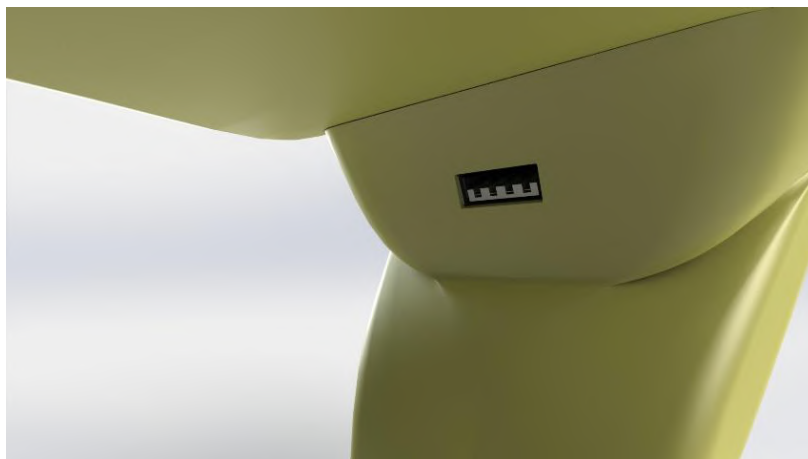


Figura 42 – Representação da entrada USB. Fonte: Autor

- A escolha dos botões se deu pela preferência dos usuários ao avaliarem o modelo. A aplicação de um sistema touch dificultaria a manutenção, uma vez que botões são fáceis de serem trocados e algumas atividades requerem o uso de luvas, sendo mais prático o manuseio através de uma botoeira. A presença de poucos botões, também deixa a atividade mais intuitiva a ser realizada. Inculiu-se ao equipamento 4 botões (1 botão para o acionamento, desligamento e seleção de escolhas; 2 botões para navegar nas opções e estabelecer o nível sonoro; e 1 botão para os ajustes (Figura 44).



Figura 43 – Representação dos botões de controle. Fonte: Autor

- Os sistemas de encaixes consistem em guias elaboradas na concepção do equipamento, como sobressaltos, recuos e pinos de guia, além de parafusos para reforçar as junções das partes. De acordo com os relatos obtidos de alguns usuários durante a avaliação do modelo, a presença de parafusos facilita satisfatoriamente o trabalho da manutenção do equipamento, para eles representam pontos de referência para a desmontagem do produto. (Figura 45).

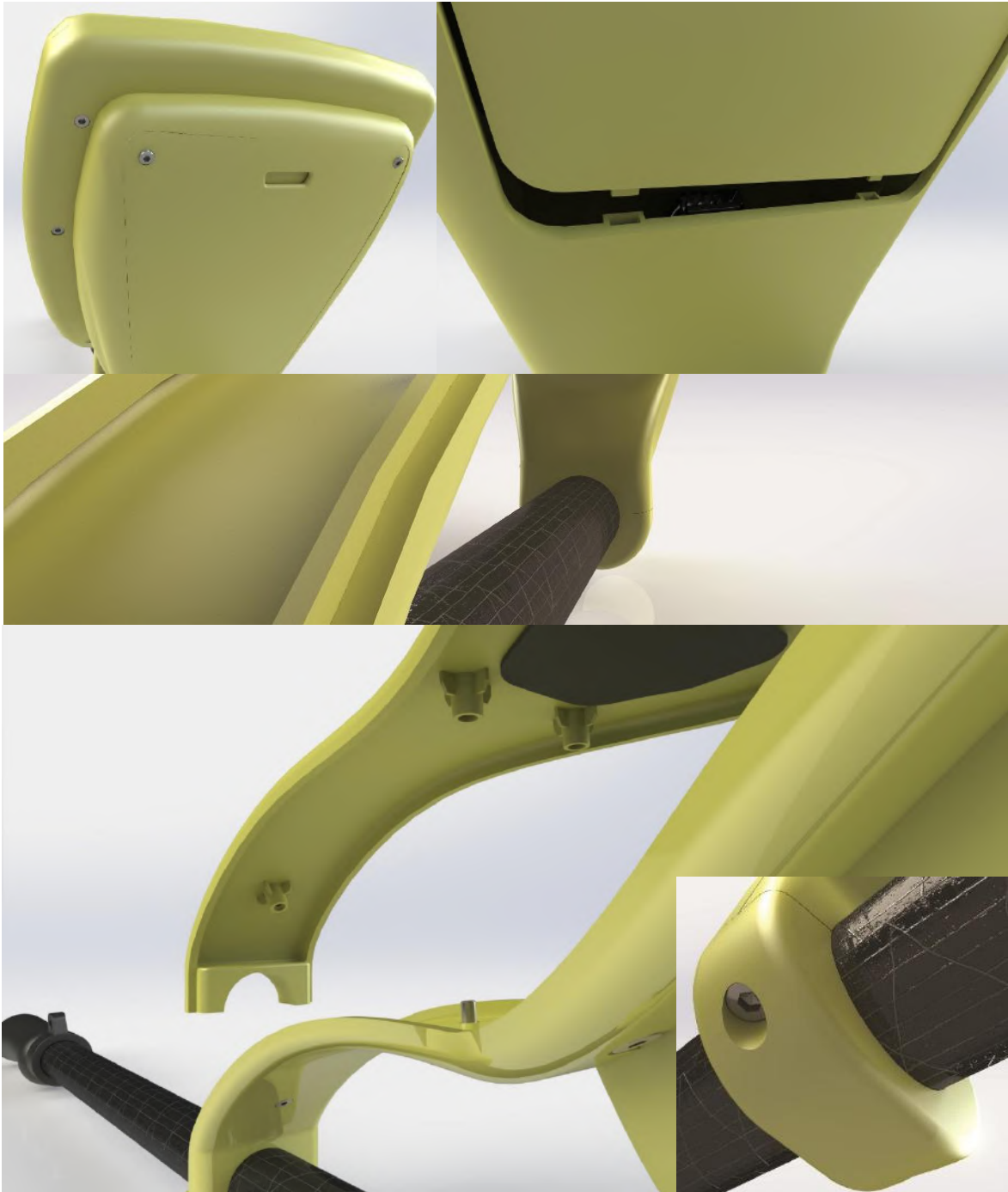


Figura 44 – Representação do sistema de encaixes. Fonte: Autor

- O detector Geiger é protegido por uma cápsula cônica localizada ao final da haste telescópica (Figura 46).

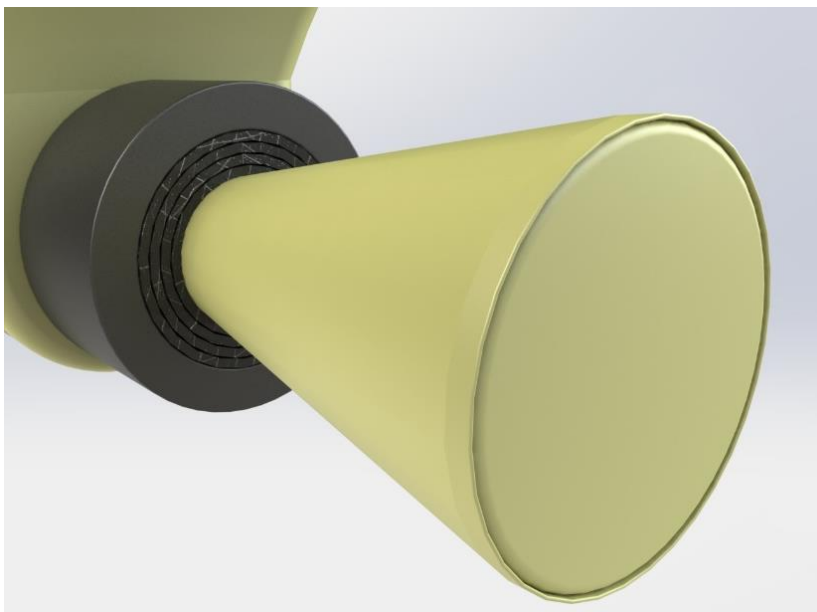


Figura 45 – Representação da cápsula de proteção do Detector Geiger. Fonte: Autor

- O revestimento com película de borracha antiderrapante na pega do Telemedidor Dectec, ajudará no melhor manuseio para as operações de controle. (Figura 47).

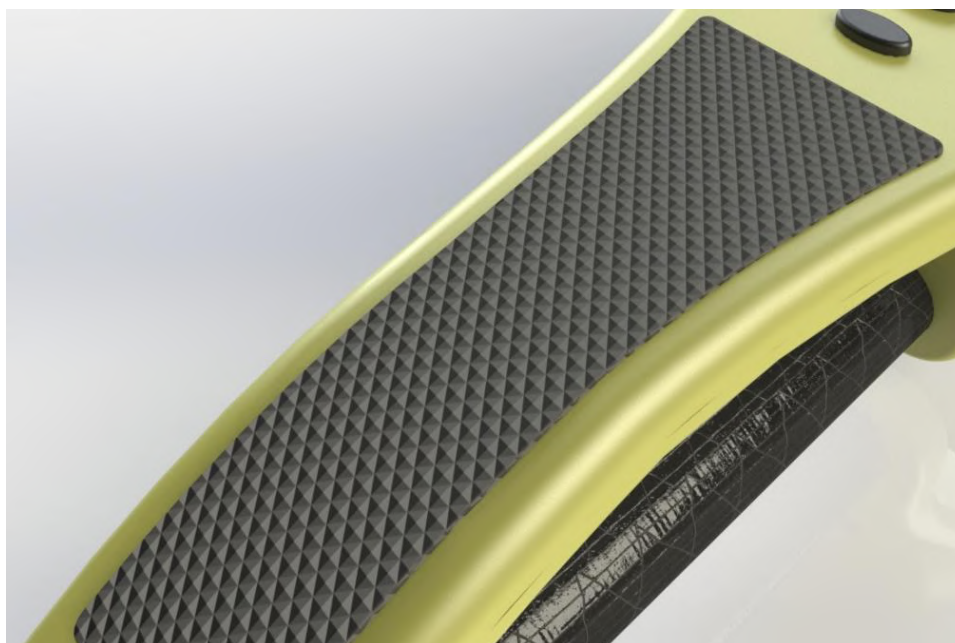


Figura 46 – Representação da pega antiderrapante. Fonte: Autor

- A pega grosseira do Telemedidor Dectec é constituída por um manípulo que se adequa a pegada da mão, deixando-a confortável (Figura 48).



Figura 47 – Representação do manípulo. Fonte: Autor

- O Telemididor Dectec contém um componente de suporte à alça. Este artefato é opcional para o usuário (Figura 49).

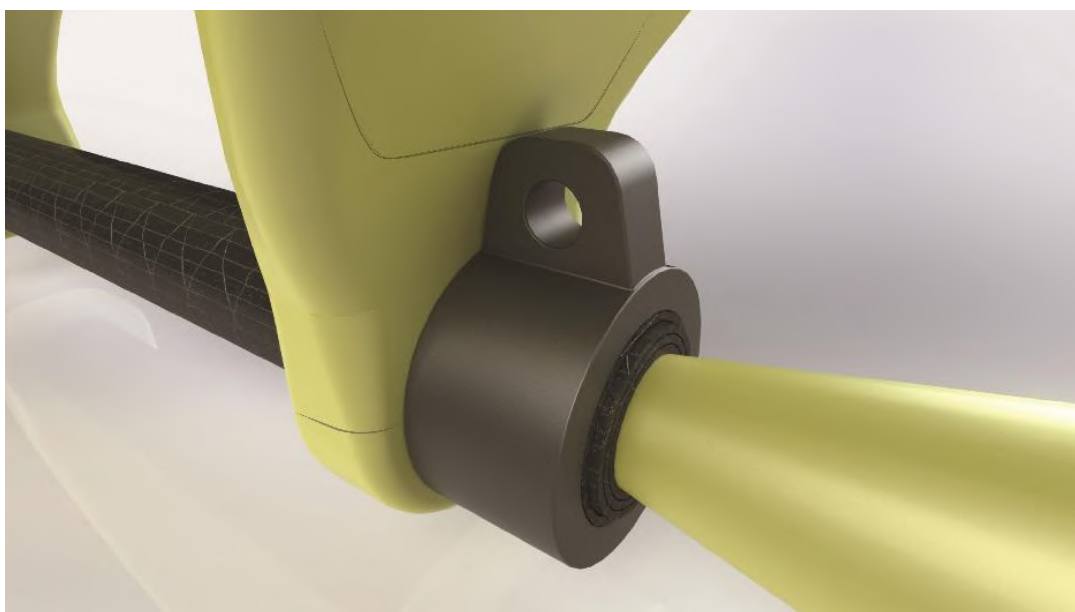


Figura 48 – Representação do suporte da alça. Fonte: Autor

- A haste telescópica possui 3 metros seccionados sobre 5 tubos de fibra de carbono (Figura 50).

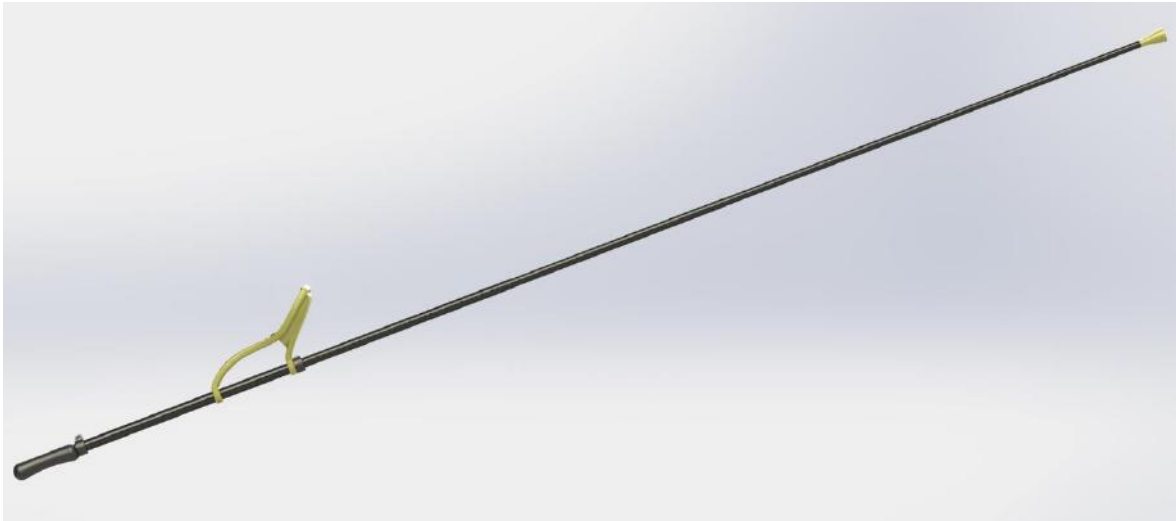


Figura 49 – Representação da haste telescópica. Fonte: Autor

- Optou-se pela cor preto e amarelo para o Telemididor Dectec, por serem cores do símbolo da radiação. O Trifólio representa o símbolo internacional indicativo da presença de radiação ionizante, com a qual labutam os profissionais das técnicas radiológicas¹⁶ (Figura 51).

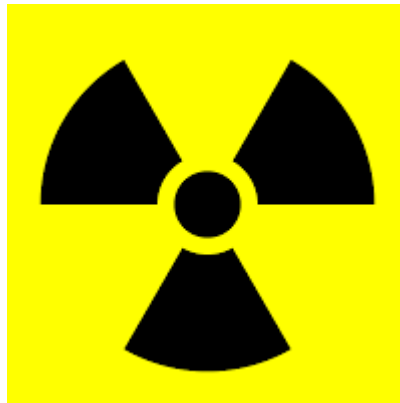


Figura 50 - Trifólio, símbolo da radiação. Fonte: <http://conhecerparadebater.blogspot.com.br/>

¹⁶ Disponível em: < http://conter.gov.br/site/nossos_simbolos>. Acesso em 20 de janeiro de 2017.

Apresentação do modelo virtual (Figura 51).



Figura 51 – Representação do modelo virtual do Telemidador Dectec. Fonte: Autor

A figura a seguir representa a vista explodida dos componentes do Telemedidor (Figura 52).

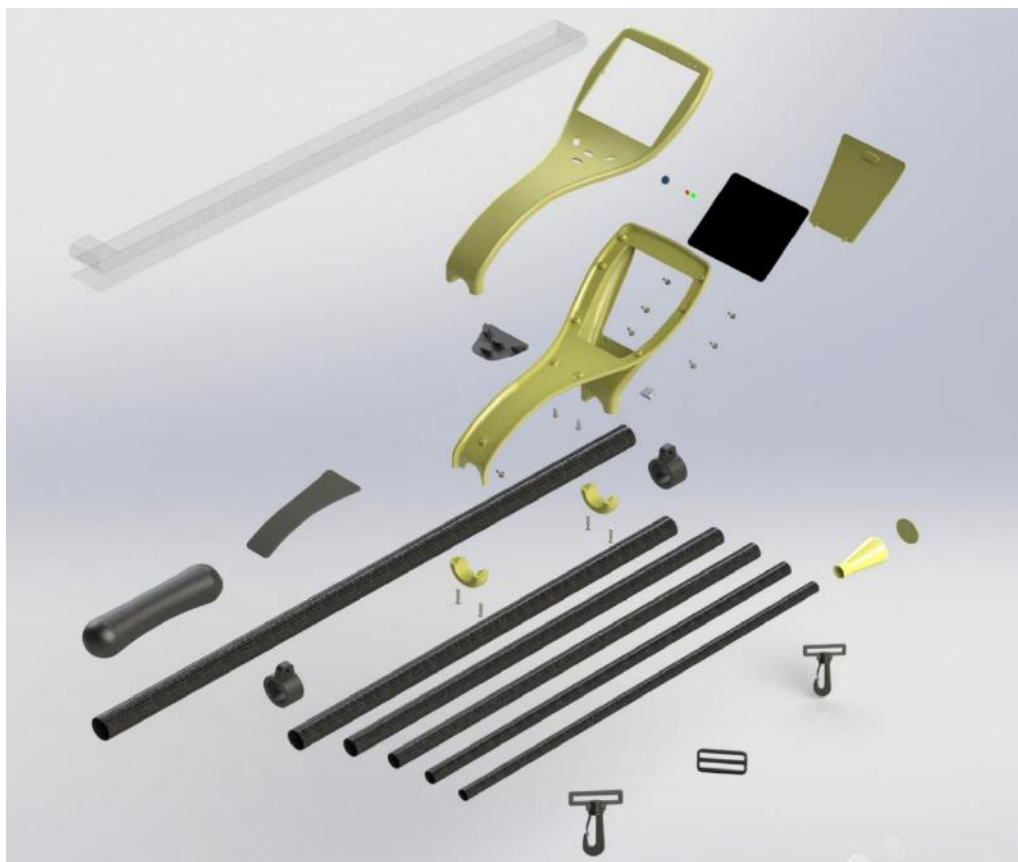


Figura 52 – Vista explodida do Telemedidor Dectec. Fonte: Autor

IV.1.4. Itens de série

Fazem parte dos itens de série do Telemedidor Dectec os seguintes componentes:

- **Tubos de Fibra de Carbono:**

Os tubos de fibra de carbono representam a haste extensível do Telemedidor Dectec. Eles podem ser encontrados facilmente no mercado com variados tamanhos e formatos. As formas mais comuns de perfil tubular de fibra de carbono são quadradas, retangulares e circulares¹⁷. Existem ainda, os perfis circulares com uma pequena conicidade, sendo este o ideal para hastes retráteis pelo fato de travar as sessões tubulares ao ser estendida.

A Excel Composites é um exemplo de empresa que vendem variados tubos de fibra de carbono. <www.exelcomposites.com/en-us/english/products/tubes/conicaltubes.aspx>.

¹⁷ Disponível em: < www.itraxcomposites.com.br/itrax/tubos-em-fibra-de-carbono/>. Acesso em 20 de janeiro de 2017.

De acordo com a Itrax Composites¹⁸, tubos em fibra de carbono podem substituir facilmente os de aço e alumínio. Em muitos casos, um tubo em fibra de carbono pode pesar 1/3 de um tubo de alumínio e ainda ter as mesmas ou melhores propriedades mecânicas.

A haste telescópica do Telemididor Dectec possui 3 metros, contendo 5 seções tubulares (Figura 53).

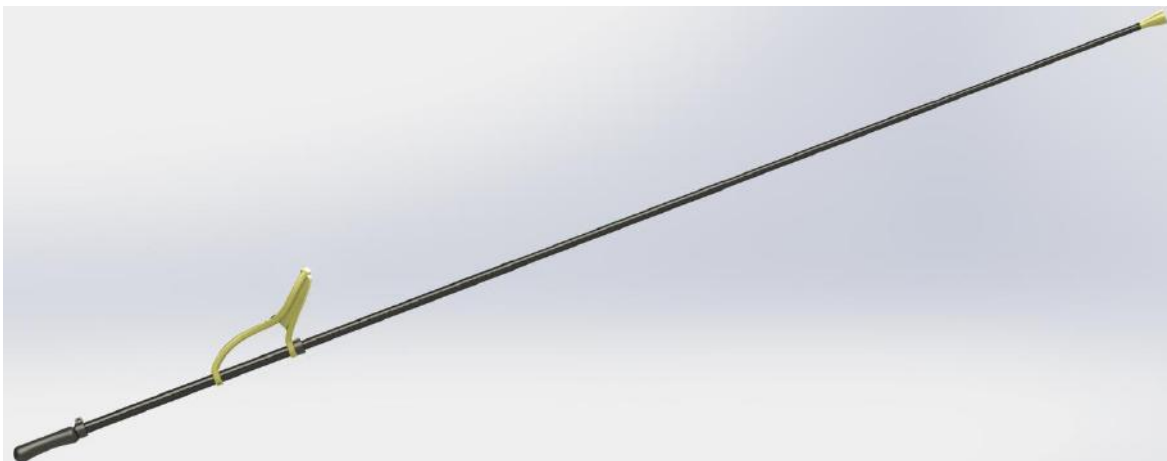


Figura 53 – Haste telescópica do Telemididor Dectec. Fonte: Autor

- **Alça e seus adaptadores:**

Optou-se pela alça de PVC (Policloreto de Vinila) transparente pois o uso de algum material têxtil poderia ser contaminado facilmente. As alças são provenientes do rolo de PVC semi-rígido (Figura 54) e é um item acessível. Acrescenta-se a este acessório os gachos e regulador da alça (Figura 55), que também são componentes facilmente de serem encontrados, seu material é o polímero Poliacetal (POM).



Figura 54 – PVC semi-rígido em bobinas. Fonte: <http://www.embalagensflexiveis.com>

¹⁸ Disponível em: < www.itraxcomposites.com.br/itrax/tubos-em-fibra-de-carbono/>. Acesso em 20 de janeiro de 2017.



Figura 55 – Componentes da alça. Fonte: www.caetex.com.br/

- **Parafusos:**

Os parafusos são os itens utilizados para a fixação e união de parte das peças do Telemidador Dectec. Propôs-se a utilização do modelo Allen M3 com 8mm e 16mm de comprimento (Figura 56).



Figura 56 – Parafuso Allen M3 – Fonte: mercadolivre.com.br

- **Leds:**

É necessário equipar o Telemidador com 1 LED (Diodo emissor de Luz) vermelho e 1 LED verde, e ambos com 3mm de diâmetro (Figura 57).



Figura 57 – Leds – Fonte: www.worldcompcomponentes.com.br

- **Buzzer:**

Buzzer é um componente eletrônico que é composto por 2 camadas de Metal e uma terceira camada interna de cristal Piezoeléctrico, de material polimérico ABS (Acrilonitrila butadieno estireno), este componente recebe uma fonte de energia e através dela emite uma frequência sonora. (CORREA, 2015)¹⁹

¹⁹ CORREA, Gunnar. **Beep usando Buzzer**. 2015. Disponível em: < <https://www.satellasoft.com/?materia=beep-usando-buzzer-com-arduino>>, Acesso em 20 de janeiro de 2017.

O Buzzer (Figura 58) indicará no Telemedidor o grau de risco da taxa de exposição à radiação. Se houver um sinal de alarme contínuo, significa que o nível de alarme foi atingido, ou seja, o local está altamente contaminado. Deve conter 1 buzzer no Telemedidor.



Figura 58 – Buzzer – Fonte: <http://shallowsky.com/arduino/class/buzzer.html>

- **Entrada USB:**

O conector USB do tipo fêmea servirá tanto para a alimentação do equipamento quanto para a troca de dados para um PC. Propõe-se a utilização de 1 conector USB (Figura 59).



Figura 59 – Conector USB – Fonte: www.eletródex.com.br/conector-usb-femea-smd-com-trava.html

- **Bateria:**

Recomenda-se o uso de 1 bateria recarregável do tipo íon de Lítio. Essas baterias são compactas, pequenas e são comumente utilizadas em equipamentos eletrônicos portáteis (Figura 60).



Figura 60 – Bateria de Íon de Lítio – Fonte: <http://portuguese.tacbattery.com/>

- **Display:**

Propõe-se que o display do Telemididor Dectec seja uma tela de LCD (Figura 61) acrescentada de uma película anti-reflexo no qual o material seja de Poliéster.(Figura 62).

Os LCD são formados por um material denominado cristal líquido. As moléculas compostas nesse material são distribuídas entre duas laminas transparentes polarizadas. As moléculas de cristal líquido possuem a função de orientar a luz. A base da iluminação da tela LCD é a luz fornecida por uma lâmpada CCFL ou mesmo um conjunto de LEDS. Nas telas policromáticas, cada pixel da imagem é formado por um grupo de três pontos, ou seja, vermelho, verde e azul. Ao olhar ou mesmo tocar em uma tela LCD não percebemos que ela possui múltiplas camadas sobrepostas que formam as imagens. (POZZEBON, Rafaela. 2015)

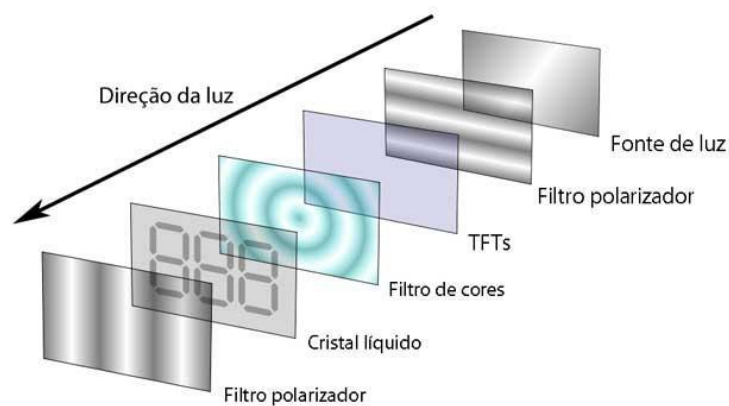


Figura 61 – Estrutura de um LCD – Fonte: www.oficinadanet.com.br/



Figura 62 – Película Anti-reflexo – Fonte: www.matecki.com.br/peliculas

- **Microcontrolador:**

Trata-se de um microprocessador em um só circuito integrado (Figura 63).

Um microcontrolador é basicamente um computador em um chip, podendo conter todos os itens como processador, memória ROM, memória RAM, periféricos de entrada/saída, Conversor Analógico/Digital, módulos wi-fi, bluetooth e outros. O microcontrolador pode ser programado para diversas funções, mas faz apenas aquilo que está em seu programa. Disponível em < <http://blog.novaeletronica.com.br/qual-diferenca-entre-microprocessador-e-microcontrolador/>>. Acesso em 22 de janeiro de 2017.

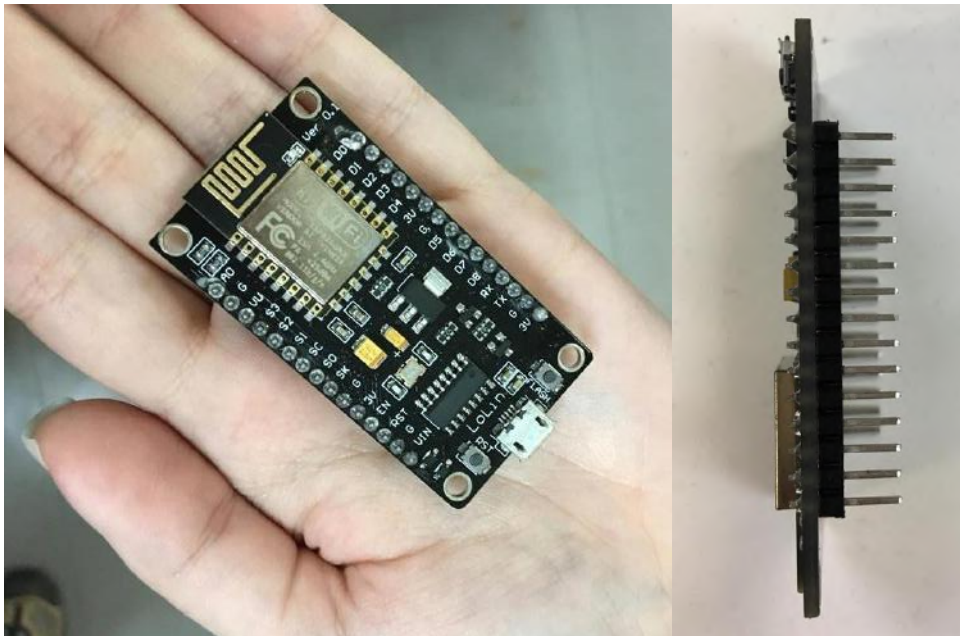


Figura 63 – Microcontrolador com módulo Wi-fi integrado – Fonte: Autor

Não se optou pelo uso de um Arduino, pois este possui uma tecnologia open-source²⁰, ou seja, é uma plataforma que adota um hardware de forma aberta, sem patentes, e seu projeto pode ser recriado de diferentes formas. Portanto, esse componente implicaria em uma possível patente do Telemidador, uma vez que, não se poderia mudar a sua programação por ser um equipamento de segurança.

²⁰ Disponível em: < <http://link.estadao.com.br/noticias/geral,esse-tal-de-arduino,10000036492>>. Acesso em 22 de janeiro de 2017.

- **Detector Geiger:**

É o componente tubular essencial para a detecção da radiação. Existem receptores Geiger de variadas formas e tamanhos disponíveis (Figura 64). Propõe-se a utilização de um Tubo Geiger pequeno capaz de detectar radiação Gama e Beta para ser fixado na cápsula de proteção do Telemedidor Dectec.



Figura 64 – Diferentes tubos Geiger – Fonte: www.Indinc.com/products/category/34/

O tubo Geiger-Müller é uma câmara metálica cilíndrica no eixo da qual é tendido um fino fio metálico, é enchido por um gás a baixa pressão. Entre o eletrodo central e o corpo do cilindro é aplicada uma fonte de alta tensão, dessa maneira, faz com que o eletrodo central se torne um ânodo (carga elétrica positiva) e o corpo do cilindro um cátodo (carga elétrica negativa). Para completar a estrutura do contador, há um circuito elétrico conectado ao eletrodo central, responsável por transformar a contagem dos elétrons em sinal elétrico. Disponível em: <radiologia.blog.br/fisica-radiologica/contador-geiger-entend-como-o-detector-funciona>. Acesso em 22 de janeiro de 2017. (Figura 65).

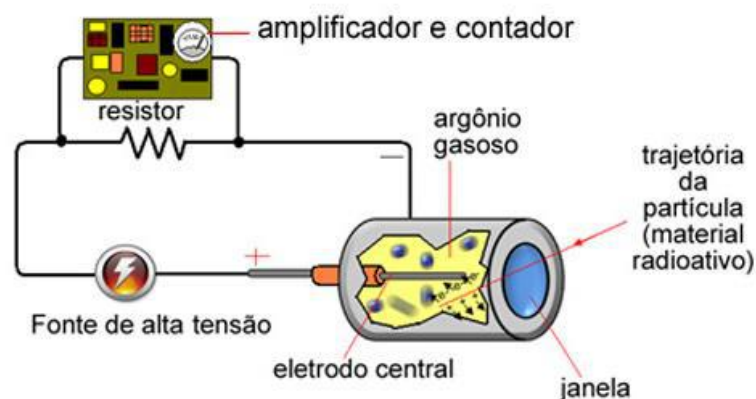


Figura 65 – Esquema de funcionamento do Tubo Geiger –
Fonte: <http://alunosonline.uol.com.br/quimica/como-funciona-contador-geiger-muller.html>

IV.2. Materiais e Processos de Fabricação

O material analisado no primeiro Telemedidor do IEN era o fator que mais influenciava na questão do peso do produto de acordo com a análise pessoal realizada durante a visita técnica e nas observações dos usuários entrevistados. O equipamento de 1980 havia uma estrutura basicamente metálica, implicando significativamente no seu manuseio. Pôde-se verificar também durante a pesquisa dos produtos similares que os primeiros telemedidores eram de metais, como aço e alumínio e com o decorrer dos anos houve uma evolução do material estrutural. Ainda de acordo com pesquisa de similares a partir de 2009 surgem telemedidores com a estrutura composta de materiais poliméricos e da fibra de carbono.

Conforme os requisitos determinados (Item I.6. Requisitos e Restrições - Pág. 14), propõe-se que o projeto do redesign do Telemedidor possua um material acessível para o processo de fabricação, resistente e que a sua densidade influencie na leveza do produto.

A partir de relatos obtidos durante as entrevistas à especialistas, atestou-se que não há uma restrição sobre o uso de materiais aplicados em instrumentos medidores de radiação, desde que o material seja resistente e não porosos como materiais têxteis.

IV.2.1. Material proposto

Com o intuito de propor um material acessível, resistente e leve para a produção do Telemedidor, verificou-se que existem alguns polímeros utilizados na indústria médico-hospitalar que recebem esterilizações radiativas. Porém são poucos os materiais poliméricos resistentes ao tempo em relação a radiações gama e X.

Existem estudos recentes sobre a modificação química do PVC (Policloreto de vinila), tornando-o mais resistente à esterizações proveniente da radiação gama:

Os produtos médico-hospitalares feitos em PVC são esterilizados, principalmente pela radiação gama, antes de serem utilizados, para evitar contaminação por microorganismos patógenos. Contudo o PVC apresenta

instabilidade frente à radiação gama e altas temperaturas. A presente patente de invenção se refere à modificação química do Poli(cloreto de vinila)-PVC feita através da reação de Barbier e redução com o Zn resulta em polímeros modificados. Esses polímeros quando submetidos à esterilização por radiação gama não sofrem degradação por cisão da cadeia. Esse invento da estabilidade do PVC à esterilização por radiação gama apresenta grande importância para os produtos a base de PVC que necessitam ser rigorosamente estéreis. Além disso, essas reações de modificação química são altamente simples, rápidas e práticas e principalmente eficientes para promover a estabilidade do PVC. (MEDEIROS, Yêda et. Al. Depto. de Eng. Química, CTG, Universidade Federal de Pernambuco).

De acordo com a empresa Isoloplast, o PVC é termoplástico feito de 57% de cloro e de carbono 43%. É menos dependente do que outros polímeros de petróleo bruto ou gás natural, e, portanto, pode ser considerado como um recurso natural.²¹

A outra sugestão de material seria o PEEK (Polieteretercetona), que é um termoplástico e um plástico de alta performance. Destaca-se por sua alta cristalinidade e excelente resistência mecânica. O PEEK é aplicado em quase todos os ramos da indústria. Na tecnologia médica ou na indústria alimentícia o PEEK é utilizado devido à possibilidade de repetidas esterilizações sem formar rasgos por tensões, e ainda, possui uma alta resistência a radiações de energia intensiva.²²

Com o fato do PVC modificado quimicamente ser um produto novo, ele não está facilmente acessível, sendo difícil encontrar produtos processados com esse material. Já o PEEK pode ser encontrado facilmente no mercado e possui diversas formas de processá-lo ao produto final.

²¹ Disponível em: <www.isoloplast.com.br/index.php?option=com_content&view=article&id=85&Itemid=137>. Acesso em 14 de janeiro de 2017.

²² Disponível em: <www.isoloplast.com.br/index.php?option=com_content&view=article&id=91:peek&catid=38:plasticos&Itemid=143>. Acesso em 14 de janeiro de 2017.

Desse modo, propõe-se que o Telemididor seja produzido a partir do material polimérico PEEK. Destaca-se a seguir alguma de suas principais características e áreas de emprego de acordo com a empresa Isolaplast²³:

Principais Características:

- Resistência termo-mecânica extremamente alta
- Resistente às correntes de fuga
- Boa resistência química
- Boa resistência à hidrólise e a vapor super-aquecido
- Tenaz
- Boas propriedades de deslize
- Fácil usinagem
- Boa resistência ao desgaste e resistência contra raios gama (é necessário lavar o produto que tenha esse material, caso seja contaminado por radiação).

Principais áreas de Emprego:

- Indústria de máquinas
- Motores e automóveis
- Tecnologia nuclear e de vácuo
- Tecnologia de transporte e movimentação de cargas
- Indústria têxtil
- Indústria de embalagens e papel
- Eletrotécnica
- Tecnologia de precisão
- Tecnologia química
- Indústria aérea e espacial.

IV.2.2. Processo de fabricação proposto

De acordo com Kantoviscki (2011), os polímeros podem ser moldados em vários processos de transformação, onde as resinas em forma de grânulos, pó ou líquido, depois de aquecidas ou catalisadas, podem ser processadas por variados métodos:

- Extrusão
- Sopro
- Injeção

²³ Disponível em: < www.isolaplast.com.br/index.php?option=com_content&view=article&id=91:peek&catid=38:plasticos&Itemid=143>. Acesso em 15 de janeiro de 2017.

- Termoformagem
- Calandragem
- Rotomoldagem
- Compressão
- Fundição

O PEEK pode ser processado em equipamento para termoplástico convencional. O material em forma de grânulos (Figura 66) é recomendado para moldagem por injeção, extrusão e revestimentos²⁴.



Figura 66 – Peek em grânulos. Fonte: www.victrex.com/pt-br/products/victrex-peek-polymers

A maioria das máquinas de injeção polimérica é capaz de moldar componentes complexos e de alta performance através de uma usinagem convencional com o PEEK.²⁵

Assim sendo, sugere-se que alguns componentes do Telemididor dectec: manípulo, o corpo principal, a tampa e a capsula protetora do detector Geiger (Figura 67), sejam usinadas a partir do processo de moldagem plástica por injeção.

²⁴ Disponível em: <www.victrex.com/pt-br/products/victrex-peek-polymers>. Acesso em 15 de janeiro de 2017.

²⁵ Disponível em: <www.victrex.com/pt-br/products/victrex-peek-polymers>. Acesso em 15 de janeiro de 2017

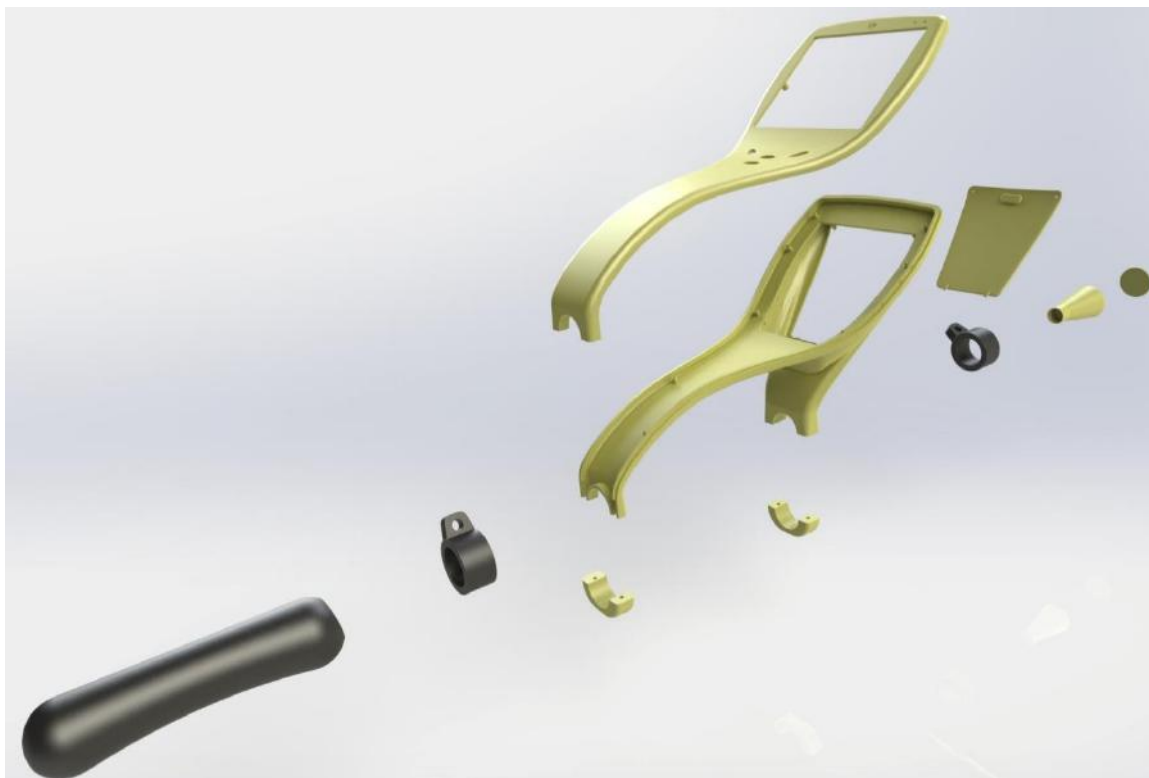


Figura 67: Peças moldadas por injeção. Fonte: Autor

De acordo com a Associação Brasileira da Indústria do Plástico (ABIPLAST) o processo de moldagem por injeção (Figura 68) acontece da seguinte maneira:

O material é depositado em um recipiente de alimentação da injetora, de onde é direcionado para dentro de um cilindro que contém um fuso (rosca) que o empurra, promovendo seu cisalhamento e homogeneização, contribuindo para sua plastificação. Esse cilindro possui resistências acopladas, que aquecem o material, ocasionando sua fusão. O material então percorre o cilindro até a outra extremidade, onde se encontra o bico de injeção que servirá de intermediário entre o cilindro e o molde. Nesse instante, o material, já totalmente fundido, é forçado a adentrar o molde, ocupando seus espaços vazios. Decorridos alguns segundos, o molde se abre e libera a peça já fria e pronta. O tempo de espera no molde dependerá basicamente da espessura de parede e da eficiência do resfriamento efetuado, bem como da velocidade da injetora. Caso a peça exija a incorporação de componentes adicionais (insertos), como

parafusos, porcas ou outros, os mesmos deverão ser introduzidos no molde antes da injeção.²⁶

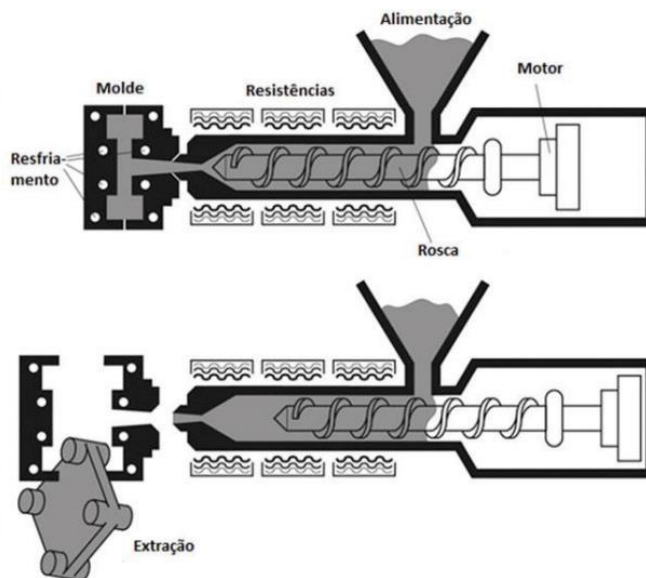


Figura 68 – Processo de moldagem por injeção. Fonte: www.abiplast.org.br/

Após a finalização da moldagem das peças, iniciam-se as operações secundárias: acabamento decorativo por meio de pinturas, colagem do revestimento antiderrapante para a pega (Figura 69), montagem do equipamento por meio de parafusos e inserção do circuito eletrônico.

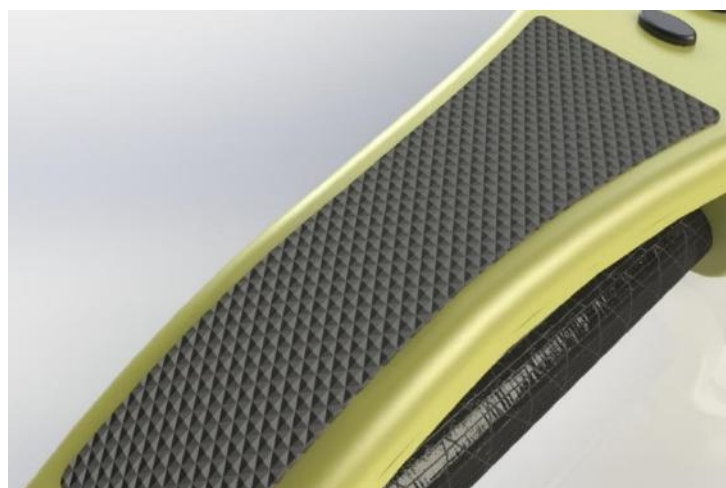


Figura 69: Pega com revestimento antiderrapante. Fonte: Autor

²⁶ Disponível em: < http://file.abiplast.org.br/download/links/links%202014/apresentacao_sobre_transformacao_vf.pdf>. Acesso em: 16 de janeiro de 2017.

O revestimento antiderrapante cobre uma pequena parte da pega do Telemedidor Dectec. Seu processo de usinagem é simples: ocorre por meio da fundição, ou seja, consiste em despejar a resina líquida adicionada a outras substâncias que promovem endurecimento (catalisadores ou agentes de cura) dentro de um molde²⁷. O mesmo processo se dá para os botões e em ambas as peças a resina polimérica proposta é a borracha de silicone. As principais características desse material²⁸ são: resistência térmica, anti-aderente após curado, resistência química, resistência dielétrica, resistência à tração, não corrosivo e não inflamável.

IV.3. Análise Ergonômica

Para compreender melhor o trabalho realizado entre o operador e o Telemedidor, este tópico tem por objetivo, analisar os conceitos de atividade e tarefa de acordo com o produto em destaque.

Durante o desenvolvimento do projeto, realizou-se um estudo dos usuários mais envolvidos com o Telemedidor (Tópico III.1. Público Alvo), no qual pôde-se concluir que essas pessoas são: técnicos em radioproteção, agente das forças armadas e pesquisadores da área nuclear.

Para realizar a análise da atividade e tarefas, propôs-se designar um perfil de usuário para exemplificar as condições e resultados da atividade de trabalho. De acordo com o estudo do público alvo (Tópico III.1.), dentre os três usuários propícios, o técnico em radioproteção é aquele que realiza mais ações com o Telemedidor.

²⁷ Kantovick, Adriano. Materiais Poliméricos. Pág. 28. 2011. Disponível em: <www.damec.ct.utfpr.edu.br/automotiva/downloadsAutomot/d6matPolimMod2.pdf>. Acesso em 16 de janeiro de 2017.

²⁸ Disponível em: <<http://www.silaex.com.br/silicones.htm>>. Acesso em 16 de janeiro de 2017.

IV.3.1. Técnico em Radioproteção

A radioproteção se dedica à proteção dos indivíduos contra possíveis efeitos indesejados provenientes da utilização de radiações ionizantes, seja na área médica ou indústria. (MENDES, 2010).

Os profissionais atuantes na área da Radioproteção devem possuir o Certificado de qualificação nessa área, além do licenciamento e registro de profissional na CNEN – Comissão Nacional de Energia Nuclear. (Disponível em: <www.cnen.gov.br/profissionais-credenciados>. Acesso em 14 de dezembro de 2016).

De acordo com a norma CNEN NN - 7.01²⁹, os usuários credenciados pela CNEN em Supervisão ou Técnico em Radioproteção, poderá atuar nas seguintes áreas:

Aplicações industriais:

- Acelerador de partículas;
- Gamagrafia industrial e radiografia industrial com equipamentos geradores de raios X
- Instalação com acelerador para fins industriais ou inspeção de cargas;
- Instalação com acelerador de partículas para produção de radioisótopos;
- Irradiador de grande porte;
- Medidor nuclear fixo ou móvel;
- Mineração e beneficiamento físico, químico e metalúrgico de minérios;
- Perfilagem de poços de petróleo;
- Processamento físico e químico de materiais irradiados;
- Radiofarmácia industrial;
- Radiografia industrial com equipamentos geradores de raios X;
- Serviço de calibração de equipamentos com fontes radioativas ou equipamentos geradores de radiação ionizante;
- Traçador radioativo industrial.

Aplicações Médicas

- Instalação na área de medicina nuclear;
- Instalação de radioterapia.

²⁹ Disponível em: <www.cnen.gov.br/profissionais-credenciados>, acesso em 14 de dezembro de 2016.

Ciclo do Combustível Nuclear

- Mineração e usina de beneficiamento físico e químico de urânio e tório;
- Usina de enriquecimento isotópico;
- Usina de fabricação de elemento combustível;
- Usina de produção combustível nuclear.

Reatores Nucleares

- Reator nuclear de pesquisa e unidades críticas e subcríticas;
- Usina nucleoe elétrica.

Transporte e Rejeitos

- Depósito inicial de rejeitos radiativos da Classe 2;
- Depósito intermediário ou depósito final de rejeitos radioativos;
- Gerência de rejeitos radioativos em depósito intermediário ou final;
- Serviço de transporte de material radioativo.

É importante ter ciência das normas e técnicas de radioproteção, preocupando-se principalmente com os pacientes ou com os indivíduos ocupacionalmente expostos. De acordo com Mendes (2010), trabalhos científicos comprovam a existência de uma grande porcentagem de trabalhadores na área de radiologia médica e industrial que não utilizam, corretamente, técnicas de radioproteção no desenvolvimento de suas atividades profissionais.

O bom desempenho de um profissional que trabalha com radiações ionizantes depende de seu conhecimento na área de radioproteção. Uma das grandes diferenças entre os profissionais que se destacam no mercado de trabalho e aqueles que apenas trabalham para sobreviver é a capacidade de cumprir as suas tarefas de forma objetiva e segura. A segurança, na área de radiologia médica ou industrial se obtém pelo conhecimento da própria radiação ionizante. (Acesso em 20 de dezembro de 2016. Disponível em: <<http://portaldaradiologia.com/?p=1972>>).

Sendo assim, é necessário que os usuários desse meio compreendam e dominem os conhecimentos teóricos e práticos para exercerem as funções de um operador da radioproteção.

IV.3.2. Atividade x Tarefa

A importância em se realizar uma análise do trabalho se justifica por esse processo de estudo servir para especificar ou avaliar a usabilidade tanto para o desenvolvimento deste projeto, quanto para o esclarecimento ao leitor.

A análise da tarefa e da atividade distinguirá o que o operador deve realizar e o que é de fato realizado.

IV.3.2.1. Análise da tarefa

De acordo com relatos obtidos por especialista do Instituto de Engenharia Nuclear – IEN, elaborou-se uma descrição das tarefas realizadas por um usuário da radioproteção. Todavia, uma demonstração foi realizada anteriormente nesse relatório através de um storyboard (Tópico III.4.2. Detalhamento de Tarefas – página 61).

- **Descrição das tarefas de um operador da radioproteção:**

1º - Uma equipe técnica especializada em radioproteção é acionada e enviada ao local de uma suposta contaminação radioativa ou apenas para uma averiguação de área na ocasião de um grande evento;

2ª – Um técnico prepara o equipamento para o uso:

- ↳ O Telemedidor é retirado do compartimento de proteção;
- ↳ Coloca-se uma alça de sustentação (ou não);
- ↳ Liga-se o equipamento através de um botão;
- ↳ Estende-se a haste (ou não);

- ↳ No display, visualiza-se o nível de bateria e configurações como o estado mudo, o nível de alarme e as opções da unidade de medida (mR/h – miliRoentgen por hora, unidade antiga; $\mu\text{Sv/h}$, microsievert por hora ou Sv/h, Sievert por hora).
- ↳ O sinal sonoro ou alarme (bipes) em uma determinada frequência, indica o grau de risco da taxa de exposição à radiação. Se houver um sinal de alarme contínuo, significa que o nível de alarme foi atingido, ou seja, o local está altamente contaminado.
- ↳ A numeração disposta no display indica a taxa de exposição à radiação que pode variar de radiação de fundo (background/ambiente), em torno de $0,3 \mu\text{Sv/h}$ até altas doses de 2Sv/h .

3ª – Caso uma fonte radioativa seja encontrada, o usuário do Telemedidor comunica a equipe, a qual realiza o processo de remoção da fonte seguindo todos os cuidados e normas de radioproteção.

IV.3.2.2. Simulação do procedimento

Realizou-se uma simulação do processo de utilização do Telemedidor com a participação de três usuários do IEN: Dr. Isaac Luquetti, Marcos Santana e Alfredo Marques.

Essa simulação do processo está relacionada à uma simulação da atividade. Entretanto há uma diferença entre a simulação do processo das tarefas realizadas e a simulação da atividade: o ato de simular as tarefas refere-se ao ato de realizar um trabalho hipotético, podendo conter um modelo não-funcional; enquanto a simulação da atividade exige um procedimento em situação real, ou seja, com o Telemedidor funcionando eletronicamente.

A simulação compreendeu as seguintes etapas:

- 1º. Coloca-se a alça ou não;
- 2º. Liga-se o equipamento;
- 3º. Visualiza-se o display;
- 4º. Estende-se a haste;

- 5º. Procura-se a fonte de radiação;
- 6º. Ao encontrar a fonte, interpreta-se as informações do display;
- 7º Afasta-se do local e desliga o equipamento.

Os usuários realizaram 2 vezes a simulação. A seguinte análise foi feita:

- **Usuário Isaac Luquetti**

- ↳ Análise do usuário: Sentiu dificuldade na adaptação da alça e no estendimento haste; sugeriu que o caimento da haste fosse mais fácil;
- ↳ Análise do autor (própria): A alça é um objeto opcional do equipamento e que ajuda a estabilizar o equipamento caso o usuário necessite utilizar uma das mãos para realizar uma outra tarefa; a haste extensível de fibra de carbono necessita de uma lubrificação para um melhor caimento gravitacional;

- **Usuário Marcos Santana**

- ↳ Análise do usuário: Afirmou que não sentiu dificuldades em manusear o equipamento;
- ↳ Análise do autor (própria): observou-se que o usuário teve facilidade em deixar a haste em tamanhos variados.

- **Usuário Alfredo Marques**

- ↳ Análise do usuário: Confundiu-se com a empunhadura da haste e do corpo do Telemidador, mas após ter ciência da pega correta, declarou que estava agradável; mencionou que a haste extensível era grande e gostaria de saber por quê a força que fazia era gravitacional e não poderia ser uma extensão automatizada; questionou-se também por quê que a alça era polimerizada e não de material têxtil;
- ↳ Análise do autor (própria): Após informar que havia uma empunhadura que facilitava o manuseio dos botões, o usuário realizou a tarefa corretamente; a haste extensível possui um tamanho de três metros para que seja possível realizar o monitoramento em locais de difíceis acessos, além do mais a pesquisa de telemidadores similares mostrou que os tamanhos das hastes variavam entre três a quatro metros. Justificou-se que não se optou por uma haste automatizada pois a presença de um motor implicaria no peso do equipamento, uma vez que um dos objetivos do projeto é proporcionar um equipamento facilmente transportável; e a escolha para que o material da alça fosse polimérica (PVC), justifica-se pela fácil contaminação de radiação e materiais têxteis.

III.3.3. Análise Antropométrica

De acordo com IIDA (2016), antropometria trata das medidas do corpo obtidas através de diversos métodos, a fim de estabelecer medidas padrões, possibilitando ainda a produção de produtos universais, ou seja, produtos adaptáveis aos diversos tipos de usuários.

Como não foram encontradas restrições referentes a estatura do usuário que manuseia o Telemetedor, algumas outras questões foram consideradas, como por exemplo a dimensão da haste entre o manípulo e o Telemetedor (Figura 70).



Figura 70 – Análise das dimensões tubulares – Fonte: Autor

Analisou-se primeiramente os tamanhos de tubos de alumínio sem os componentes do manípulo, do visor e da haste telescópica em usuários de diferentes percentis ergonômicos do IEN (Instituto de Engenharia Nuclear). A partir disso, pôde-se construir o

produto com todos os componentes, analisando mais uma vez se a disposição dos componentes do Telemedidor estaria adequada aos usuários que analisaram o equipamento. Após essa análise da avaliação do modelo por especialista do IEN, constatou-se que a ordenação dos componentes agradavam às pessoas entrevistadas.

Segundo IIDA (2016), existem três tipos de medidas antropométricas que proporcionam as medições e aplicação dos resultados obtidos:

Para projetos de produtos e equipamentos que exigem relativamente poucos movimentos, podem ser utilizados os dados de antropometria estática, inclusive porque são mais facilmente disponíveis (medidas padronizadas). Em equipamentos que exigem mais movimentos corporais, é conveniente utilizar os dados da antropometria dinâmica, principalmente para se determinar os alcances e a faixas dos movimentos. Na antropometria funcional, como o próprio nome sugere, as medidas estão associadas à análise da tarefa. Assim o alcance das mãos pode atingir valores diferentes de acodir com o tipo de ação exercida pela mão, como apertar ou girar um botão, agarrar uma alavanca, colocar um livro na estante, e assim por diante. (IIDA, 2016, p. 228).

O estudo da dimensão tubular do Telemedidor, onde concentram-se movimentos como o controle e o manejo do equipamento através das mãos entre o usuário e o equipamento, foi realizado através de testes reais durante a construção do modelo. Mediante essa análise, também foi verificado a disposição dos botões que controlam o produto.

De acordo com o requisito de que o Telemedidor possua uma quantidade de botões necessária para a realização do controle digital, como um botão para o acionamento e desligamento do equipamento; um botão para acionar os ajustes; e dois botões para coordenar e regular as configurações, também foram realizados testes para um posicionamento agradável aos usuários (Figura 71).

Estudo das botoeiras



(Figura 71) – Análise da disposição dos botões. Fonte: Autor

Analisou-se também a antropometria dinâmica para a visualização do display do Telemedidor. A inclinação sugerida para o equipamento foi aceita como agradável aos usuários entrevistados (Figura 72).

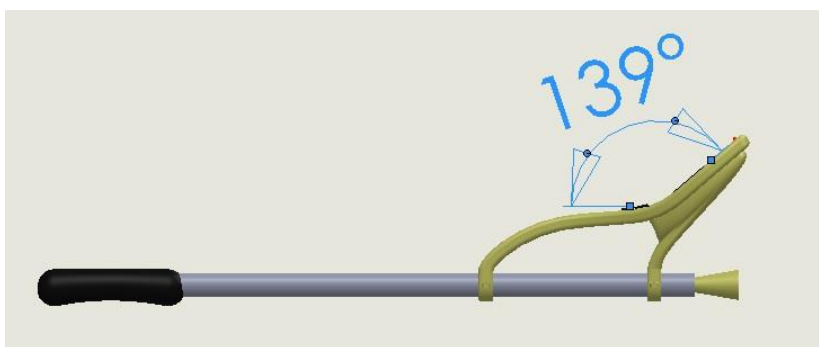


Figura 72 – Angulação do display. Fonte: autor

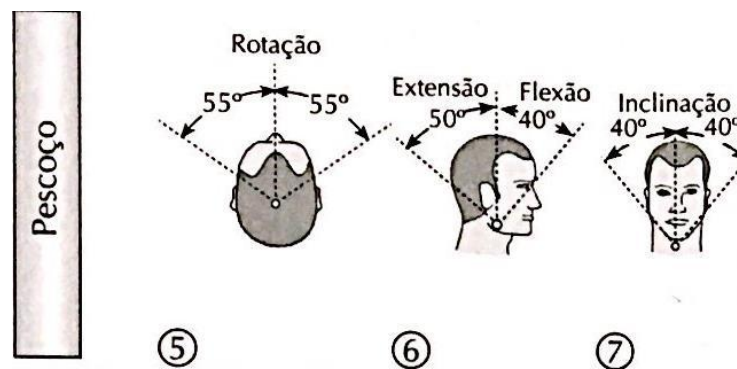


Figura 73 – Valores médios de rotações voluntárias da cabeça, na antropometria dinâmica.

Fonte: IIDA, 2016 – Ergonomia: projeto e produção.

Pode-se dizer que a medida tubular do controle e manejo do telemedidor e a disposição dos botões foram obtidas através da antropometria funcional por meio de testes e análises com os usuários, ou seja, medidas que impactam na execução das tarefas. Enquanto a angulação do display seguiu o valor médio sugerido para a flexão do pescoço, de acordo com IIDA (2016) e também aceito pelos especialistas entrevistados (Figura 73).

IV.3.4. Análise Biomecânica

A biomecânica ocupacional estuda a interação entre o trabalho e o homem sob o ponto de vista dos movimentos corporais, forças relacionadas ao trabalho e suas consequências. (IIDA, 2016).

De acordo com a entrevista técnica (Anexo 4: Resumo da Entrevista), o tempo de utilização do Telemedidor é indeterminado pois o aconselhável é que se faça uma atividade breve. Entretanto a tempo pode exceder 30 minutos, envolvendo diversas posições da coluna, pescoço e membros superiores. Por este motivo o peso deve estar distribuído ao longo do produto de forma a não sobrecarregar. O uso de uma alça, distribui ao longo do corpo o peso do Telemedidor, fazendo com que o usuário mantenha equilíbrio sobre o produto (Figura 74).



Figura 74 – o uso da alça no Telemididor. Fonte: Autor

IIDA (2016, p. 336) afirma que “os movimentos das mãos e dedos constituem-se no principal modo de controle no sistema humano-máquina. Eles possibilitam muitos tipos de interações relativamente rápidas e precisas”. Desse modo, as mãos do usuário do Telemididor exercem um papel fundamental na realização das tarefas.



Figura 75 – Manejos no Telemetedor. Fonte: Autor

De acordo com IIDA (2016), esse tipo desse trabalho utiliza o manejo classificado como grosseiro ou de força, ou seja, a atividade é realizada com o centro da mão e os dedos se mantem presos e estáticos no produto, enquanto os movimentos do punho e braço são realizados. Além disso, o controle digital presente no Telemetedor, em que dispõe uma variedade de opções em menus de telas são controlados pelos dedos através de um manejo de precisão (Figura 75).

Em conformidade com o software SolidWorks, todas as peças modelo virtual do Telemetedor incluindo os itens de série e aplicando os devidos materiais em cada artefato resultam em conjunto uma massa de aproximadamente 1,2 kg (Figura 76).

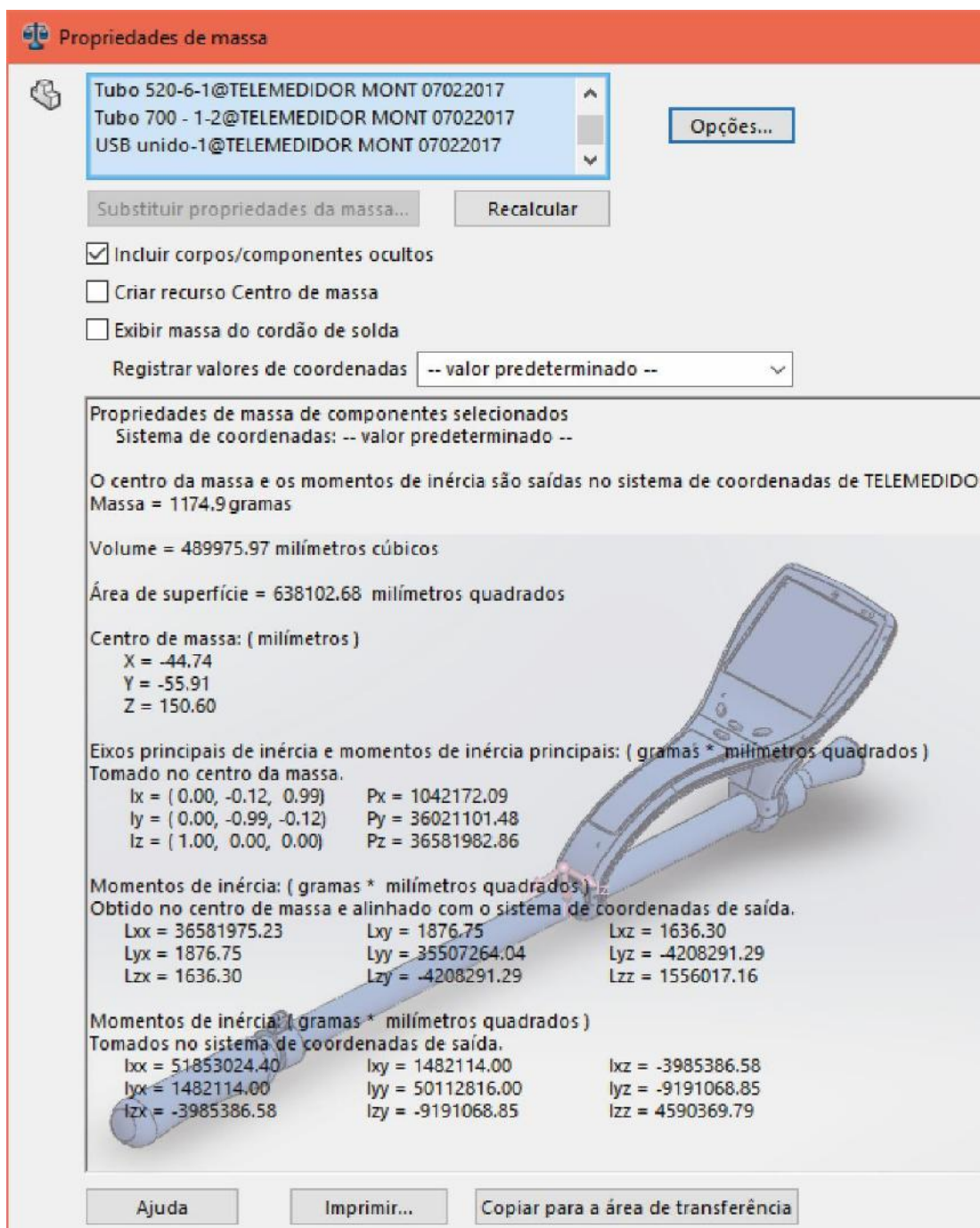


Figura 76 – Propriedades da massa do Telemedidor Dectec. Fonte: Autor

A densidade do material é similar com a massa do modelo físico, que pesa aproximadamente 1,2kg. Dessa maneira, ao avaliar o modelo físico, o peso do equipamento não foi um empecilho para os usuários que o analisaram, sendo considerado confortável para a realização das atividades.

IV.4. Ambientação e Humanização



Figura 77 – Ambientação com Manequim percentil 50%. Fonte: Autor



Figura 78 – Ambientação com Manequim percentil 50%. Fonte: Autor

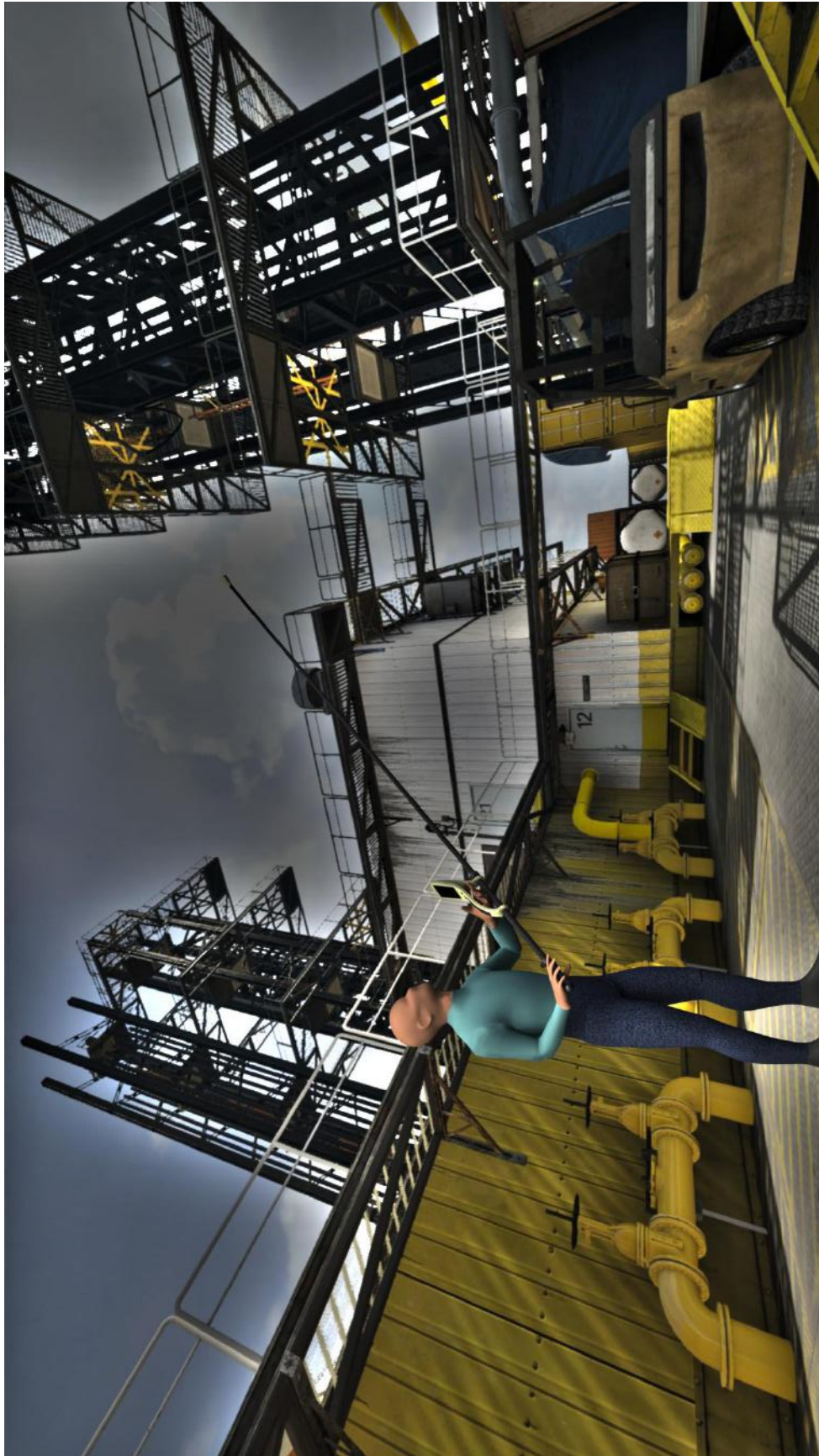


Figura 79 – Ambientação com Manequim percentil 50%. Fonte: Autor

IV.5. Resultados

As imagens a seguir mostram o modelo final executado a partir da impressão 3D, montagem com peças que representam o mais real possível dos componentes integrantes, além de acabamentos estéticos.



Figura 80 – Modelo: Apresentação do conjunto. Fonte: Autor



Figura 81 – Modelo: Apresentação do conjunto. Fonte: Autor



Figura 82 – Modelo: Apresentação do manípulo. Fonte: Autor



Figura 83– Modelo: Apresentação do encaixe tubular. Fonte: Autor



Figura 84 – Modelo: Apresentação da entrada USB. Fonte: Autor



Figura 85 – Modelo: Apresentação da parte dianteira do equipamento. Fonte: Autor



Figura 86 – Apresentação do uso com o Telemetro Dectec. Fonte: Autor



Figura 87 – Apresentação do uso com o Telemetro Dectec. Fonte:

IV.5.1. Síntese dos resultados alcançados

Tendo em vista que o objetivo geral do projeto era o redesign, e que, por conseguinte, os objetivos específicos eram que o produto desenvolvido possuísse características de portabilidade, no qual o equipamento fosse facilmente transportado ao ser manuseado; que o Telemedidor fosse multifuncional, servindo tanto para as atividades de emergência, quanto para as atividades de monitoramento rotineiro; que ele transmitisse confiabilidade ao operador, através de requisitos mencionados por usuários; que ele fosse ergonômico, proporcionando uma atividade mais eficiente e cômoda, pôde-se verificar que, estes propósitos foram alcançados através das análises, avaliações e simulações dos especialistas. Entretanto, o objetivo de adequar a inserção do Telemedidor ao mercado nacional, dependerá de um tempo extra para o desenvolvimento do projeto eletrônico e realização de mais testes de usabilidade.

A participação de usuários priorizou as necessidades, expectativas e condicionamentos. Com isso, cada etapa do projeto consultou-se pessoas representativas do público-alvo, buscando a realização de um produto aliado à técnica e sensibilidade a fim de resultados que criassem empatia e identidade.

Foi satisfatório os dados obtidos a partir de entrevistas, pesquisas e testes. Pôde-se crescer de forma interdisciplinar, ajudando principalmente na tomada de decisões. Os métodos de investigação, as análises contextuais, as críticas aos produtos similares, a estrutura de personas, as entrevistas, os estudos de protótipo, testes de usabilidade e outros, fizeram do projeto um processo colaborativo e receptivo, em outras palavras, um relacionamento de design participativo.

CONCLUSÃO

Acredita-se que após um tempo considerável de projeto, foi possível chegar a um resultado sensato. Todo o referencial teórico pesquisado, o envolvimento com o ambiente de pesquisa e com os usuários contribuíram para uma imersão em um universo pouco explorado pelo design, mas aos poucos o que se buscava ganhava corpo e forma.

Um dos principais motivos de desenvolver o redesign do Telemedidor é promover um equipamento capaz de proporcionar o monitoramento da segurança para o usuário e o meio ambiente, visto que, espaços que lidam com radiações ionizantes não devem carecer de meios de proteção aos seres vivos. Insere-se também o fato de que o programa de Iniciação Científica me proporcionou um espaço de pesquisa, o IEN, e este me motivou e viabilizou o desenvolvimento deste projeto.

Foi possível observar o quanto a introdução e contextualização teórica auxiliaram a compreender e relacionar elementos aparentemente isolados de uma área acanhada para os designers. Falhas e incertezas ocorriam a todo momento, porém haviam sempre pessoas dispostas a ajudar.

Acredito que dei o meu máximo para que as soluções se saíssem quase perfeitas, em razão de que houveram momentos em que os resultados pareciam estar primorosos. Ainda assim, sempre há algo a ser melhorado, e, por conseguinte em um certo momento foi preciso aceitar as limitações. Creio que nem tudo é perfeito, e caso fosse, não haveriam oportunidades de novos conhecimentos, descobertas e melhorias.

Este projeto significou a etapa final de uma graduação enriquecedora, havendo muita aprendizagem e superação. Presumo que todo o estudo pôde alcançar um bom resultado, onde o Telemedidor DecTec poderá proporcionar um trabalho eficiente e eficaz, todavia há apetência em equipar eletronicamente o instrumento e desenvolver o design das interfaces. Destaco por fim, que este Trabalho de Conclusão de Curso abriu portas para que eu continue a imergir no que eu realmente gostaria para um futuro próspero.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS:

ABNT - NBR ISO 9241-11, **Requisitos Ergonômicos para Trabalho de Escritórios com Computadores Parte 11 – Orientações sobre Usabilidade**. Rio de Janeiro, 2016. Disponível em: <<http://webcache.googleusercontent.com/search?q=cache:2cwu20HtyYQJ:www.labiutil.inf.ufsc.br/cpqd-capacitacao/iso9241-11F2.doc+&cd=1&hl=pt-BR&ct=clnk&gl=br>>. Acesso em: 11 de setembro de 2016;

F. Guérin et, al. **Compreendendo o Trabalho para Transformá-lo - a prática da ergonomia**. Edição traduzida por Ed. Blucher. São Paulo, 2001. Título original: *Comprendre le travail pour le transformer – La pratique de l’ergonomie*. Editora Anact, 1997.

IDEO. **Human-Centered Design – kit de Ferramentas**. 2ª ed. Disponível em <http://www.ltds.ufrj.br/downloads/nmn/hcd_portugues.pdf>. Acesso em abril de 2016.

IIDA, Itiro. **Ergonomia: Projeto e Produção**. 3ª ed. – São Paulo: Blucher 2016.

J. S. Linsey, K. L. Wood e A. B. Markman. **Modality and Representation in Analogy**. Austin – USA. Disponível em <http://liberalarts.utexas.edu/_files/markman/AIEDAM08inpress.pdf>. Acesso em junho de 2016.

LIDWELL. Willian. et, al,. **Princípios universais do design**. Porto Alegre - Bookman, 2010.

LÖBACH, Bernard. **Design Industrial – Bases para a configuração dos produtos industriais**. São Paulo: Blucher, 2001.

LORGUS, A. L. **Metodologia Aplicada ao design**. Blumenau: Edifurb, 2001.

LUPTON, Ellen. **Novos fundamentos do design**. São Paulo: Cosac Naify, 2014.

LUQUETTI, Isaac, J. A., **Projeto Centrado nos Usuários do Telemidador de Radiação**. Projeto de pesquisa – IEN/CNEN, Rio de Janeiro, 2013.

MORAES, Anamaria., MONT’ALVÃO, Cláudia. **Ergonomia: Conceitos e aplicações**. 4ª ed. - São Paulo: 2AB, 2010.

MOURA, Eliezer Cardoso. **Aplicações da Energia Nuclear**. Apostila da Comissão Nacional de Energia Nuclear - Rio de Janeiro - Disponível em <<http://www.cnen.gov.br/component/content/article?id=149>>. Acesso em 2 de maio de 2016.

MOURA, Eliezer Cardoso. **Programa de Integração CNEN – Módulo de informação técnica**. Apostila da Comissão Nacional de Energia Nuclear - Rio de Janeiro - Disponível em <<http://www.cnen.gov.br/component/content/article?id=167>>. Acesso em 2 de maio de 2016.

NOUAILHETAS, Yannick. **Radiações Ionizantes**. Apostila da Comissão Nacional de Energia Nuclear - Rio de Janeiro - Disponível em <<http://www.cnen.gov.br/component/content/article?id=151>>. Acesso em maio de 2016.

SANTOS, Raul. SILVEIRA, Denizart. **Acidentes radiológicos e nucleares**. Divisão de atendimento a emergências Radiológicas e Nucleares – IRD/CNEN, Rio de Janeiro.2009. Disponível em: <<http://www.nuclear.ufrj.br/semana2012/pdf/IRD/A-04%20-%20Acidentes%20Radiologicos%20e%20Nucleares%20-%202009.pdf>>. Acesso em: 08 de setembro de 2016.

SOUZA, Claudia et, al. **História da Energia Nuclear**. Apostila da Comissão Nacional de Energia Nuclear - Rio de Janeiro, 2005. Disponível em <www.cnen.gov.br/componente/content/article?id=150>. Acesso em 4 de maio de 2016.

TAUHATA, Luiz et, al., **Radioproteção e Dosimetria: fundamentos**. Apostila da Comissão Nacional de Energia Nuclear - Rio de Janeiro, 2013 - Disponível em <<http://www.cnen.gov.br/component/content/article?id=171>>. Acesso em 4 de maio de 2016.

VIEIRA, Gabriel B. B., **Design e inovação no seguimento médico-hospitalar: um estudo da indústria de equipamentos**. – Porto Alegre, 2009. Disponível em <http://www.repositorio.jesuita.org.br/bitstream/handle/UNISINOS/3600/design_inovacao.pdf?sequence=1&isAllowed=y>. Acesso em maio de 2016.

XAVIER, Ana Maria, al. **Princípios básicos de segurança e proteção radiológica**, 4ª Ed. – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2014. – Disponível em <<http://www.cnen.gov.br/component/content/article?id=170>>. Acesso em 5 de maio de 2016.

SITES CONSULTADOS:

AGNE, Edu. **Etapas do design centrado no usuário**. 2016. Disponível em: <<http://www.uxdesign.blog.br/design-thinking/etapas-do-design-centrado-no-usuario/>>. Acesso 7 de julho de 2016.

CNEN – Profissionais credenciados. Disponível em: <www.cnen.gov.br/profissionais-credenciados>. Acesso em: 20 de novembro de 2016.

CORREA, Gunnar. **Beep usando Buzzer**. 2015. Disponível em: <www.satellasoft.com/?materia=beep-usando-buzzer-com-arduino>, Acesso em 20 de janeiro de 2017.

Detectores de Radiação. Disponível em <<http://www.higieneocupacional.com.br/download/detectores-daros.pdf>>. Acesso em 10 de junho de 2016.

Hora de oxigenar o setor nuclear. Disponível em <<http://www.aben.com.br/Arquivos/261/261.pdf>>. Acesso em 24 de maio de 2016.

KANTOVISCK, Adriano. **Materiais Poliméricos**. Disponível em: <www.damec.ct.utfpr.edu.br/automotiva/downloadsAutomot/d6matPolimMod2.pdf>. Acesso em: 15 de janeiro de 2017.

Laurus Systemns. Disponível em <www.laurussystems.com/>. Acesso em 4 de junho de 2016.

Ludlumns instruments. Disponível em <<http://www.ludlums.com/multisites/medphys/component/virtuemart/area-monitoring-5/handheld-instruments-29/dedicated-purpose-instruments-31/stretchscope-40?Itemid=2506>>. Acesso em 4 de junho de 2016.

MEDEIROS, Miguel. **Tipos de Radiações e seus usos**. Disponível em <http://quiprocura.net/wordpress/2015/08/17/tipos-de-radiacao/>. Acesso em 07 de setembro de 2016.

MEDEIROS, Yêda et al. **Polímero Resistente à Radiação Gama**. Depto. de Eng. Química, CTG, Universidade Federal de Pernambuco . Disponível em: <www.ufpe.br/propeq/images/propeq/dine/tecnologias/materiais/polimero_resistente_a_radiacao_gama.pdf>. Acesso em: 15 de janeiro de 2017.

Medidores de Radiação. Disponível em < <https://www-ns.iaea.org/tech-areas/communication-networks/orpnet/documents/poster-nuclear-gauges-pr.pdf>>. Acesso em 22 de maio de 2016.

MENDES, Rodrigo. **Por que estudar radioproteção**. Disponível em: <<http://portaldaradiologia.com/?p=1972>>. Acesso em 20 de novembro de 2016.

Products Atomtex. Disponível em <<http://www.atomtex.ru/en/products/portable-dosimeters/at117m-radiation-monitor-hand-held-pc>>. Acesso em 5 de junho de 2016.

Supervisor em radioproteção. Disponível em: <<http://www.cetre.com.br/radioprotecao/supervisor-de-radioprotecao>>. Acesso em: 10 de novembro de 2016.

POZZEBON, Rafaela. **O que é tecnologia Plasma, LCD, LED e OLED**. 2015. Disponível em: <<https://www.oficinadanet.com.br/post/14415-o-que-e-tecnologia-lcd>>. Acesso em 22 de janeiro de 2017.

Products GammaData. Disponível em <<http://www.gammadata.se/>>. Acesso em 5 de junho de 2016.

Radiation Control. Disponível em <https://www.jlab.org/accel/RadCon/Surveys/HallC_RSS.htm>. Acesso em 10 de junho de 2016.

Radioatividade x Radiação. Disponível em < <http://paje.fe.usp.br/~mef-pietro/mef2/app.upload/86/RadiacaoXRadioatividade.pdf>>. Acesso em 22 de maio de 2016.

RIBEIRO, Rejane. **Tipos de Radiações e Suas características**. Disponível: <<https://www.if.ufrgs.br/tex/fis01101/radiacoes.html>>. Acesso em 07 de setembro de 2016.

Scinto Products. Disponível em < http://www.sea-duelmen.de/en/radiationprotection/mobile_dose_rate_meter.html>. Acesso em 5 de junho de 2016.

Southern Scientific. Disponível em <www.southernscientific.co.uk/catalog/categories/security-cbrne/radiation-detection-surveillance/portable-handheld-detectors>. Acesso em 4 de junho de 2016.

Técnico em radioproteção. Disponível em: <<http://cleberjabarra.com.br/tecraqdioprotecao.html>>. Acesso em 12 de novembro de 2016.

Tubos em Fibra de Carbono. Disponível em: <www.itraxcomposites.com.br/itrax/tubos-em-fibra-de-carbono/>. Acesso em 20 de janeiro de 2017.

ANEXOS

Anexo 1: Resumo Siac

Anexo 2: Infográfico

Anexo 3: Matriz de ações e sujeitos

Anexo 4: Resumo da Entrevista

Anexo 5: Ficha de Avaliação

ANEXO 1: RESUMO SIAC

SIAC – Semana de Integração acadêmica da UFRJ

RESUMO DE PROJETO

11 de Julho de 2016

Sessão integrada de pesquisa intercentro Centro (s): Centro de Letras e Artes

Programa Articulado: Trabalho de Conclusão de Curso de Desenho Industrial associado à Iniciação Científica do Instituto de Engenharia Nuclear (IEN)

Áreas de Conhecimento: Ciências Sociais Aplicadas / Desenho Industrial / Desenho de Produto

Áreas Temáticas:

- Sessão integrada de pesquisa intercentro

Área(s):

CLA - Abordagens interdisciplinares

Novas Áreas temáticas

Engenharia nuclear

Título: TELEMEDIDOR DE RADIAÇÃO

Palavras-Chave: Design de produto, Design Nuclear, Instrumentação, Radiação

Autores: LARISSA FARIAS

Orientadores: BEANY GUIMARAES MONTEIRO (1) ,

ISAAC JOSÉ ANTONIO LUQUETTI DOS SANTOS (1)

Universidade Federal do Rio de Janeiro

Resumo:

A Indústria Nuclear Brasileira, vem tornando-se cada vez mais independente com a introdução de novos reatores no país. Entretanto é visível a carência de projetos tecnológicos nacionais quando voltados para os usuários desta área. Ressalta-se que, elaborar um projeto no campo nuclear é de suma importância para o reconhecimento e produção nacional.

Um fator relevante para este projeto é a segurança nuclear, que deve ser prioritária. Por ser uma energia muito potente, a segurança das instalações nucleares deve ir além das mais elaboradas edificações dos reatores. Trata-se de um processo contínuo, envolvendo pessoas, organização, estruturas e componentes tecnológicos.

Avaliando as condições entre a segurança nuclear e o desprovisionamento do design em instrumentos de medição de radiação, destaca-se o Telemedidor, um produto que necessita de uma intervenção projetual voltada, principalmente, para o usuário.

Telemedidor é um equipamento portátil, alimentado por baterias e com a função de fornecer a informação sobre a taxa de exposição da radiação Gama e X. Este equipamento possui uma haste telescópica extensível, permitindo que o operador mantenha-se afastado do local inspecionado.

Este projeto de graduação do curso de Desenho Industrial na habilidade de projeto de produto tem como objetivo desenvolver o redesign de um equipamento com tecnologia nacional, portátil, versátil, funcional, de baixo custo e de alta confiabilidade operacional. Será relevado neste estudo, a participação de usuários durante o ciclo de desenvolvimento, objetivando eficiência e eficácia, além da aplicação de conceitos ergonômicos e normas referente à radiação e à fatores humanos.

O projeto teve início em uma participação como bolsista de Iniciação Científica no Instituto de Engenharia Nuclear (IEN), entre os anos de 2015 e 2016. Sendo assim, o IEN está sendo o principal ambiente de pesquisa e desenvolvimento do estudo.

Para que o produto obtenha um resultado moderno, ergonômico e com confiabilidade operacional eficaz, o processo terá como principal abordagem a metodologia centrada no ser humano para que se alcancem os requisitos pretendidos, aumentando a eficácia na criação de novas soluções.

ANEXO 2: INFOGRÁFICO

Medidores de Radiação



Medidores de radiação são dispositivos de monitoramento capazes de medir grandezas associadas à radiação ionizante.

Radiação Ionizante

Dependendo do nível de energia, a radiação pode ser parte ser ionizante, ou seja, possui alto grau de energia. A radiação α , β ou γ são exemplos de radiações ionizantes.

α
 β
 γ

A Demanda



O telemetador pode ser operado por pesquisadores, profissionais da área nuclear, técnicos em proteção radiológica e agentes das forças armadas. A medição da radiação ocorre através do monitoramento e descobertas de fontes radioativas em instalações radiativas ou nucleares.

Proteção Radiológica

Existem medidas de proteção radiológica que visam proteger o ser humano e o ecossistema das consequências da radiação. E para que a proteção em instalações radiativas ou nucleares seja adequadamente realizada, é essencial o uso de equipamentos qualificados, como o telemetador.



O Telemetador



Telemetador é um equipamento portátil que possui uma ponta telescópica extensível permitindo ao operador manter-se afastado do local inspecionado, possibilitando assim, as medidas de exposição de radiação.

Requisitos de Projeto

- Fácil utilização;
- Ergonômico;
- Resistente e leve para facilitar o manuseio;
- Design intuitivo e prático;
- Capacidade de medição de radiações Gama e Beta;
- Extensível para garantir a segurança do usuário;
- Faixa de medição variável;
- Display fácil de ser compreendido;
- Armazenamento de dados;
- Alarmes sonoros com os níveis adequados de ruídos;
- Material acessível e de baixo custo;
- Prototipagem 3D do modelo.

Restrições de Projeto

- Necessita-se de conhecimentos básicos sobre radioatividade e seus níveis para concluir se a situação é ou não de risco;
- Considerar as restrições dos similares analisados para o projeto de um novo Telemetador, por não haver este produto no ambiente nacional;
- Considerações de case para armazenamento;
- Tempo de vida útil de seus componentes;
- Dependência do uso de baterias;
- Detectores Geiger;
- Projeto eletrônico.

Pesquisa de Similares



1980

Modelo: Telemetador 6112B
Fabricante: Autometrics
Dimensões: A 90mm x L 130mm
Peso: 3 kg
Material: Metal e plástico
Características: Mede radiação gama; Faixa de medição de 0,1 mR/h (REM) para 1000 R/h; Utiliza 4 pilhas de 1,5 V como fonte de alimentação; Possui alto-falante e tones de ouvido para indicação acústica; Detecção por dois tubos Geiger; sonda telescópica extensível em até 4 metros;



2005

Modelo: Model 78-1
Fabricante: Ludlum
Peso: 2,9 kg
Material: Alumínio e Aço inoxidável
Características: Possui medidor analógico e display digital iluminado; Mede radiação gama; possui duplo contador Geiger; Haste telescópica de 3,6m; indicador de nível de bateria; alimentação por pilhas alcalinas; saída de áudio; medição de 0,1 mR/h (REM) para 1000 R/h; pode ser programado para mostrar unidade R (Rem) ou Sv (Sievert).



2006

Modelo: Telemetador 6112M
Fabricante: Autometrics
Peso: 3 kg
Material: Aço inoxidável e alumínio moldado
Características: Mede radiação Gama e X; Haste telescópica extensível em até 4 metros; alimentado por pilhas; Microprocessador de 16-bits; armazenamento de até 450 medições; Detecção por 2 tubos geiger; medição de taxa de dose de 0,1 μ Sv/h a 10Sv/h; display iluminado; três idiomas; alarme sonoro.



2008

Modelo: Telemetador 6150AD
Fabricante: Autometrics
Peso: 3 kg
Material: Aço inoxidável e alumínio
Características: Mede radiação Gama e X; detecta radiação beta; haste telescópica extensível em até 4,12m; medidor pode ser desacoplado; Possui dois tubos de contador Geiger; indicador sonoro; monitoramento automático da bateria; unidade de medida de 0,1 μ Sv/h a 10Sv/h.



2014

Modelo: AT 1117M
Fabricante: Atomtex
Peso: 1,6 kg
Características: Mede radiação X, gama, alfa e nêutrons. Medidor-PC integrado; haste telescópica extensível à 3m e desacoplável à sonda telescópica; Tubos Geiger para detecção; gravação automática e armazena mais de 10.000 medições com referência GPS; transferência de dados via Bluetooth ou por cabo; alarme sonoro e visual; unidades variáveis (nSv/h, μ Sv/h ou mSv/h).



2016

Modelo: Model 79
Fabricante: Ludlum
Peso: 1,4 kg
Material: Plástico e Fibra de carbono
Características: Medidor de radiação gama; possui detector Geiger; opção de escolha das unidades de medida (cps, cpm, Sv/h, mrem/hr e R/hr); alimentação por pilhas alcalinas recarregáveis; transferência de dados por cabo; alarme sonoro e óptico por LEDs; aviso de bateria fraca; operacionalidade com apenas 3 botões.

ANEXO 3: MATRIZ DE AÇÕES E SUJEITOS

SUJEITOS AÇÕES	Pesquisador	Técnico em Radioproteção	Técnico em Eletrônica	Agt. das Forças Armadas	Médico Nuclear	Técnico em Radiologia
Interpretar unidades de medida						
Identificar grau de perigo						
Alertar sobre os riscos						
Combater perigo/atentado						
Encontrar fonte radioativa						
Averiguar local contaminado						
Monitorar de modo rotineiro						
Preparar equipamento para o medição						
Reparar equipamento medidor de radiação						
Cuidar do equipamento medidor de radiação						
Dosar contraste/ medicamento ao paciente						
Diagnosticar doença através de imagem						
Observar decaimento radioativo						
Propor novos parâmetros/projetos						
Transportar material radioativo						

Fator de conhecimentos específicos

Fator de Segurança

ANEXO 4: RESUMO DE ENTREVISTA

Entrevista técnica

Entrevistado: Marcos Vidal

Função: Pesquisador na área de radioproteção e dosimetria

1. Como você avaliaria a usabilidade do Telemedidor? Existe alguma dificuldade quanto ao seu manuseio?

R: Existem variados modelos de Telemedidor no IEN. Todos são muito semelhantes. Já estou adaptado a sua forma e concordo que ele precise de uma intervenção projetual. É um produto pesado. A sonda é um volume sensível (haste telescópica) e precisa de cuidados quando totalmente estendida, pois a haste sofre torção. A empunhadura, onde estão localizadas as baterias é um componente essencial pois sem ele o manuseio seria mais complicado.

2. O que deveria mudar?

R: Não seria possível tirar do Telemedidor a sua haste telescópica, pois perderia a função de manter o operador afastado. Mas a possibilidade de tirar o módulo que realiza a leitura e mostra as informações poderia ter a característica de modularidade; a possibilidade de um outro material na estrutura que deixasse o Telemedidor mais leve, mas deve se considerar os parâmetros como chuva, vento e calor; O Telemedidor possui uma alça de sustentação não muito agradável. Uma bandoleira tática de três pontos utilizada para armas grandes, seria uma boa ideia aplicada ao produto; algum dispositivo que indique quantos metros foi estendida ou quantos metros eu devo estender a haste seria interessante para garantir a segurança ao operador; um sistema vibratório para indicar a intensidade da taxa de exposição à radiação seria outro bom requisito.

3. Qual o tamanho variável mais utilizado da haste?

O tamanho máximo (4 a 5 metros) é mais utilizado em usinas, como a de Angra ou no caso de uma pane (situação não rotineira), como incidentes ou até acidentes. Fora isso pode ser utilizado totalmente retraído ou como preferir o operador. A sua característica extensível é muito importante, por exemplo: Caso eu identifique uma fonte muito radioativa, a haste possibilita a distância, mas se existisse o dispositivo que indicasse o quanto de distância se encontra a fonte me permitiria ficar menos exposto, além de poder convocar a equipe da radioproteção para instalarem uma blindagem para reduzir a intensidade da radiação e então retirá-la.

4. Existe alguma dificuldade na interpretação do display?

Sim. Os profissionais que operam o Telemedidor precisam de treinamentos para operá-lo. A unidade de medida mais utilizada atualmente no telemedidor é a microsievert, mas há alguns operadores mais antigos que preferem utilizar a roentgem (unidade antiga). Existem alguns aparelhos que possibilitam escolher a unidade que operador preferir. A partir dos botões é possível navegar nas configurações do Telemedidor, como calibrar, desligar, ligar, dispor o nível de bateria e outros. Não existe algum sinal visual como leds, apenas sonoro que identifica a taxa de exposição à radiação (quanto mais alta a taxa de radiação, mais frequente é o alarme). Em situações externas, como no monitoramento de reatores o ruído sonoro é alto e muitas vezes não é possível identificar o alarme sonoro do Telemedidor. Além disso, focar a visão no display causa instabilidade ao operador, ou seja, você não sabe por onde está andando. Uma função vibratória seria interessante. Existe uma dificuldade de enxergar o display durante as atividades realizadas aos dias, um tratamento antirreflexos seria um requisito a considerar.

5. Qual o tempo aproximado das tarefas realizadas com o Telemedidor?

Não existe um tempo definido. O aconselhável é realizar a tarefa em um menor tempo possível (quanto menor o tempo de exposição à radiação, melhor e mais seguro).

6. Qual a margem considerada de risco para o operador?

Toda exposição à radiação é um risco. O aconselhável é se expor o mínimo possível.

ANEXO 5: FICHA DE AVALIAÇÃO

Avaliação dos modelos de Telemedidor

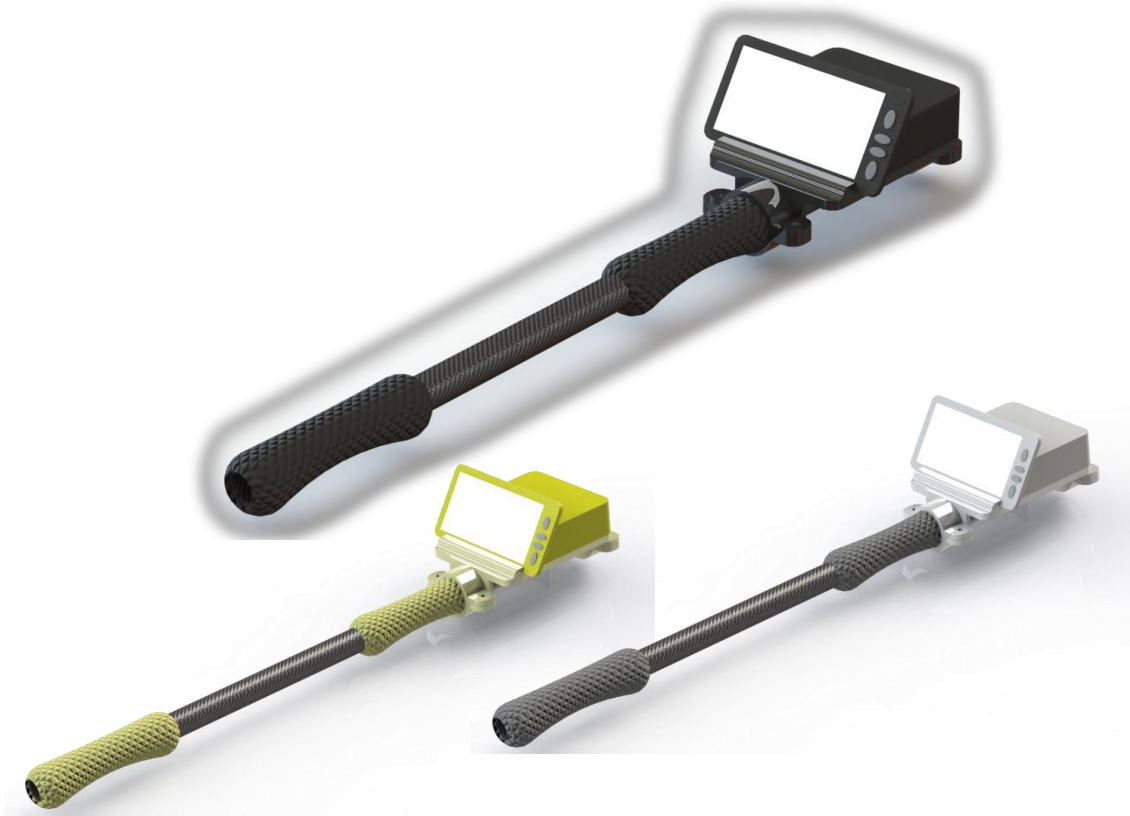
Esta ficha é utilizada na avaliação da usabilidade do novo projeto de um Telemedidor. São apresentados dois modelos (Modelo 1 e Modelo 2). As respostas do questionário apresentado serão utilizadas na definição do modelo que mais atenda aos critérios dos usuários.

Perfil do usuário entrevistado:

Nome:	
Idade:	
Sexo:	<input type="checkbox"/> Masculino <input type="checkbox"/> Feminino
Função:	
Tempo na função:	
Formação:	<input type="checkbox"/> Ensino Médio <input type="checkbox"/> Ensino Superior

Agradeço pela sua disponibilidade e participação neste questionário.

MODELO 1



MODELO 2



1) Como você avaliaria a praticidade do modelo?

Praticidade diz respeito a capacidade do produto atender a uma necessidade de uso.



Modelo 1

- Péssimo
- Ruim
- Regular
- Bom
- Muito Bom



Modelo 2

- Péssimo
- Ruim
- Regular
- Bom
- Muito Bom

2) Como você avaliaria a confortabilidade do modelo?

Confortabilidade diz respeito a ergonomia do produto e transmite comodidade ao usuário afim de melhorar a produtividade das atividades.



Modelo 1

- Péssimo
- Ruim
- Regular
- Bom
- Muito Bom



Modelo 2

- Péssimo
- Ruim
- Regular
- Bom
- Muito Bom

3) Como você avaliaria a portabilidade do modelo?

O critério de ser portátil significa ser facilmente manuseável e transportável.



Modelo 1

- Péssimo
- Ruim
- Regular
- Bom
- Muito Bom



Modelo 2

- Péssimo
- Ruim
- Regular
- Bom
- Muito Bom

4) Como você avaliaria a dimensão do modelo?

A dimensão do modelo está relacionada ao tamanho adequado do produto ao ser manuseado pelo usuário.



Modelo 1

- Péssimo
- Ruim
- Regular
- Bom
- Muito Bom



Modelo 2

- Péssimo
- Ruim
- Regular
- Bom
- Muito Bom

5) O quão intuitivo você acha que é o modelo?

Design intuitivo é aquele que cultiva padrões comuns a outros projetos. Relaciona-se a agradabilidade.



Modelo 1

- Péssimo
- Ruim
- Regular
- Bom
- Muito Bom



Modelo 2

- Péssimo
- Ruim
- Regular
- Bom
- Muito Bom

6) O quão confiável você acha que é o modelo?

Ser confiável é proporcionar credibilidade e segurança ao usuário.



Modelo 1

- Péssimo
- Ruim
- Regular
- Bom
- Muito Bom



Modelo 2

- Péssimo
- Ruim
- Regular
- Bom
- Muito Bom

7) O quão sucinto você acha que é o modelo?

Ser sucinto significa que o produto apresenta informações suficientes para o seu uso, o que facilita a realização das atividades e contribui a facilidade das operações e manuseio.



Modelo 1

- Péssimo
- Ruim
- Regular
- Bom
- Muito Bom



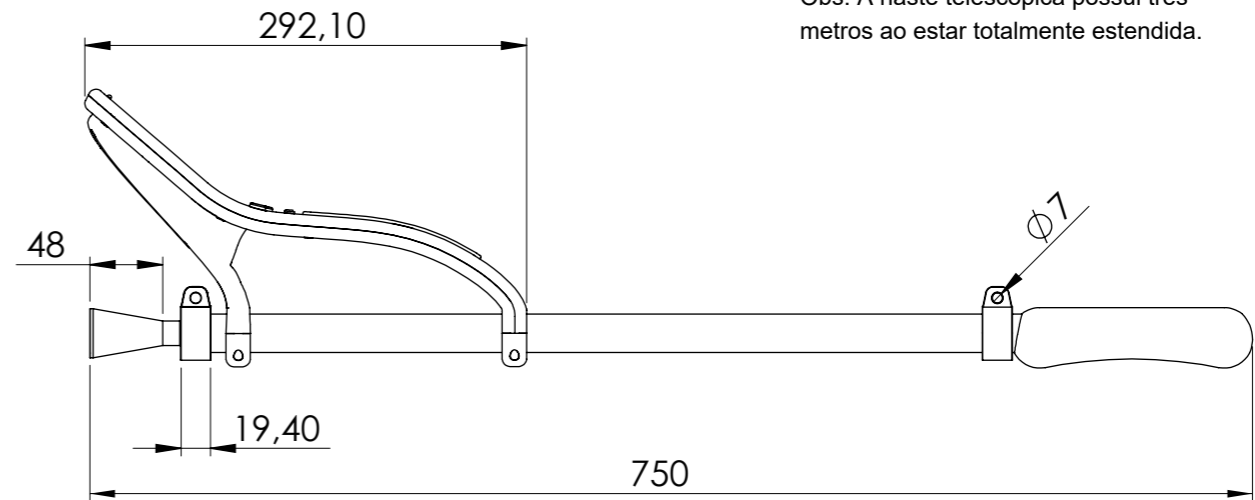
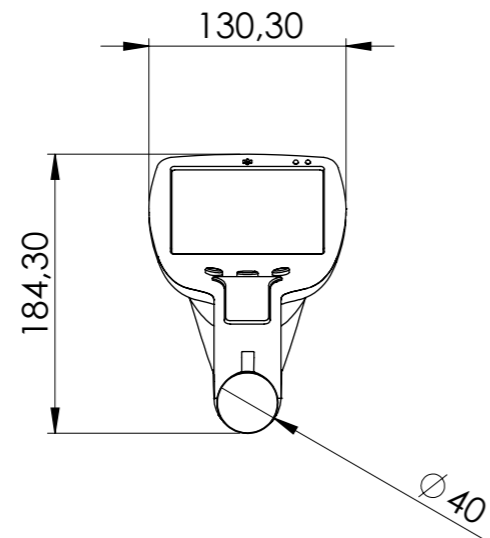
Modelo 2

- Péssimo
- Ruim
- Regular
- Bom
- Muito Bom

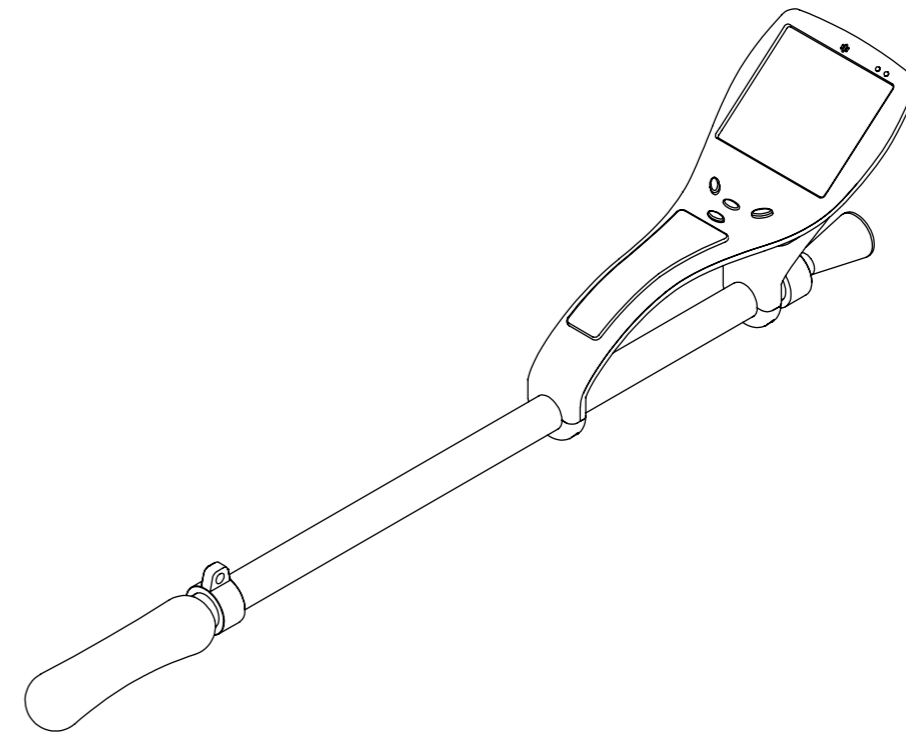
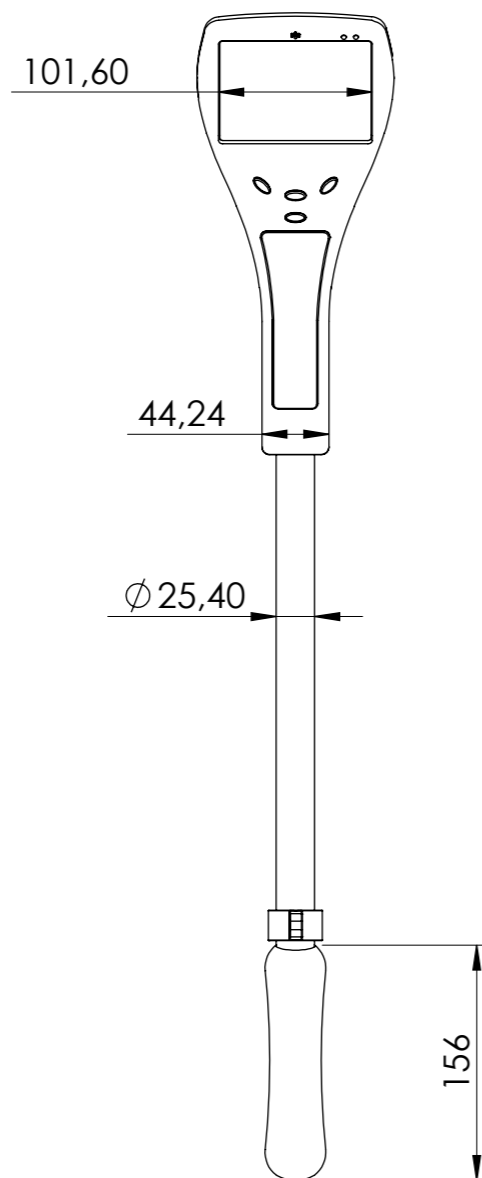
OBSERVAÇÕES (opcional):

Large empty light blue rectangular area for optional observations.

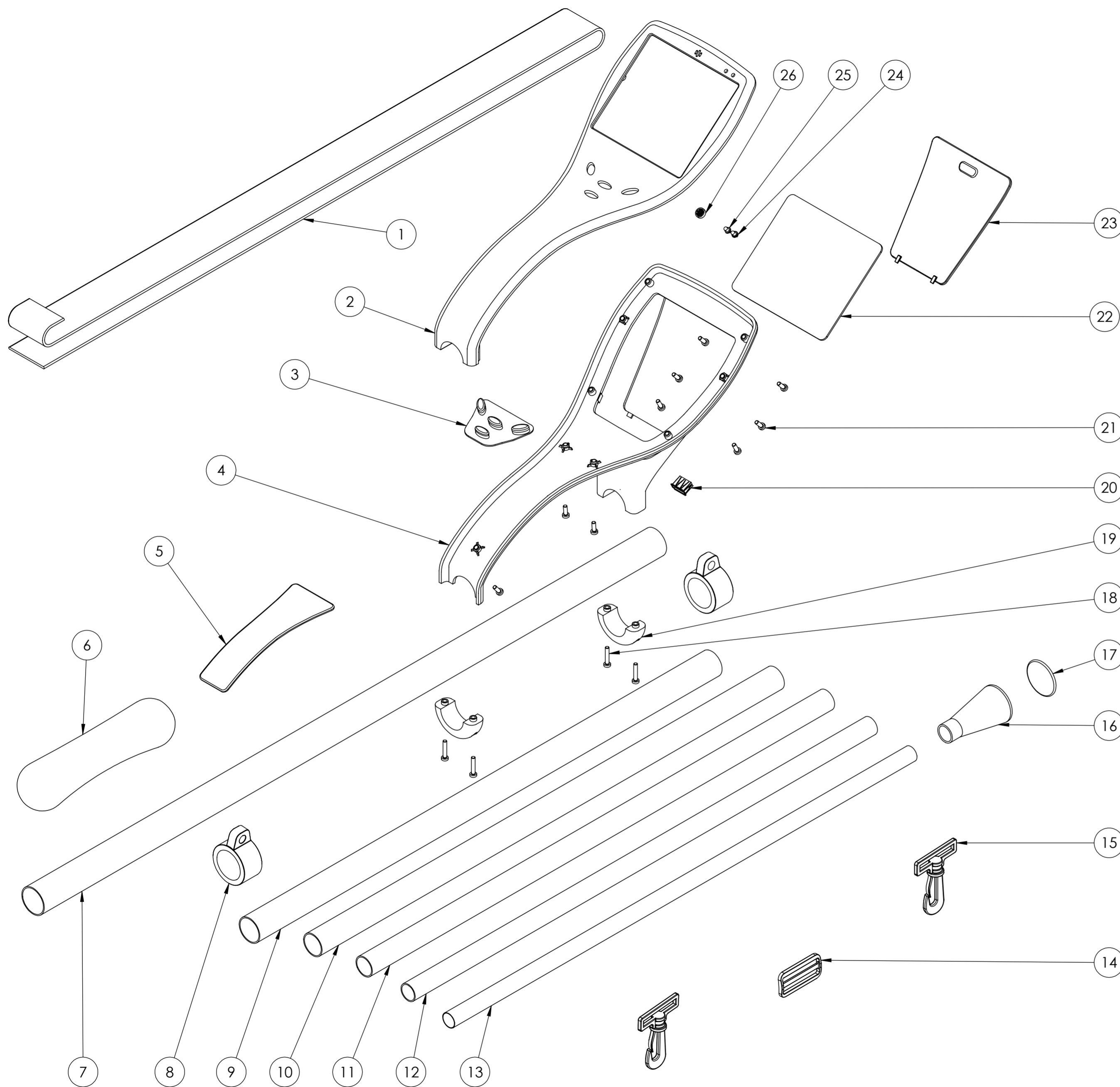
DESENHOS TÉCNICOS



Obs: A haste telescópica possui três metros ao estar totalmente estendida.



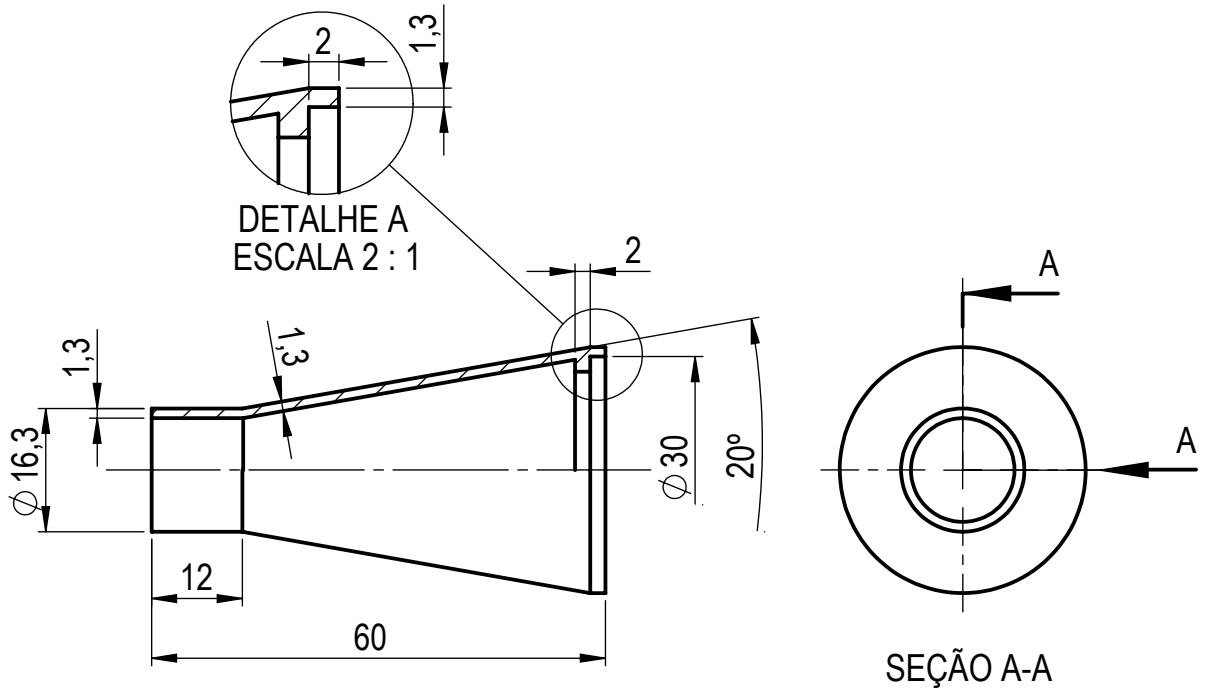
UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO			
CLA - Escola de Belas Artes		Depto. de Desenho Industrial	
Curso de Desenho Industrial		Curso de Desenho Industrial	
Título do Projeto:	Telemidador Dectec - Uma proposta de redesign	Conjunto: Telemidador Dectec	Obs: Dimensões básicas
		Sub-conjunto:	
Autor(a): Larissa Pereira de Farias		Escala: 1:5	Diedro:
Orientador(a): Beany Guimarães	Coorientador: Isaac Luquetti	Unidade: mm	
Data: 24/02/2017	Normas: ABNT	Página: 1/13	



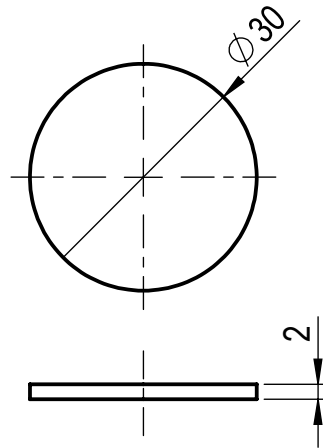
26	Buzzer	1	ABS
25	Led Vermelho	1	Lente epóxi
24	Led Verde	1	Lente epóxi
23	Tampa	1	Polieteretercetona (PEEK)
22	Película Antirreflexiva	1	PE Alta Densidade
21	Parafuso Allen M3 x 8mm	9	Aço inoxidável (ferrítico)
20	Entrada USB	1	-
19	Base de Fechamento	2	Polieteretercetona (PEEK)
18	Parafuso Allen M3 x 16mm	4	Aço inoxidável (ferrítico)
17	Tampa da cápsula	1	Polieteretercetona (PEEK)
16	Cápsula protetora	1	Polieteretercetona (PEEK)
15	Gancho Giratório	2	Copolímero acetal (POM)
14	Regulador de Alça	1	Copolímero acetal (POM)
13	Tubo 520mm x Ø13.7	1	Fibra de Carbono
12	Tubo 520mm x Ø16.10	1	Fibra de Carbono
11	Tubo 520mm x Ø18.50	1	Fibra de Carbono
10	Tubo 520mm x Ø20.9	1	Fibra de Carbono
9	Tubo 520mm x Ø23.3mm	1	Fibra de Carbono
8	Suporte de alça	2	Polieteretercetona (PEEK)
7	Tubo 700mm x Ø25.7mm	1	Fibra de Carbono
6	Manípulo	1	Polieteretercetona (PEEK)
5	Pega antiderrapante	1	Borracha de silicone
4	Carcaça Inferior	1	Polieteretercetona (PEEK)
3	Botoeira	1	Borracha de silicone
2	Carcaça Superior	1	Polieteretercetona (PEEK)
1	Alça	1	PVC
Nº DO ITEM	DENOMINAÇÃO	QTD.	MATERIAL

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO			
CLA - Escola de Belas Artes		Depto. de Desenho Industrial	
Curso de Desenho Industrial		Curso de Desenho Industrial	
Título do Projeto: Telemidador Dectec - Uma proposta de redesign		Conjunto: Telemidador Dectec	Obs: Identificação dos componentes
Autor(a): Larissa Pereira de Farias		Sub-conjunto:	Diedro:
Orientador(a): Beany Guimarães		Coorientador: Isaac Luquetti	Escala: 1:2,5
Data: 24/02/2017		Normas: ABNT	Unidade: mm
		Página: 2/13	

16



17



UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO

CLA - Escola de Belas Artes

Depto. de Desenho Industrial

Curso de Desenho Industrial

Habilitação em Projeto de Produto

Título do Projeto:

**Telemedidor Dectec -
uma proposta de redesign**

Conjunto: Telemedidor Dectec

Obs:

Sub-conjunto: Cápsula Geiger

Autor(a): Larissa Pereira de Farias

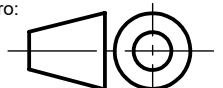
Escala: 1:1

Diedro:

Orientador(a): Beany Guimarães

Coorientador: Isaac Luquetti

Unidade: mm

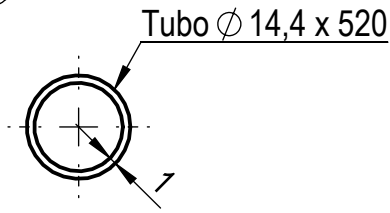


Data: 24/02/2017

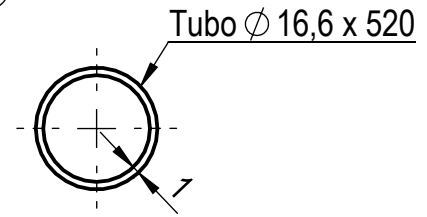
Normas: ABNT

Página: 3/13

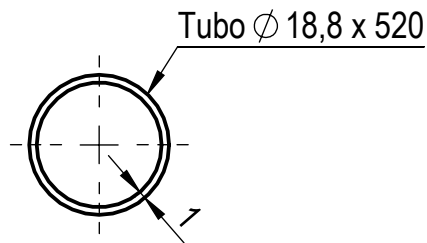
16



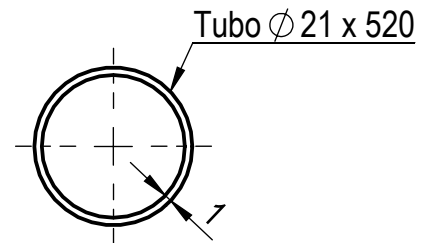
15



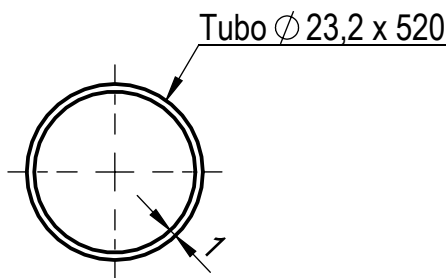
14



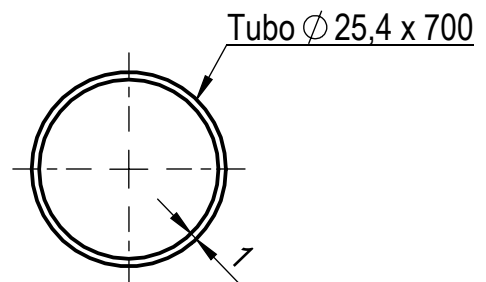
13



12



10



UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO

CLA - Escola de Belas Artes

Depto. de Desenho Industrial

Curso de Desenho Industrial

Habilitação em Projeto de Produto

Título do Projeto:

**Telemididor Dectec -
uma proposta de redesign**

Conjunto: Telemididor Dectec

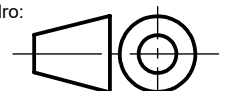
Sub-conjunto: Haste telescópica

Obs:

Autor(a): Larissa Pereira de Farias

Escala: 1:1

Diedro:



Orientador(a): Beany Guimarães

Coorientador: Isaac Luquetti

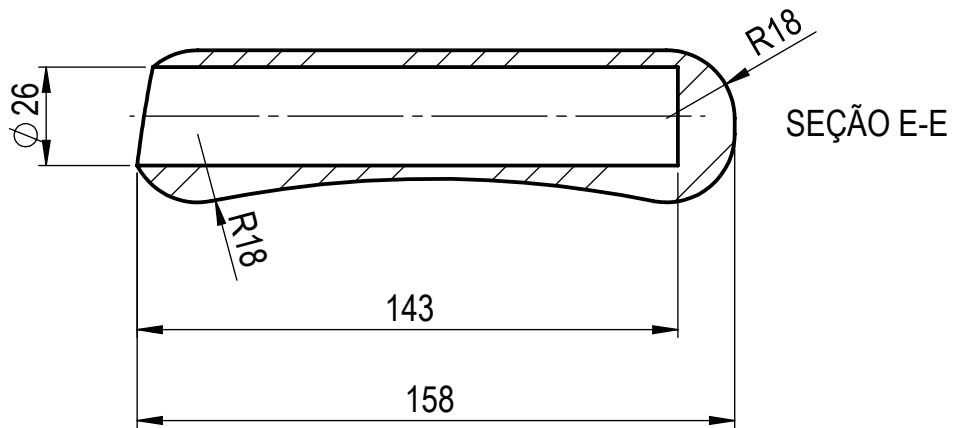
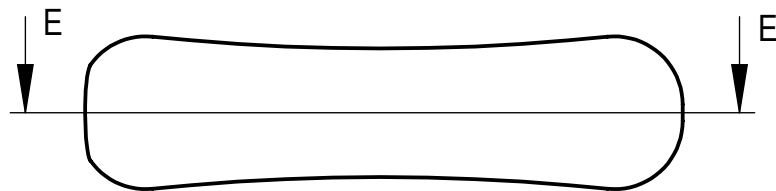
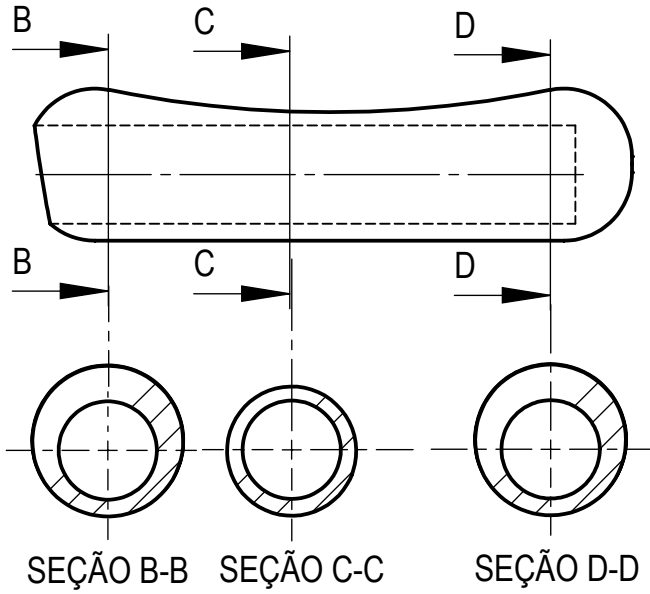
Unidade: mm

Data: 24/02/2017

Normas: ABNT

Página: 4/13

6



UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO

CLA - Escola de Belas Artes

Depto. de Desenho Industrial

Curso de Desenho Industrial

Habilitação em Projeto de Produto

Título do Projeto:

**Telemedidor Dectec -
uma proposta de redesign**

Conjunto: Telemedidor Dectec

Obs:

Sub-conjunto: Haste telescópica

Autor(a): Larissa Pereira de Farias

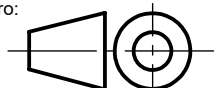
Escala: 1:2

Diedro:

Orientador(a): Beany Guimarães

Coorientador: Isaac Luquetti

Unidade: mm

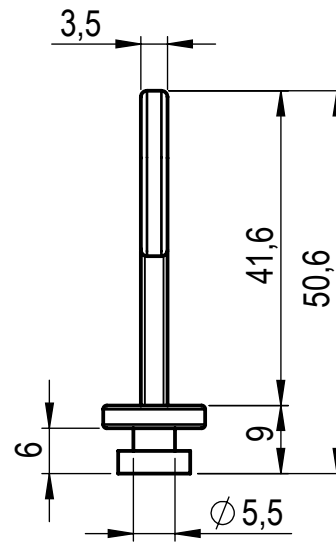
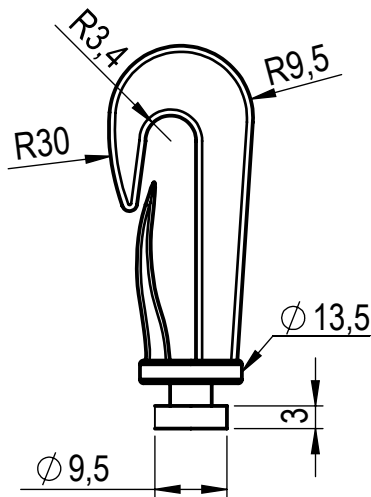
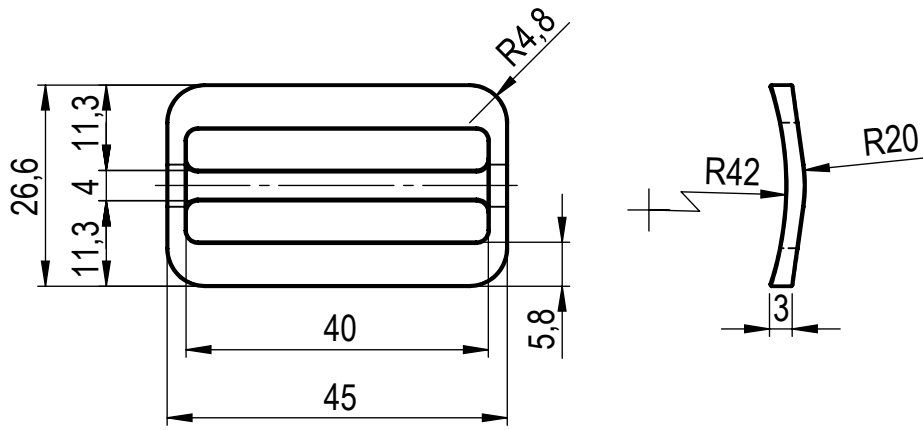


Data: 24/02/2017

Normas: ABNT

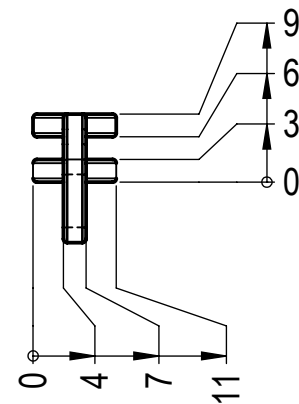
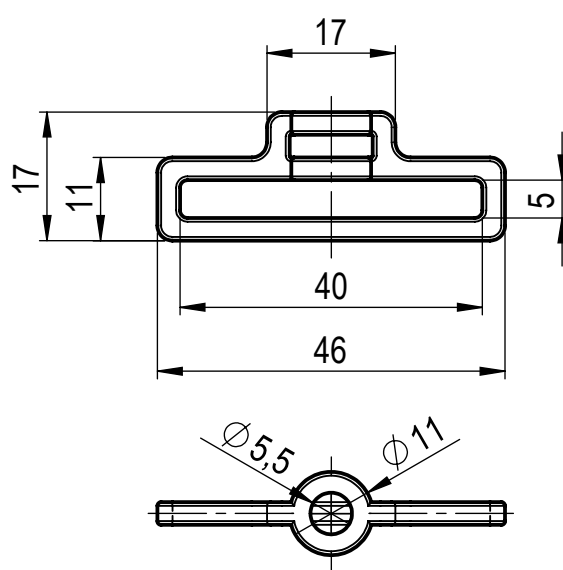
Página: 5/13

14



15A

15B



UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO

CLA - Escola de Belas Artes

Depto. de Desenho Industrial

Curso de Desenho Industrial

Habilitação em Projeto de Produto

Título do Projeto: **Telemedidor Dectec - uma proposta de redesign**

Conjunto: Telemedidor Dectec

Obs:

Sub-conjunto: Kit de sustentação

Autor(a): Larissa Pereira de Farias

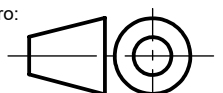
Escala: 1:1

Diedro:

Orientador(a): Beany Guimarães

Coorientador: Isaac Luquetti

Unidade: mm

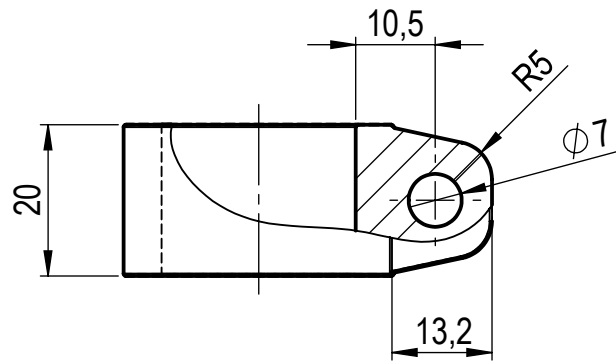
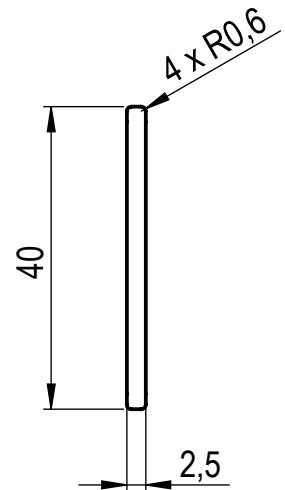
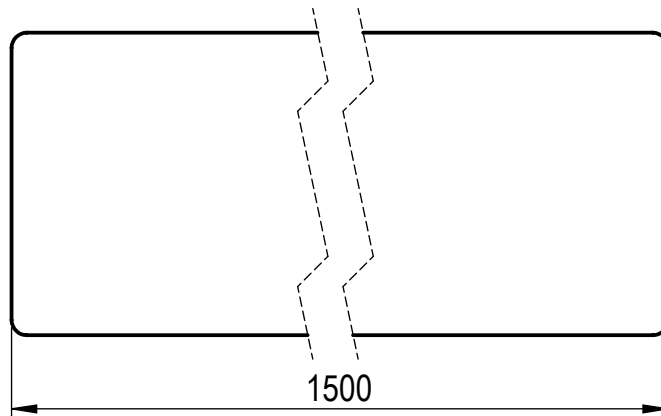


Data: 24/02/2017

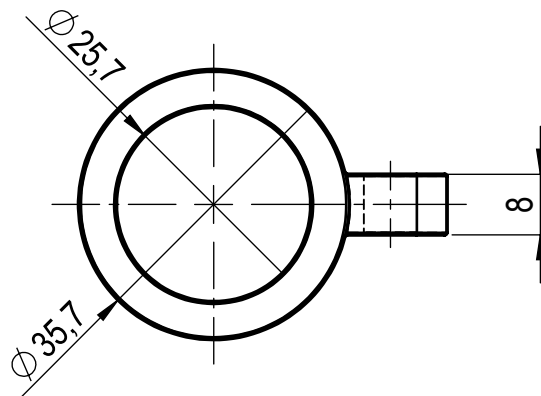
Normas: ABNT

Página: 6/13

1



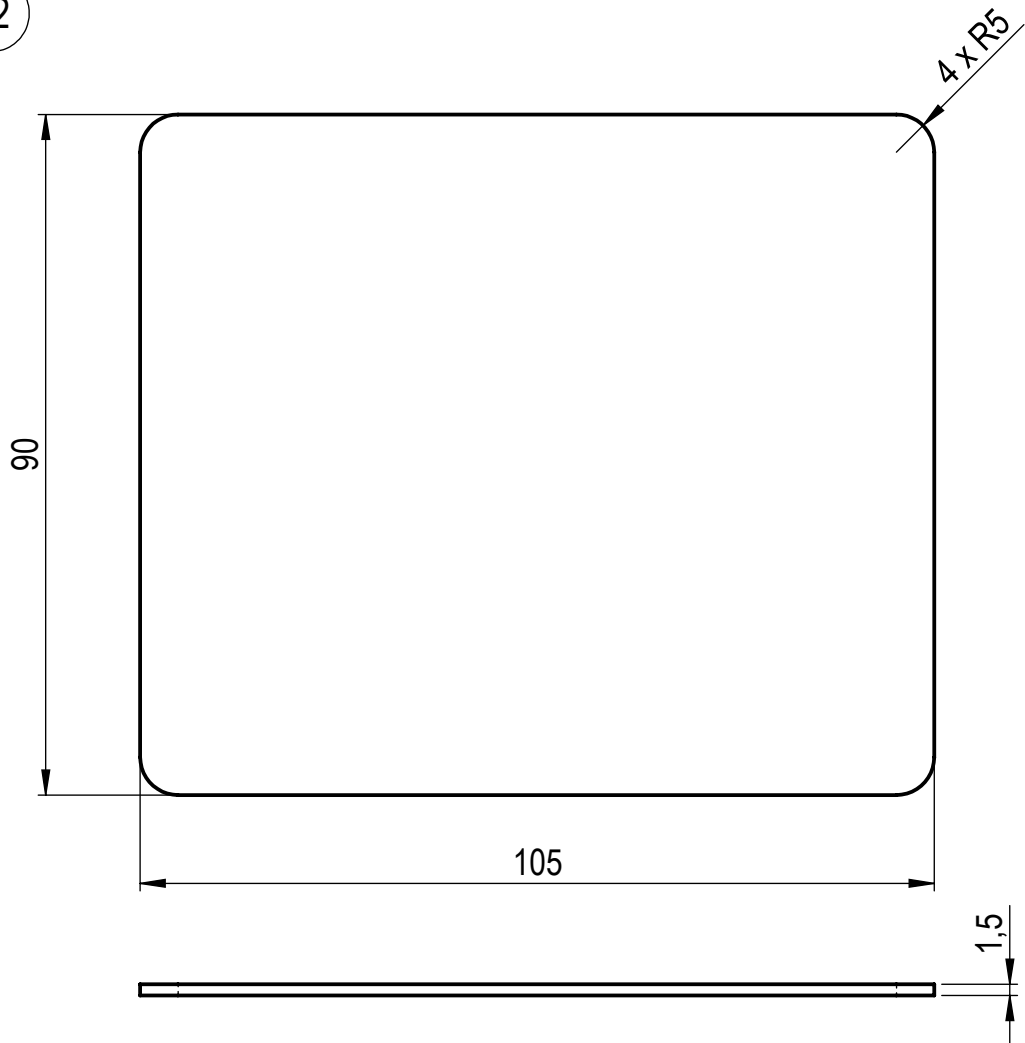
8



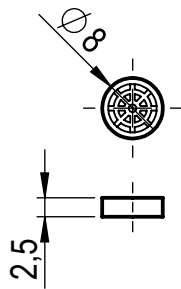
UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO

CLA - Escola de Belas Artes		Depto. de Desenho Industrial	
Curso de Desenho Industrial		Habilitação em Projeto de Produto	
Título do Projeto: Telemedidor Dectec - uma proposta de redesign	Conjunto: Telemedidor Dectec		Obs:
	Sub-conjunto: Kit de sustentação		
Autor(a): Larissa Pereira de Farias		Escala: 1:1	
Orientador(a): Beany Guimarães	Coorientador: Isaac Luquetti	Unidade: mm	
Data: 24/02/2017	Normas: ABNT	Página: 7/13	

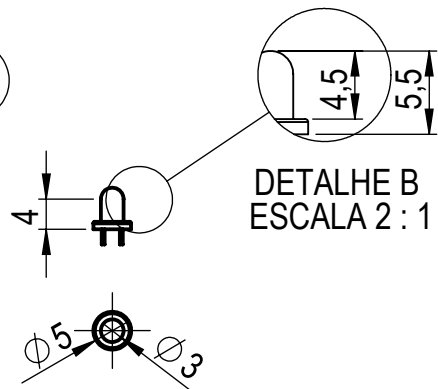
22



26



24



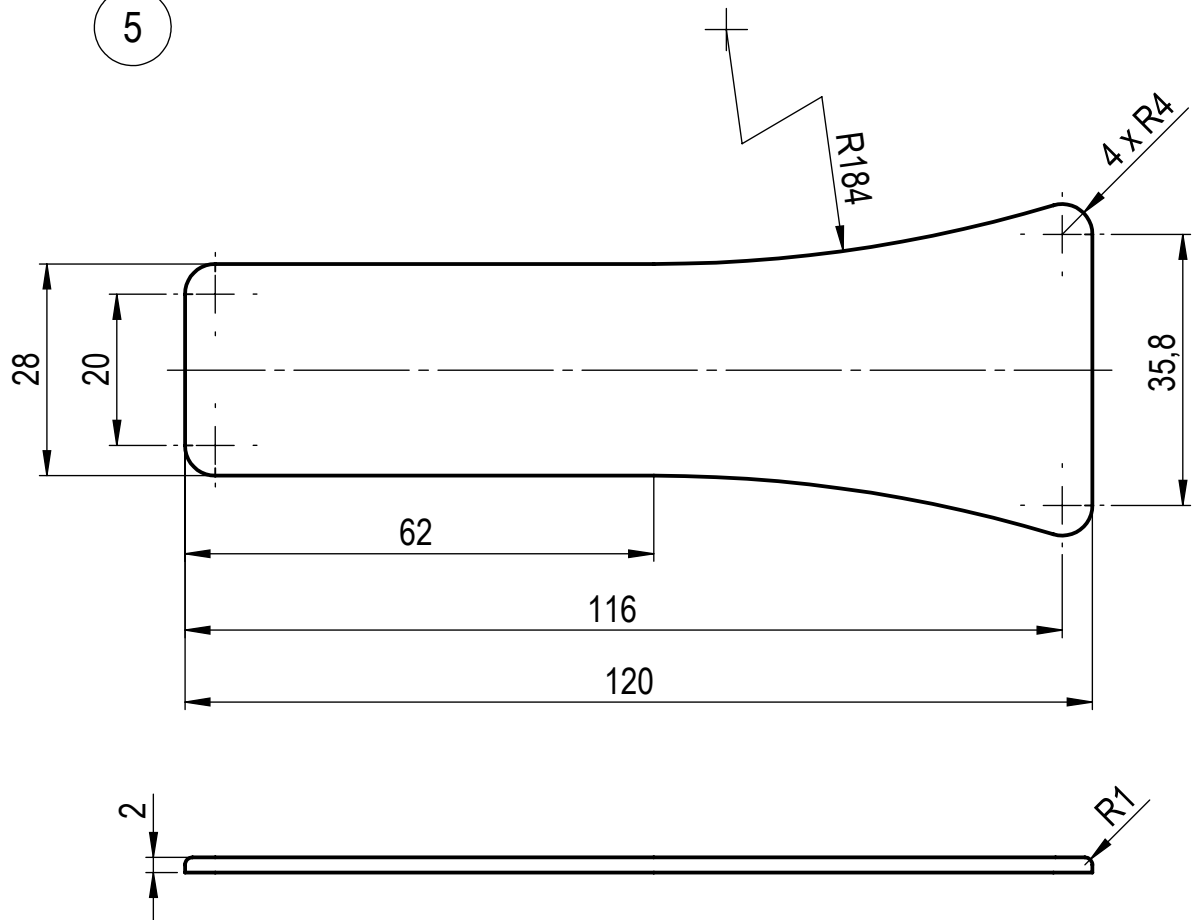
DETALHE B
ESCALA 2 : 1

Obs:
As peças 24 e 25 (LEDs) são itens de série e possuem as mesmas dimensões.

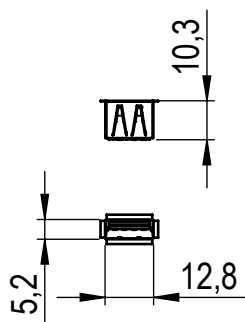
UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO

CLA - Escola de Belas Artes		Depto. de Desenho Industrial	
Curso de Desenho Industrial		Habilitação em Projeto de Produto	
Título do Projeto: Telemedidor Dectec - uma proposta de redesign	Conjunto: Telemedidor Dectec		Obs:
	Sub-conjunto: Módulo de medição		
Autor(a): Larissa Pereira de Farias		Escala: 1:1	
Orientador(a): Beany Guimarães	Coorientador: Isaac Luquetti	Unidade: mm	
Data: 24/02/2017	Normas: ABNT	Página: 8/13	

5

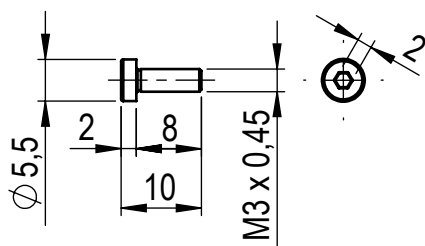


20

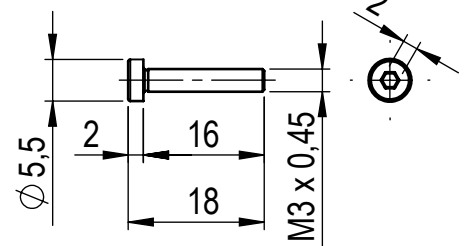


Escala 1:2

21



18



UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO

CLA - Escola de Belas Artes

Depto. de Desenho Industrial

Curso de Desenho Industrial

Habilitação em Projeto de Produto

Título do Projeto:

**Telemedidor Dectec -
uma proposta de redesign**

Conjunto: Telemedidor Dectec

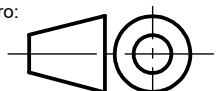
Sub-conjunto: Módulo de medição

Obs:

Autor(a): Larissa Pereira de Farias

Escala: 1:1 e 1:2

Diedro:



Orientador(a): Beany Guimarães

Coorientador: Isaac Luquetti

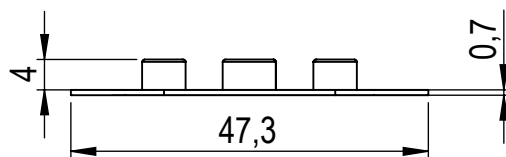
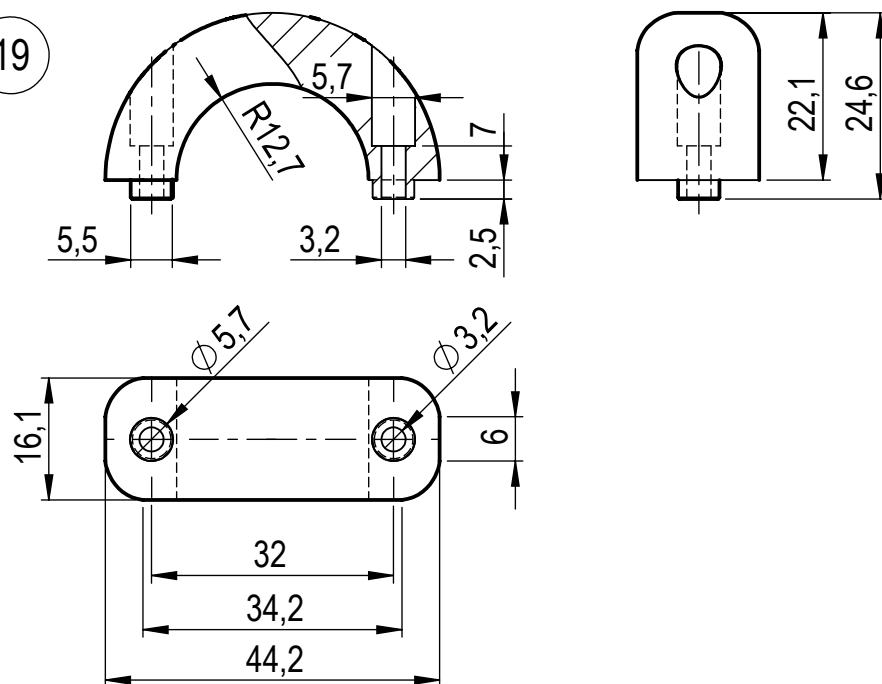
Unidade: mm

Data: 24/02/2017

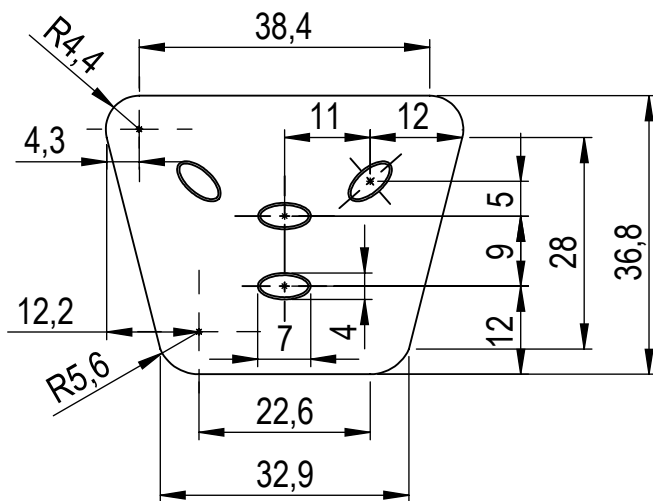
Normas: ABNT

Página: 9/13

19



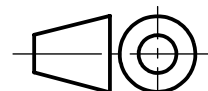
3



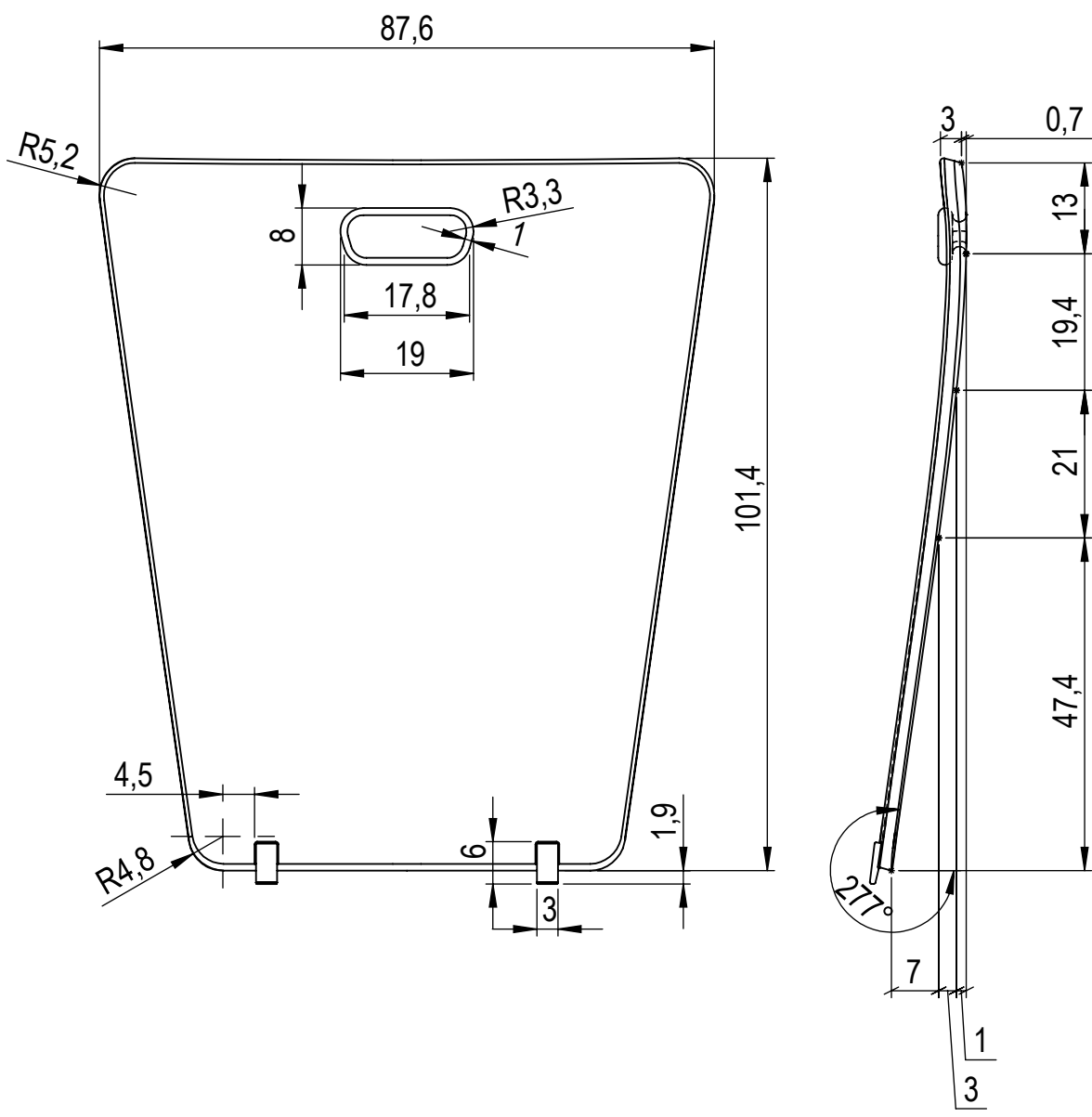
Escala 1:2

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO

CLA - Escola de Belas Artes		Depto. de Desenho Industrial	
Curso de Desenho Industrial		Habilitação em Projeto de Produto	
Título do Projeto: Telemedidor Dectec - uma proposta de redesign	Conjunto: Telemedidor Dectec		Obs:
	Sub-conjunto: Módulo de Medição		
Autor(a): Larissa Pereira de Farias		Escala: 1:1 e 1:2	
Orientador(a): Beany Guimarães	Coorientador: Isaac Luquetti	Unidade: mm	
Data: 24/02/2017	Normas: ABNT	Página: 10/13	



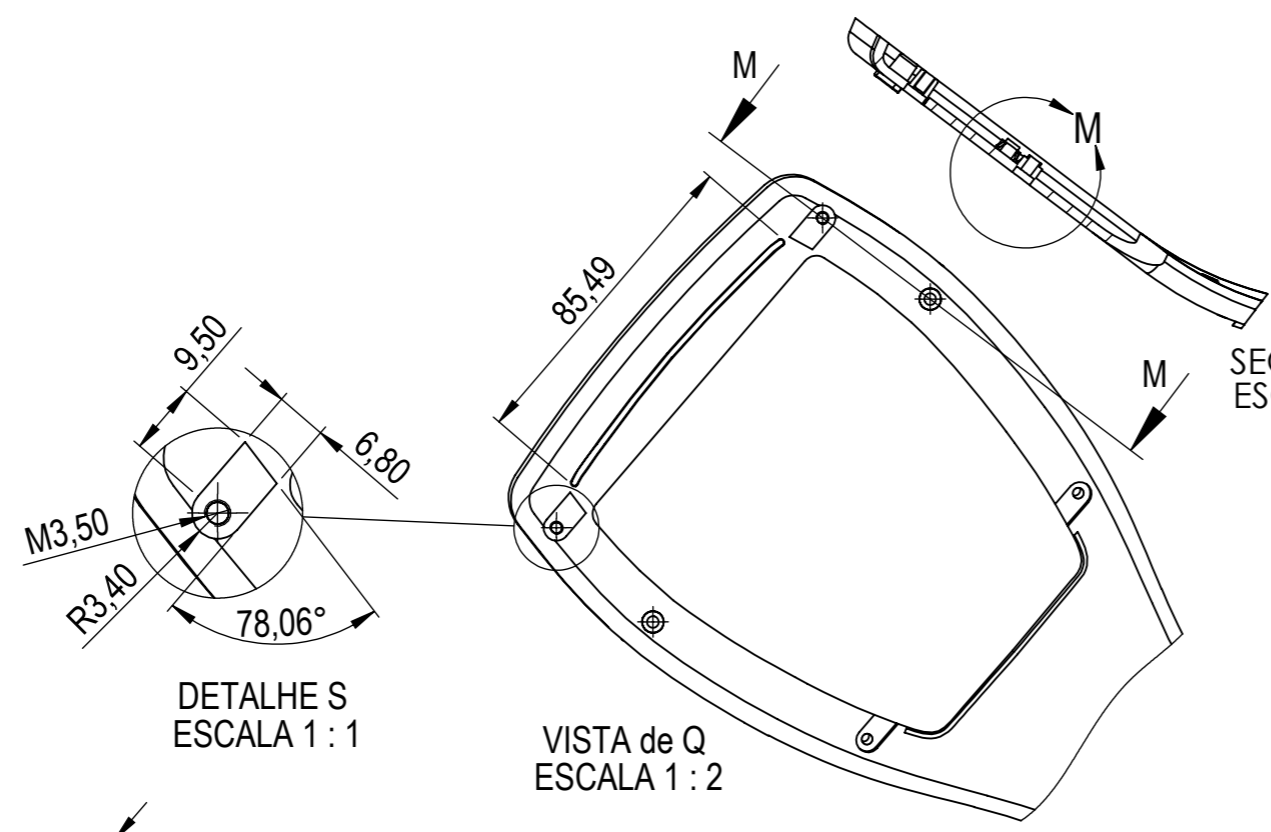
23



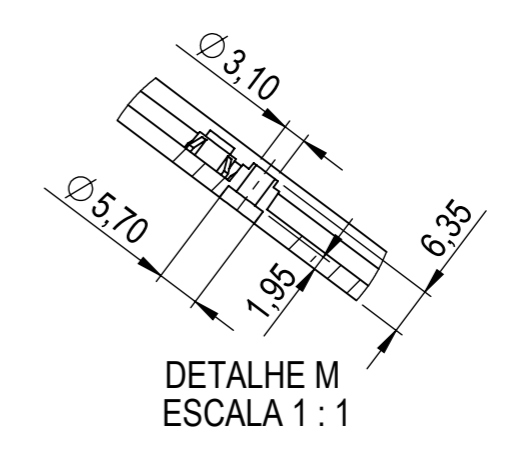
UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO

CLA - Escola de Belas Artes		Depto. de Desenho Industrial	
Curso de Desenho Industrial		Habilitação em Projeto de Produto	
Título do Projeto: Telemedidor Dectec - uma proposta de redesign	Conjunto: Telemedidor Dectec		Obs:
	Sub-conjunto: Módulo de Medição		
Autor(a): Larissa Pereira de Farias		Escala: 1:1	
Orientador(a): Beany Guimarães	Coorientador: Isaac Luquetti	Unidade: mm	
Data: 24/02/2017	Normas: ABNT	Página: 11/13	

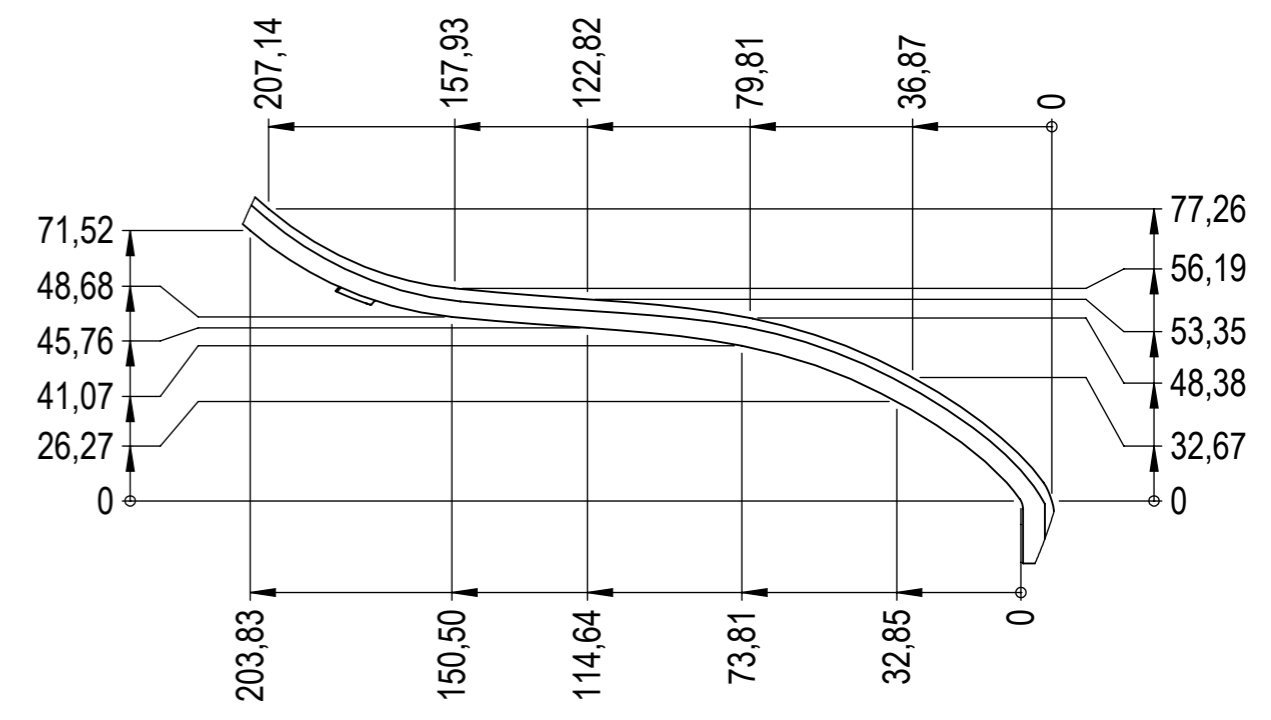
4



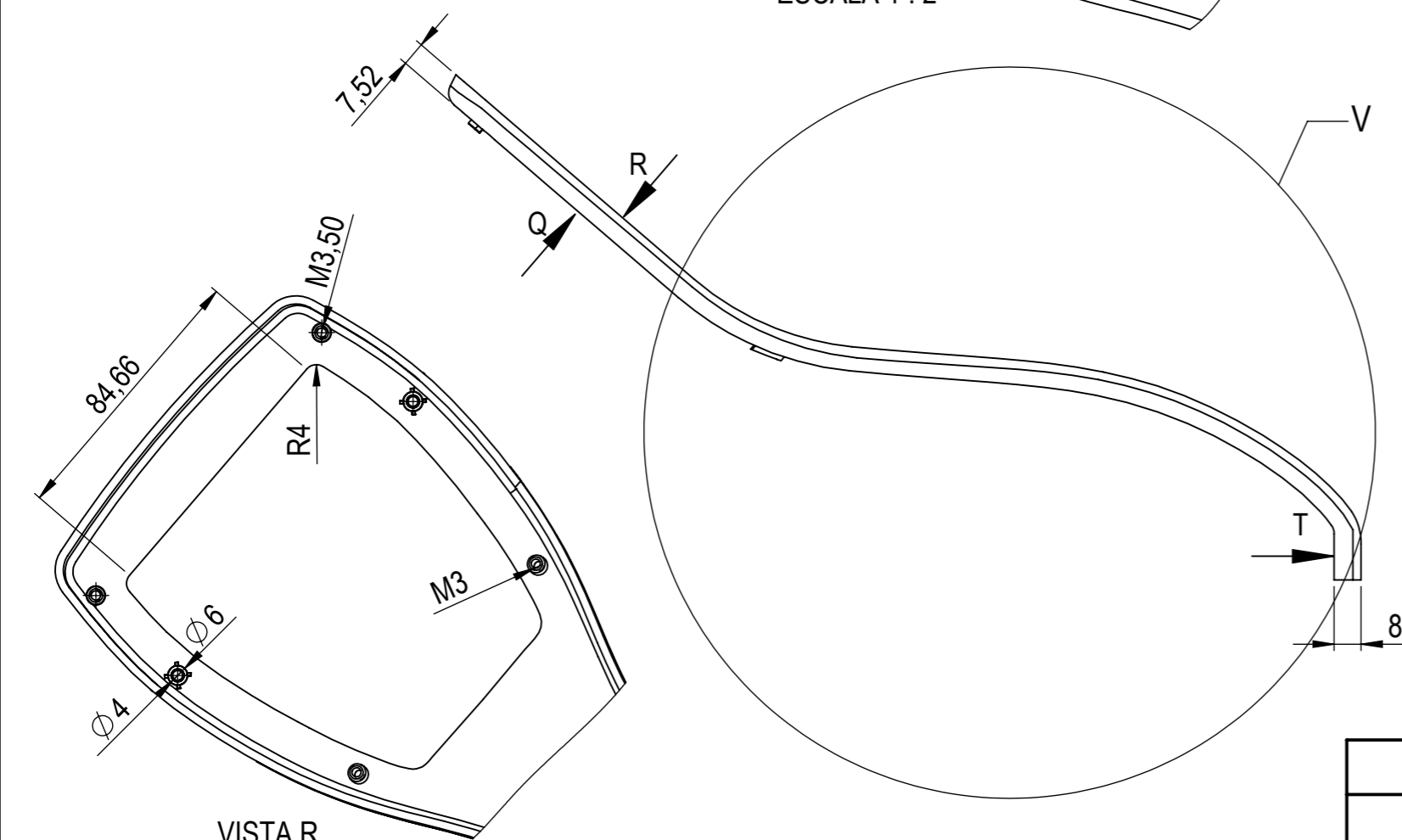
SEÇÃO M-M
ESCALA 1 : 2



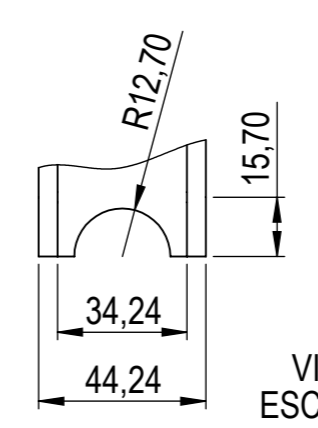
DETALHE M
ESCALA 1 : 1



DETALHE V
ESCALA 1 : 2



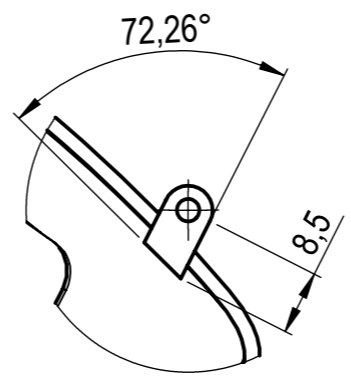
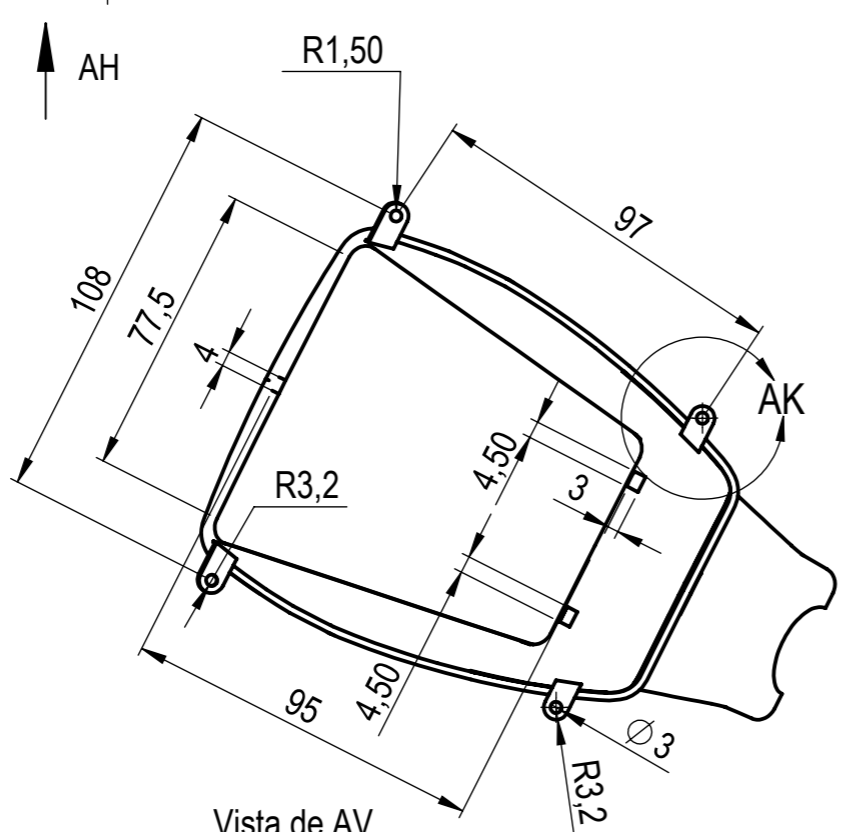
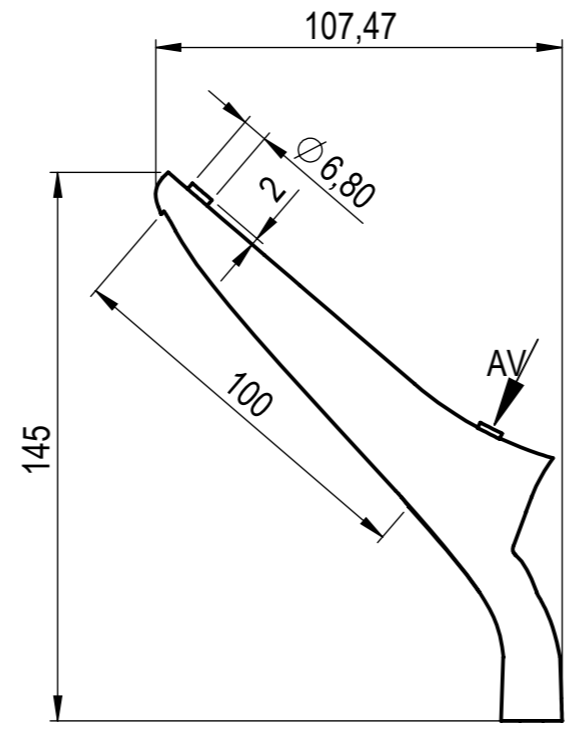
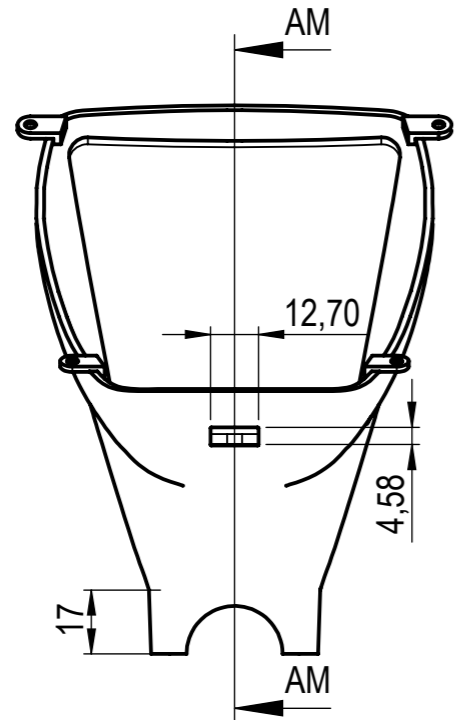
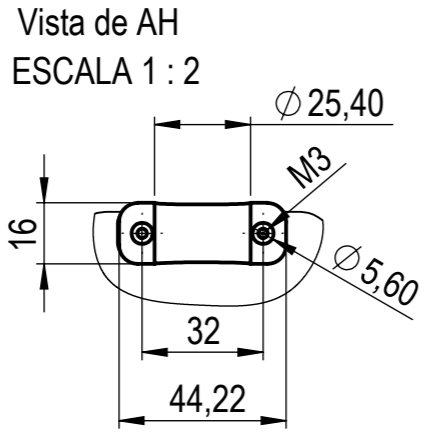
VISTA R
ESCALA 1 : 2



VISTA T
ESCALA 1 : 2

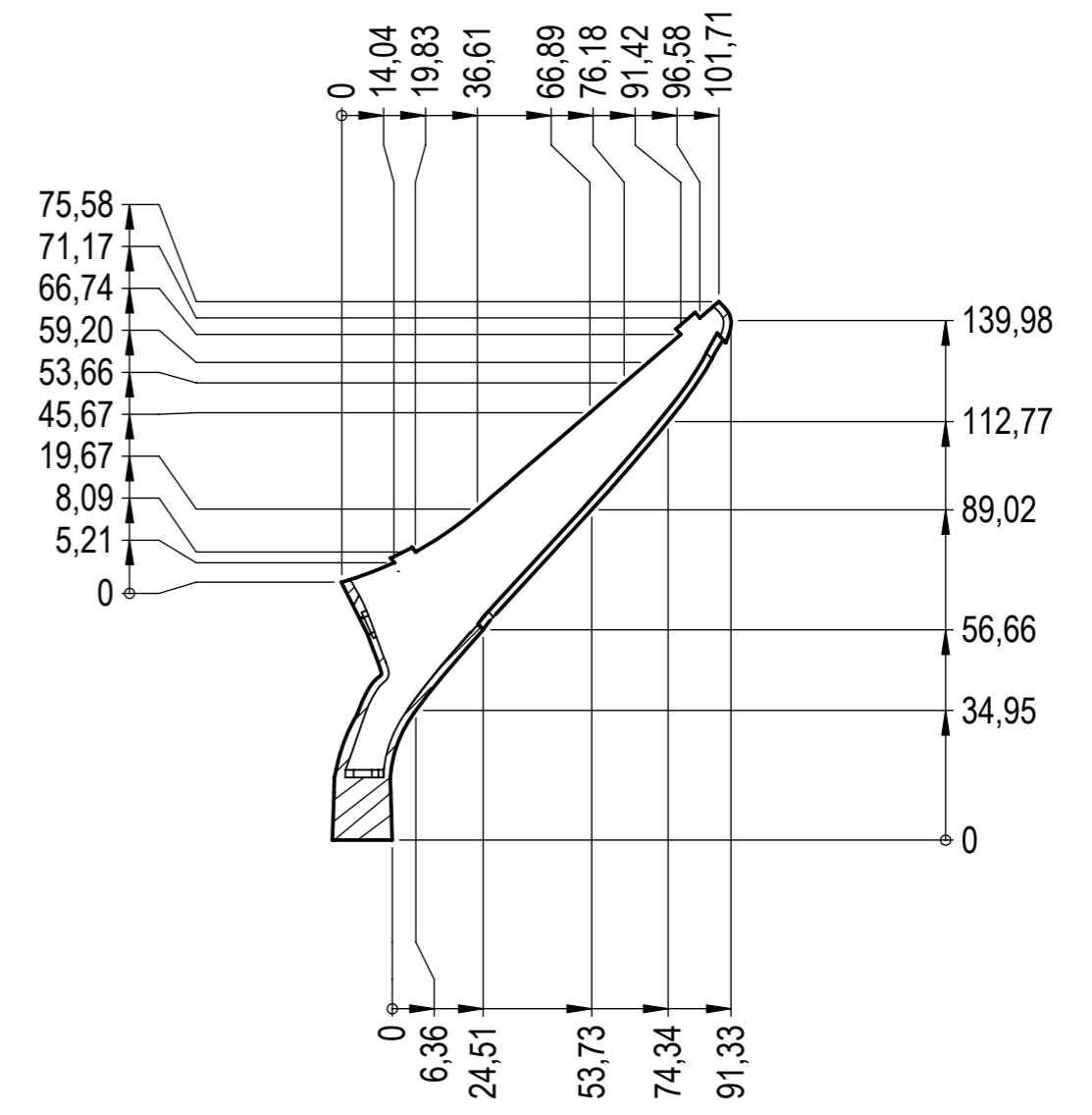
UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO			
CLA - Escola de Belas Artes		Depto. de Desenho Industrial	
Curso de Desenho Industrial		Curso de Desenho Industrial	
Título do Projeto:	Telemidador Dectec - uma proposta de redesign		Obs: Carcaça Inferior
			Conjunto: Telemidador Dectec Sub-conjunto: Módulo de Medição
Autor(a): Larissa Pereira de Farias	Escala: 1:1 - 1:2		Diedro:
Orientador(a): Beany Guimarães	Coorientador: Isaac Luquetti	Unidade: mm	
Data: 24/02/2017	Normas: ABNT	Página: 12/13	

4



Vista de AV
ESCALA 1 : 2

DETALHE AK
ESCALA 1 : 1



SEÇÃO AM-AM
ESCALA 1 : 2

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO				
CLA - Escola de Belas Artes		Depto. de Desenho Industrial		
Curso de Desenho Industrial		Curso de Desenho Industrial		
Titulo do Projeto:	Telemedidor Dectec - uma proposta de redesign	Conjunto: Telemedidor Dectec	Obs: Parte dianteira da carcaça inferior	
		Sub-conjunto: Módulo de medição		
Autor(a): Larissa Pereira de Farias	Escala: 1:1 - 1:2	Diedro:		
Orientador(a): Beany Guimarães	Coorientador: Isaac Luquetti			Unidade: mm
Data: 24/02/2017	Normas: ABNT			Página: 13/13