

DANIEL LAFER MATANDOS

**IMPLEMENTAÇÃO DE UM PROCESSO DE DESIGN THINKING PARA
O CEPED (CENTRO DE ESTUDOS E PESQUISAS SOBRE
DESASTRES) E SUA APLICAÇÃO PARA O DESENVOLVIMENTO DE
SOLUÇÕES REAIS**

Trabalho de formatura apresentado à
Escola Politécnica da Universidade de São
Paulo para obtenção do diploma de
Engenheiro de Produção

São Paulo
2013

DANIEL LAFER MATANDOS

**IMPLEMENTAÇÃO DE UM PROCESSO DE DESIGN THINKING PARA
O CEPED (CENTRO DE ESTUDOS E PESQUISAS SOBRE
DESASTRES) E SUA APLICAÇÃO PARA O DESENVOLVIMENTO DE
SOLUÇÕES REAIS**

Trabalho de formatura apresentado à
Escola Politécnica da Universidade de São
Paulo para obtenção do diploma de
Engenheiro de Produção

Orientador: Professor Doutor Eduardo de
Senzi Zancul

São Paulo
2013

DEDALUS - Acervo - EPRO



32100012450

ACOMPANHA CD

0446731

TF-2013

M4121

tombo: H 2013 A Q

FICHA CATALOGRÁFICA

Matandos, Daniel Lafer

Implementação de um processo de design thinking para o CEPED (Centro de Estudos e Pesquisas sobre Desastres) e sua aplicação para o desenvolvimento de soluções reais / D.L. Matandos. -- São Paulo, 2013.

99 p.

Trabalho de Formatura - Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. Departamento de Engenharia de Produção.

1.Desenvolvimento de produtos (Metodologia) I.Universidade de São Paulo. Escola Politécnica. Departamento de Engenharia de Produção II.t.

AGRADECIMENTOS

Aos meus pais e familiares, pelo apoio incondicional em todos os momentos da minha vida.

Ao Prof. Dr. Eduardo Zancul, por ter me orientado e apoiado durante todo este trabalho e pelo auxílio em minha vida acadêmica.

A todos os Professores do Departamento, pelo o conhecimento e sabedoria que nos foram passados.

Aos meus amigos, por possibilitarem tornar a minha vida acadêmica mais prazerosa.

À USP, ao CEPED e à Defesa Civil do Estado de São Paulo, por me permitirem fazer parte de um projeto que poderá realmente salvar vidas.

RESUMO

Este Trabalho consistiu no desenvolvimento de um produto para a Defesa Civil do Estado de São Paulo utilizando-se a metodologia proposta pelo *Design Thinking*, uma abordagem multidisciplinar focada nas necessidades reais do usuário, utilizada para gerar inovações em produtos e processos, sendo amplamente reconhecida e aplicada em ambientes altamente inovadores e competitivos, como o Vale do Silício, na Califórnia. O trabalho contou com a identificação de uma necessidade da Defesa Civil através do CEPED (Centro de Estudos e Pesquisas sobre Desastres), Centro criado para usufruir da geração de conhecimento nas unidades da Universidade de São Paulo para atender a demandas da Defesa Civil. Devido à cobertura limitada no monitoramento pluviométrico no estado de São Paulo, existem comunidades isoladas que não possuem maneiras eficientes de se preparar para eventuais consequências das chuvas. A parte central deste Trabalho foi desenvolver uma solução para esta falta de cobertura e consistiu no desenvolvimento de um protótipo de um pluviômetro automático funcional e uma interface digital flexível para monitoramento, que funciona independentemente da cobertura centralizada da Defesa Civil, e permite que as próprias comunidades gerenciem suas condições de segurança climática, tomando as providências necessárias.

Palavras-chave: Design Thinking. Inovação. Governo. Pluviômetro Automático. Desenvolvimento de produto.

ABSTRACT

This work consisted in the development of a product for the Defesa Civil (Civil Defense Corps) of the State of São Paulo using a Design Thinking methodology, which is a multidisciplinary approach, focused on the users' real needs, and employed to generate innovation in products and services. It is widely recognized and utilized in highly innovative and competitive environments, such as the Silicon Valley in California. The endeavor began by the identification of a Defesa Civil's necessity through the CEPED (Portuguese initials for Centre for Studies and Research on Disaster), an institution created to take advantage of the knowledge generated within the units of University of São Paulo in order to meet the needs of the Civil Defense Corps. Due to limited coverage of the pluviometric monitoring in the State of São Paulo, there are several isolated communities that do not have effective ways to prepare themselves to face the incoming effects of rainfall. The central part of this paper is the development of a solution that addresses the lack of coverage and consisted in the design of a functional prototype of an automatic rain gauge and a flexible digital interface for monitoring, that functions independently of the centered coverage provided by the Civil Defense Corps, and permits communities to manage independently their climate security conditions taking the necessary countermeasures.

Keywords: Design Thinking. Innovation. Government. Automatic Rain Gauge. Product Development.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 – As etapas de um Processo de <i>Design Thinking</i>	28
Figura 2 – Processo de DT descrito com mais passos.....	29
Figura 3 – Exemplo de Mapa Conceitual cujo tema central é <i>Design Thinking</i>	31
Figura 4 – Mapa dos municípios atualmente monitorados pelo CEMADEN	37
Figura 5 – Visão sistêmica dos componentes de um pluviômetro automático.....	39
Figura 6 – Modelo similar ao usado pelo CEMADEN	40
Figura 7 – Esquema de mecanismo de balança	41
Figura 8 – Mecanismo do tipo "Gangorra"	42
Figura 9 – Balança <i>RAIN-O-MATIC</i> com apenas 1 recipiente	43
Figura 10 – Modelo de Pluviômetro Ótico <i>Optical Scientific ORG-815 Optical Rain Gauge</i>	44
Figura 11 – Processo de leitura por sensor magnético	44
Figura 12 – <i>Mind Map</i> desenvolvido para auxiliar na visualização do Projeto	49
Figura 13 – Protótipo do mecanismo feito em <i>LEGO</i>	57
Figura 14 – Mecanismo do tipo balança construído, sem impermeabilização.....	60
Figura 15 – Detalhe da tela protetora no coletor	63
Figura 16 – Protótipo finalizado, com instalação dos componentes eletrônicos.....	65
Figura 17 – Esquema de chave magnética normalmente aberta.....	67
Figura 18 – Microcontrolador <i>Arduino UNO</i> utilizado no protótipo	68
Figura 19 – Algoritmo desenvolvido para o microcontrolador	69
Figura 20 – Painel de controle do <i>SAL</i>	72
Figura 21 – Formulário de Cadastro de Alerta do <i>SAL</i>	73
Figura 22 – Balança em perspectiva.....	87
Figura 23 – Vista superior da balança	87
Figura 24 – Vista da Plataforma em perspectiva.....	88
Figura 25 – Vista superior da Base.....	89
Figura 26 – Vista frontal do Mecanismo	90
Figura 27 – Vista traseira do Mecanismo	91
Figura 28 – Vista interna do Pluviômetro	92
Figura 29 – Vista externa do Pluviômetro.....	93

LISTA DE QUADROS E TABELAS

Quadro 1 – As abordagens precursoras do <i>Design Thinking</i>	20
Quadro 2 – As Diferentes formas de descrever o <i>Design Thinking</i>	26
Tabela 3 – Planilha para Simulação do Dimensionamento do Pluviômetro	58
Tabela 4 – Registro dos Experimentos	60
Tabela 5 – Reprodução dos resultados da análise ANOVA feita no <i>Microsoft Excel</i>	61
Tabela 6 – Precificação do Protótipo.....	75
Tabela 7 – Estimativa de custo do Produto final	76

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	11
1.1	Motivação.....	11
1.2	Objetivos do Trabalho.....	11
1.3	Estrutura do Texto.....	12
1.4	A Instituição: CEPED – Centro de Estudos e Pesquisas de Desastres.....	12
1.4.1	Origem e Descrição das Atividades.....	13
1.4.2	Atividades Exercidas.....	13
1.4.3	Desafios.....	15
2	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA: <i>DESIGN THINKING</i>	17
2.1	Origem e História.....	17
2.1.1	As Precursoras.....	17
2.1.1.1	<i>Participatory/Cooperative Design</i> (PD).....	18
2.1.1.2	<i>User-Centered Design</i> (UCD).....	18
2.1.1.3	<i>Service Design</i> (SD).....	19
2.1.1.4	<i>Human-Centered Design</i> (HCD).....	20
2.1.2	A Evolução do conceito “Pensar como <i>Designer</i> ” – “ <i>Think as a Designer</i> ”.....	21
2.1.2.1	<i>Design Thinking</i> como Estilo Cognitivo.....	22
2.1.2.2	<i>Design Thinking</i> como Teoria Geral do Design.....	23
2.1.2.3	<i>Design Thinking</i> como Recurso Organizacional.....	24
2.2	Principais Conceitos e Paradigmas.....	26
2.2.1	<i>Solution-Based</i> : o significado de um processo baseado em soluções.....	27
2.2.2	<i>Three spaces of innovation</i>	27
2.2.3	Projeto, <i>Brief</i> , Equipes e Culturas de Inovação.....	29
2.2.4	Pondo-se nos Pés do Usuário: Criando Empatia.....	30
2.2.5	Brainstorming.....	32
2.2.6	Prototipação.....	32
2.2.7	Limitações.....	32
2.3	Casos de Sucesso de empresas que adotaram Processos de <i>Design Thinking</i>	33
3	MÉTODO DE TRABALHO E FERRAMENTAS.....	35
3.1	Os requisitos da Defesa Civil e do CEPED e a definição da solução.....	35
3.2	A Solução.....	38
3.2.1	Desenvolvimento do Conceito e Exemplos de já existentes.....	39

3.2.1.1	Coletor e Carcaça	40
3.2.1.2	Medidor	41
3.2.1.3	Sensor, Microcontrolador e Parte Elétrica	44
3.3	A aplicação do <i>Design Thinking</i>	45
3.3.1	Conceitos Adotados	45
3.3.1.1	Gerando Empatia.....	46
3.3.1.2	As três fases: Inspiração, Ideação e Implementação	47
3.3.1.3	Prototipação como validação de ideias	47
3.3.1.4	Mind Map, Mapa de Idéias	48
3.3.2	Dificuldades encontradas	50
3.3.2.1	A Tentativa Fracassada de Montar uma Equipe	50
3.3.2.2	A Escassez de Tempo	51
4	RESULTADOS.....	53
4.1	Implementando o <i>Design Thinking</i> para o Ambiente Acadêmico do Departamento de Engenharia de Produção e para o CEPED	53
4.2	O Pluviômetro Automático	56
4.2.1	Balança.....	56
4.2.2	Coletor.....	62
4.2.3	Plataforma	63
4.2.4	Resultado.....	64
4.3	A interface.....	65
4.3.1	Sensor.....	66
4.3.2	Microcontrolador	67
4.3.3	Banco de dados e a Interface <i>SAL</i> – Sistema de Alerta Local	70
4.3.4	Precificação do Protótipo e Estimativas de Custo para o Produto Final.....	74
5	CONCLUSÕES	79
5.1	Validação do <i>Design Thinking</i> : Fonte de Ferramentas ou Processo Estruturado?	79
5.2	Aproveitamento da Solução	80
6	REFERÊNCIAS.....	83
7	APÊNDICES.....	87
7.1	APÊNDICE A – Modelos tridimensionais do protótipo.....	87
7.2	APÊNDICE B – Principais rotinas em VBA do <i>SAL</i>	94

1 INTRODUÇÃO

1.1 Motivação

O Trabalho a seguir tem como entrega final a apresentação de um produto que auxilia a Defesa Civil no exercício de suas atividades, melhorando a qualidade dos serviços prestados à população.

Adicionalmente, o Trabalho propicia uma excelente oportunidade de introduzir no ambiente acadêmico do Departamento de Engenharia de Produção um processo de *Design Thinking*, metodologia de desenvolvimento de produtos e processos focada no usuário (do conceito em inglês *human-centered design*), extremamente dinâmica e multidisciplinar, e amplamente utilizada em ambientes notoriamente reconhecidos pela geração de inovação e vanguarda tecnológica, como o Vale do Silício, no estado norte-americano da Califórnia.

A perspectiva de aplicar um processo de desenvolvimento inovador e extrair dele um produto funcional a ser utilizado por uma organização que gera real impacto para a sociedade, como no caso da Defesa Civil, é desafiador e gratificante.

1.2 Objetivos do Trabalho

O objetivo do Trabalho é estabelecer um processo de *Design Thinking* (DT) adaptado para o Laboratório de Produtos do Departamento de Engenharia de Produção, que funcione como uma plataforma de desenvolvimento de soluções para o CEPED (Centro de Estudos e Pesquisas de Desastres), departamento criado a partir de uma parceria entre a Universidade de São Paulo e a Defesa Civil e que tem por objetivo utilizar o conhecimento desenvolvido pelas unidades da Universidade para auxiliar na prevenção, redução e mitigação de desastres nacionais

A primeira etapa consiste em entender as origens, características, trunfos e limitações do DT, sua aplicabilidade dentro das restrições do Trabalho, e iniciar o processo de adaptação do método para as necessidades do CEPED.

Definidos os parâmetros para a implementação do processo, caberá ao autor, aplicar o processo de DT para o desenvolvimento de um produto, que foi especificado junto com CEPED e a Defesa Civil.

1.3 Estrutura do Texto

Na primeira parte do Trabalho, são discutidas as principais ideias necessárias para embasar o desenvolvimento dos produtos requeridos pela Defesa Civil/CEPED, etapa a ser realizada no segundo semestre de 2013.

O primeiro item a ser abordado é o conceito de *Design Thinking*, onde são apresentados a sua história e origem, metodologia, conceitos e a descrição de casos em que foi aplicado. Tendo definido os conceitos de DT e o ambiente onde ele é aplicado, a próxima etapa consiste em desenvolver um Método de Trabalho, no qual o DT é adaptado às restrições de um ambiente acadêmico, resultando em um processo replicável, flexível e futuramente aproveitado pela Universidade em outras oportunidades. Os resultados e conclusão deste Trabalho consistem na descrição detalhada da solução desenvolvida e na discussão sobre a aplicabilidade de um processo de DT para o ambiente do InovaLab, o Laboratório de Inovação do Departamento de Engenharia de Produção da Universidade de São Paulo e do CEPED.

1.4 A Instituição: CEPED – Centro de Estudos e Pesquisas de Desastres

Este item tem por objetivo informar o leitor sobre o cliente final deste Projeto, o CEPED – Centro de Estudos e Pesquisas de Desastres –, suas funções, objetivos, parcerias e necessidades.

1.4.1 Origem e Descrição das Atividades

Criado no início de 2013 a partir de um convênio entre a Defesa Civil de São Paulo e a Universidade de São Paulo (USP), o CEPED tem por objetivo utilizar e disponibilizar o conhecimento gerado nas diversas áreas de ensino da instituição para prevenir, reduzir e mitigar desastres naturais em âmbito regional e nacional. O CEPED já existe em outros estados e vinculados a outras Universidades (como a Universidade Federal de Santa Catarina e a Universidade Federal do Rio Grande do Sul), porém não havia nenhum Centro do gênero em São Paulo. O acordo entre a Defesa Civil e a USP possibilitará o desenvolvimento de soluções focadas particularmente para problemas e necessidades de comunidades do Estado de São Paulo.

Funcionando como um Núcleo de Apoio à Pesquisa (NAP) – e vinculado à Pró-Reitoria de Pesquisa – o CEPED será liderado pela Escola Politécnica (EP), que já desenvolve pesquisas ligadas aos propósitos do Centro, como logística de operações humanitárias, estudos sobre deslizamentos e remoção de resíduos; o Centro será coordenado pelo professor Hugo Yoshizaki.

1.4.2 Atividades Exercidas

O CEPED procura desenvolver pesquisas sob demanda, ou seja, a partir de requisitos prévios da Defesa Civil. Estas pesquisas servirão para prevenção e preparação diante de uma iminente intempérie, mitigação dos estragos causados por ela, auxílio na recuperação da área atingida, etc. Outro foco importante na criação do CEPED é a multidisciplinaridade e integração entre as diversas unidades da Universidade. Por isso, apesar de liderado pela Escola Politécnica, o Centro contará com a participação de mais 10 unidades em suas atividades:

- Instituto de Astronomia, Geofísica e Ciências Atmosféricas (IAG): previsão de eventos extremos de chuva
- Instituto de Psicologia (IP): amparo psicológico às vítimas e aos profissionais em situações de emergência

- Faculdade de Arquitetura e Urbanismo (FAU): projeto de abrigos temporários e desenho de equipamentos especiais
- Instituto de Geociências (IGc): gerenciamento de áreas de riscos de deslizamentos
- Faculdade de Saúde Pública (FSP): elaboração de mapas de vulnerabilidade a desastres e base de dados sobre impactos na saúde
- Escola de Artes, Ciências e Humanidades (EACH): sistema de informação e capacitação de agentes da Defesa Civil.
- Faculdade de Medicina: projetos para situações de atendimento emergencial
- Instituto de Medicina Tropical: projetos para situações epidemiológicas
- Faculdade de Direito (FD): mapeamento e gestão de riscos e sua interface com o Direito
- Escola de Engenharia de São Carlos (EESC): estudos sobre impactos de inundações

Com um amplo espectro de competências e atividades, o CEPED deverá atuar desde a elaboração de relatórios científicos com os resultados das pesquisas até capacitação de pessoal de campo. O Centro terá a função de centralizar e disponibilizar o conteúdo das pesquisas. Nas palavras do professor da FAU, Arthur Lara, “precisamos centralizar as informações. A gestão do desastre é complicada porque envolve a tomada rápida de decisões. O CEPED, com a participação da Universidade, entra com o argumento técnico, que deve se sobrepor a questões políticas” (Em: <http://www5.usp.br/26125/usp-e-defesa-civil-se-aliam-em-centro-de-pesquisas-sobre-desastres/>, acesso em 26 de maio). Contornar a burocracia inerente do sistema político é crucial para entregar respostas rápidas e precisas a eventos que são, na maioria das vezes, irrefreáveis.

Também caberá ao Centro a atuação diretamente com a população, com a elaboração e distribuição de cartilhas, folhetos e apostilas orientando as comunidades sobre como agir em situações de emergência, além de prover treinamento adequado aos agentes da Defesa Civil para, por exemplo, interpretar corretamente dados meteorológicos, lidar com perigo de epidemias e oferecer amparo às vítimas de eventuais catástrofes.

Outra tarefa importante a ser realizada pelo CEPED é o desenvolvimento de um mapa colaborativo. Nele estarão disponíveis geograficamente os dados e pesquisas desenvolvidos pelas diversas unidades da USP vinculadas ao projeto, desde informações sobre a propensão do solo a deslizamentos até a incidência de determinadas doenças epidêmicas. Desta forma, será possível interpretar melhor as características de cada região e tomar as medidas

necessárias, em caso de emergência, com mais precisão e agilidade, economizando recursos e salvando vidas.

1.4.3 Desafios

No Brasil, devido à ausência de catástrofes geradas por forças sísmicas (maremotos, vulcões e terremotos), as principais ocorrências se darão por influências meteorológicas. Generalizando, pode-se agrupar os desastres que o País enfrenta em dois grandes grupos:

- **Secas:** potencializam a incidência de incêndios florestais, grandes responsáveis por desmatar grandes áreas de preservação (são frequentemente causados por criminosos para ampliar as áreas de lavoura e pecuária e que fogem do controle devido à falta de chuvas), consumindo mais de 300 mil hectares de mata nativa por ano, o equivalente a 560 mil campos de futebol, além de emitirem grande parte (cerca de 75%) do gás carbônico emitido pelo País; também provocam desabastecimento de água a comunidades, levando a sede, perda de plantações, desnutrição das populações, degradação do solo e, em casos mais graves, morte de animais e pessoas.
- **Excesso de Chuvas:** causa inundações, ao elevar os níveis de rios, particularmente aqueles que foram canalizados, infiltra e erode solos desprotegidos acarretando em desmoronamentos, que destroem propriedades, estradas, instalações, etc. ameaçando a vida dos habitantes de áreas atingidas.

No Estado de São Paulo, os maiores problemas são causados pelo excesso de precipitação e, portanto, a maior parte das atividades que o CEPED executará será ligada à prevenção, mitigação e contenção de danos ligados às chuvas. Segundo o Portal Terra

O Estado de São Paulo já registra 12 mortes em decorrência das chuvas desde o início do mês de dezembro – o mesmo número alcançado no ano passado, até 31 de março. [...] O Estado contabiliza ainda 2.163 desalojados (no ano passado, até março, foram 1.638), 260 desabrigados (ante 284 em 2012) e 59 feridos (39 no ano passado). (Em: <http://noticias.terra.com.br/brasil/cidades/sp-registra-12-mortes-devido-a-chuvas-desde-dezembro,26cb98ce1e34c310VgnLD2000000ec6eb0aRCRD.html>, acesso em 26 de maio).

Estes números evidenciam a necessidade de se tomar mais medidas para auxiliar as comunidades vulneráveis a ação das chuvas pelo Estado.

Carlos Morales Rodriguez, coordenador do Laboratório Storm-T (Sensoriamento Remoto Meteorológico de Tempestades, do IAG) afirma que:

[O plano do CEPED para prevenção] é, a partir de informações sobre áreas críticas, fazer uma análise estatística de todos os eventos meteorológicos e identificar qual a probabilidade de algum evento extremo ocorrer. Uma vez identificados esses extremos no passado, pretendemos desenvolver produtos que possam fazer detecção e prevenção. (Em: <http://www5.usp.br/26125/usp-e-defesa-civil-se-aliam-em-centro-de-pesquisas-sobre-desastres/>, acesso em 26 de maio).

Além do Storm-T, participarão deste projeto outros dois laboratórios: o Master (Meteorologia Aplicada a Sistema de Tempo Regionais) e o Grec (Grupo de Estudos Climáticos). Com os dados providos por essas três fontes, será construído um modelo de previsão de tempestades de curto prazo, abastecendo os potenciais locais de risco com informações confiáveis para que as autoridades possam tomar as melhores decisões (evacuação de pessoas de áreas de risco, preparação de abrigos, por exemplo).

Apenas a previsão precisa das chuvas, no entanto, não é suficiente para suprimir as suas consequências e evitar desastres. Assim, a etapa seguinte é a redução e mitigação dos danos, salvar aqueles soterrados e ilhados pelas chuvas. Prover as equipes de salvamento e resgate com informações e equipamentos adequados é essencial para o sucesso destas operações.

O CEPED contará com projetos para o desenvolvimento de novos equipamentos que munirão as equipes de salvamento da Defesa Civil. Dentre os já existentes, pode-se citar o desenvolvimento de uma nova boia, mais adaptada ao novo biótipo da população, coordenado pelo professor Arthur Lara (FAU).

O intuito do presente Trabalho é apresentar um protótipo funcional e operacional de um produto que auxilie às equipes da Defesa Civil a melhorar a performance de suas atividades, e que seja desenvolvido segundo o paradigma do *Design Thinking*, respondendo a uma necessidade real do Estado com um processo de desenvolvimento inovador.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA: *DESIGN THINKING*

Design Thinking (DT) é o caminho escolhido para a execução deste Trabalho. De forma concisa, DT é um método de desenvolvimento de produtos e serviços que tem por objetivo a geração de soluções inovadoras e criativas, através de um processo dinâmico, multidisciplinar e cujo foco é na solução e no usuário (*Humand-centered* e *Solution-focused Design* nos termos originais em inglês).

Através de paradigmas como brainstorming, prototipação rápida e incentivo a experimentação (“*fail early do succeed sooner*” – erre cedo para ter êxito antes), o DT procura manter equipes motivadas e sempre a procura de novas propostas para a solução em questão. No decorrer deste capítulo, serão analisados em profundidade as características, ideias e conceitos que definem o processo de DT, bem como a sua origem histórica e exemplos de aplicações reais bem sucedidas.

2.1 Origem e História

Para entender o que é DT e onde ele se encaixa no contexto atual como ferramenta de desenvolvimento, é necessário compreender a evolução das linhas de pensamento que foram fundamentais para a criação do processo de desenvolvimento que é hoje denominado *Design Thinking*. Primeiramente, é analisada a evolução do pensamento centrado no usuário, que forneceu os conceitos estruturais para o DT. Em seguida, o foco será na história e evolução do próprio DT.

2.1.1 As Precursoras

Design Thinking é o resultado da convergência de métodos e linhas de pensamento de diversas escolas de *design*, que começaram a se desenvolver após a Segunda Guerra Mundial – período em que ocorreu um *boom* econômico devido ao retorno intenso das atividades comerciais, no qual foi identificada a real importância de processos e métodos de pesquisa confiáveis, eficientes e que melhorassem o desenvolvimento de novos produtos e serviços

para atender novos mercados – e com mais intensidade na década de 1980, e que tinham em comum a ideia central de utilizar o *design* como ferramenta para diversas áreas, fugindo da tradicional visão de que o conceito de *design* é apenas sinônimo de desenho/projeto de produto e suas atividades se restringem aos designers profissionais, e recolocando o usuário no centro das atenções no processo de criação e desenvolvimento (daí a noção de *human-centered design*). Abaixo há uma série de precursores do *Design Thinking*, suas características principais e contribuições para o *Design Thinking*.

2.1.1.1 *Participatory/Cooperative Design (PD)*

Desenvolvido na década de 1960 e também conhecido como *Scandinavian Approach* (“Abordagem Escandinava” em tradução livre) pela forte influência dos países nórdicos na sua criação (particularmente a Noruega), tem por objetivo envolver ao máximo *stakeholders*, principalmente usuários finais, nas fases de prototipação e avaliação de determinado projeto. Os usuários são responsáveis por testar e utilizar os protótipos, resultantes do processo de tradicional de *design* – uso do *design* por profissionais apenas para criar produtos –, verificando a adequação às suas necessidades, usabilidade e auxiliando o time de desenvolvedores a focar nas melhores soluções. No entanto, ao não envolver o usuário de forma ativa durante o processo de desenvolvimento, o *feedback* recebido pode ser ilusório e conduzir a produtos e serviços inadequados, já que o grande interesse do projetista que utiliza o PD é verificar se a sua solução técnica é eficiente, desprezando muitas vezes a *experiência* e a *resposta emocional* que o consumidor possa ter, fatores críticos para o sucesso de um produto ou serviço. Formas mais atuais desta abordagem contornam esta questão introduzindo o usuário em fases anteriores de desenvolvimento.

2.1.1.2 *User-Centered Design (UCD)*

Considerado como uma evolução do PD, o UCD tem como principal característica considerar centrais e prioritárias, desde os estágios iniciais de desenvolvimento e *design* de projeto, as necessidades, desejos e limitações dos usuários finais (daí o nome “Design centrado no usuário”, na tradução do inglês), além de inclui-los nas fases de validação de

soluções, como no caso do PD. O UCD permite identificar e compreender com mais clareza a *experiência* além da eficiência, auxiliando os desenvolvedores a adaptar o produto/serviço para as características do usuário final, permitindo a este desfrutar da melhor forma possível o que lhe é oferecido, evitando forçar o contrário: uma solução incompleta que exija uma adaptação do usuário, reduzindo a sua satisfação e a qualidade da sua experiência. O UCD aproxima os dois lados, desenvolvedores e usuários, de forma que o resultado final do processo de *design* promova a melhor experiência possível para quem realmente importa. Donald Norman, um dos principais nomes do UCD, descreve a importância de tornar os objetos claros/visíveis (“*Make things visible*”, no livro): “*Design* deveria: facilitar a identificação por parte do usuário sobre que ações podem ser tomadas a cada momento (fazer uso de restrições); tornar as coisas visíveis incluindo o modelo conceitual do sistema, ações alternativas e os resultados das ações; facilitar a avaliação do estado atual do sistema” (NORMAN, 1988, p.188, traduzido pelo autor), de forma que requeira do usuário a menor perda de tempo possível para compreender como operar ou manipular determinado produto, demonstrando a relevância da experiência do usuário no contexto do UCD.

2.1.1.3 *Service Design* (SD)

Evoluindo em paralelo com os dois métodos anteriores, o SD, como sugere seu nome (“*Design* de Serviço” em tradução livre), tem por conceito central projetar e desenvolver serviços estruturados que atendam as necessidades e gerem valor para os usuários. Mantendo a mesma filosofia *Humand-Centered*, o *designer* do serviço deve ter como prioridade oferecer a melhor experiência sob a perspectiva do usuário, e para isto deve entender os mais diferentes perfis dos seus clientes (motivações, valores, habilidades, etc.). Com a servitização cada vez mais proeminente da economia mundial, desenvolver serviços inovadores e que propiciem a melhor experiência para o usuário torna-se fator crucial para o sucesso de um projeto: “Como o centro da atividade econômica nos mercados emergentes e desenvolvidos está inexoravelmente mudando de manufatura industrial para a geração de conhecimento e prestação de serviços, inovar passou a ser nada menos do que uma *estratégia de sobrevivência*.” (BROWN e KATZ, 2009, p.7, traduzido pelo autor).

2.1.1.4 *Human-Centered Design (HCD)*

HCD é o nome que se dá a um desmembramento mais recente da abordagem UCD, e também traz consigo elementos do SD. O usuário continua sendo o centro das atenções dos *designers*, porém o HCD abrange um espectro maior, focando também no papel social que as decisões têm, ou seja, “usuário” passa a ser também aqueles afetados pela atividade de *design*. Atualmente é considerado não um método como os três anteriores, mas um conjunto de ideias (“*mindset*”) para auxiliar *designers* a humanizar o processo de *design* e levar em consideração ao máximo os impactos a todos os *stakeholders* do projeto.

Estas escolas forneceram conceitos importantes para a construção da mentalidade inerente ao *Design Thinking*, particularmente a transição do foco de eficiência técnica para qualidade da experiência do cliente e qual ferramentas utilizar para atingir este objetivo. A tabela abaixo sintetiza as diferenças principais entre as quatro abordagens citadas. No próximo item, a evolução do *Design Thinking* é analisada com mais afinco.

Quadro 1 – As abordagens precursoras do *Design Thinking*

	<i>Participatory Design</i>	<i>User-Centered Design</i>	<i>Service Design</i>	<i>Human-Centered Design</i>
Período de criação	1960's	1980's	1980's	1990's
Papel do Usuário	Restrito ao teste de protótipos e soluções	Prover <i>insights</i> sobre a experiência de uso	Avaliar a jornada ao experimentar o serviço oferecido	Prover <i>insights</i> sobre os efeitos das decisões
Objetivo	Eficiência do produto/serviço	Atender a necessidades do usuário	Geração de valor para o usuário	Gerar valor para o usuário e sociedade
Cultura	Desenvolvimento para o usuário	Usuário no centro do processo	Colocar-se no lugar do <i>stakeholder</i>	Empatia para com os <i>stakeholders</i>

Fonte: Elaborado pelo Autor

2.1.2 A Evolução do conceito “Pensar como *Designer*” – “*Think as a Designer*”

Como visto anteriormente, uma série de abordagens forneceu ideias poderosas para a constituição do que hoje é chamado de *Design Thinking*. No entanto, o conceito de *pensar como um designer* pode ter sua história traçada até meados do século 19, com exemplos notórios do norte-americano Thomas Edison, inventor da lâmpada elétrica, e do inglês Isambard Kingdom Brunel, idealizador da *Great Western Railway* (GWR), ferrovia que corta o interior da Grã-Bretanha e símbolo da revolução industrial. A invenção da lâmpada demonstra como Edison foi capaz de olhar além do seu produto e conceber todo o mercado consumidor em volta de sua criação, tendo em mente em *como* os seus usuários gostariam de usar seu produto. E, apesar da lâmpada ser extremamente relevante para a sociedade e um soberbo exemplo da engenhosidade humana, Edison também contribuiu com a criação do conceito moderno de laboratório de P&D: Edison era um generalista e, para atingir os feitos que conseguiu no mundo dos negócios, rodeou-se de equipes multidisciplinares de experimentadores e improvisadores, que testavam à exaustão ideia após ideia. De fato, esse novo conceito de equipes para gerar inovação revogou a ideia da época de que o gênio inventor e o projetista revolucionário trabalhavam solitários em seu reduto. Nas palavras do próprio Edison, ditas em 1929: “Nenhuma das minhas invenções foram por acidente. Eu enxergo uma oportunidade e faço tentativa atrás de tentativa até conseguir um resultado. *No fundo, 1% é inspiração e 99% transpiração.*” (Em: <http://aubreydaniels.com/pmezine/what-scientists-can-learn-science-behavior>, acesso em 20 de maio, traduzido pelo autor). A inovação surge como resultado de dedicação e trabalho em equipe. Brunel, por sua vez, aborda com mais intensidade outro pilar do DT: o foco no usuário e na qualidade da sua experiência ao utilizar um produto ou serviço. Brunel concebeu a GWR para que o passageiro tivesse a sensação de flutuar pelo interior do país, e para atingir este objetivo, projetou, ao longo dos trilhos, tuneis, pontes e viadutos para contornar terrenos acidentados e deixar a jornada mais prazerosa. Esta preocupação em balancear o aparato tecnológico com bem estar do seu público é uma característica inerente do DT.

Apesar de ter características gerais definidas (foco na solução e no usuário, multidisciplinaridade, dinamismo), o termo DT é inegavelmente abrangente, havendo vários acadêmicos interpretando de forma distinta o que é e como aplicar o DT. Assim, é possível destacar resumidamente três pontos de vista estruturados sobre o DT:

2.1.2.1 *Design Thinking* como Estilo Cognitivo

Esta definição, a primeira a ser aceita de forma abrangente por acadêmicos, propõe o conceito DT como uma maneira de *designers* profissionais abordarem e solucionarem seus problemas. Basicamente, é uma compilação de atitudes que caracterizam o modo de pensar de um designer. Bruce Archer, Engenheiro Mecânico britânico e ex-professor do *Royal College of Art*, propõe que o *Design* seja um terceiro campo de estudos, no mesmo patamar hierárquico de *Ciências Exatas* e *Ciências Humanas*: “Existe um modo particular do *design* de pensar e se comunicar, ambos distintos dos modos acadêmicos científicos vigentes, mas tão poderoso quanto ambos para realizar pesquisas, se aplicado no seu tipo de problema.” (ARCHER, 1979, p. 17-18, traduzido pelo autor). Peter Rowe, um dos primeiros a usar o termo *Design Thinking*, então professor de *Design* em Harvard, escreve que o designer profissional trabalha além dos fatos, considerando pressuposições e intuição como igualmente importantes no processo de decisão (ROWE, 1991). Outra característica importante do DT neste contexto, e que será levada adiante nas abordagens seguintes, é a forma com a qual *designers* abordam problemas: sempre focados na solução e no resultado. Bryan Lawson, professor da Universidade de Sheffield, escreveu em 1980 no seu livro *How Designers Think* que a diferença essencial que existe entre as duas estratégias – a abordagem científica tradicional e a abordagem adotada por *designers* profissionais – é que cientistas focam suas atenções em descobrir uma regra, um padrão, enquanto designers são obcecados em atingir o resultado desejado. Os cientistas abordam a questão de forma *problem focused*, enquanto o outro grupo foi por uma estratégia *solution focused* (LAWSON 1980, p. 43). Kees Dorst e Nigel Cross ainda acrescentam que problema e solução evoluem juntos no processo de *design* enfatizando que o *design* criativo é mais uma questão de desenvolver e refinar simultaneamente tanto a formulação do problema quanto as ideias para a sua solução, utilizando constantemente iterações de análises, sínteses e processos de avaliação entre os dois *espaços* do design: o *espaço do problema* e o *espaço da solução*, que co-evoluem ao longo do processo (DORST e CROSS, 2001). Apesar de nos instruir na forma de pensar de um *designer*, esta primeira abordagem é limitada aos próprios profissionais de *design*. As formas posteriores de entender o DT são mais abrangentes e permitem atacar problemas de naturezas diversas, não se restringindo ao universo dos projetistas profissionais e provendo a multidisciplinaridade que os problemas complexos atuais demandam (reestruturação de

processos, prestação de serviços, etc.), e que, sozinhos, estes *designers* são incapazes de solucionar.

2.1.2.2 *Design Thinking* como Teoria Geral do Design

A segunda vertente, representada principalmente por Richard Buchanan, desvincula a teoria do *design* do seu legado no desenho industrial e na arte e a coloca num patamar superior, afirmando que ela é capaz de ser aplicada em virtualmente qualquer tipo de empreendimento, seja ele um objeto tangível ou um processo intangível, e afirma que os problemas de *design* são *wicked* (BUCHANAN, 1992). (*Wicked* neste contexto não tem uma tradução exata para o português, mas equivale a uma série de adjetivos: complexo, incompleto, indeterminado, contraditório, mutável). Cunhado pelo teórico do *design* alemão Horst Rittel, termo *Wicked Problem* procura descrever problemas complexos, com falhas na sua formulação e com alto grau de indeterminação, impedindo uma abordagem linear tipicamente definida pelas fases de Definição do Problema (analítica) e Solução do Problema (sintética). São exemplos de *wicked problems* problemas econômicos e políticos, os quais envolvem inúmeras variáveis e *stakeholders* que não apresentam um comportamento previsível (o inverso são os *tame problems*, “problemas domesticados”, que são bem definidos e possuem uma resposta certa, como problemas físicos ou matemáticos). Para problemas do tipo *wicked* não há respostas definitivas, certas ou erradas, mas sim soluções melhores ou piores que evoluem ao longo do tempo (RITTEL e WEBBER, 1973).

Partindo do princípio que os problemas de *design* são complexos e intrincados, Buchanan afirma que o método de DT deve se desenvolver em quatro dimensões: sinais, objetos, ações e ideias (“*signs, things, actions and thoughts*”) que se mesclam no processo de desenvolvimento. *Designers* industriais, por exemplo, focam mais nos sinais/imagens e objetos, aproveitando a dimensão das ideias para repensar um material ou o ciclo de vida de determinado produto, enquanto seus colegas desenvolvedores de processos de serviços utilizam com mais intensidade sinais e ações para atingirem seus objetivos, mas aproveitam objetos para desempenhar o serviço de forma mais eficiente e melhorar a experiência do usuário (BUCHANAN, 1992). Esta abordagem descrita por Buchanan demonstra a evolução que sofreu o conceito de *design* (e consequentemente DT), que deixou de ser a arte de dar

formas aos objetos, mas sim lidar com ações e com a linha tênue entre o mundo artificial e as necessidades humanas:

[...]De fato, a variedade de pesquisas publicadas em conferências, artigos de jornal e livros sugere que o *Design* continua a se expandir em seus significados e conexões, revelando aplicações inesperadas na sua prática, bem como na sua compreensão. Isto segue a tendência do *Design Thinking* no século XX, pois é possível observar o *Design* evoluir a partir de uma *habilidade*, para uma *profissão segmentada*, para um *campo de pesquisas técnicas* e, finalmente, para o que agora deve ser reconhecida como uma *nova arte liberal da cultura tecnológica*. (BUCHANAN, 1992, p. 5, traduzido pelo autor).

A próxima concepção de DT será responsável por munir esta ideia generalista de Buchanan com novas ferramentas e criar propriamente um processo de DT formalizado e com um objetivo claro: gerar inovação.

2.1.2.3 *Design Thinking* como Recurso Organizacional

A mais recente e abrangente forma de entender o DT o retrata como um grupo de ferramentas passível de ser usada por qualquer tipo de organização com o intuito de estimular a geração de inovação. Tim Brown, engenheiro industrial britânico e um dos maiores defensores desta abordagem de DT, escreve: “[DT] é a disciplina que utiliza a sensibilidade e os métodos de *designers* para atender as necessidades das pessoas com o que é tecnologicamente factível e o que uma estratégia de negócio viável é capaz de converter em valor para o cliente e oportunidade de mercado.” (BROWN, 2008, traduzido pelo autor). Brown também afirma que DT é “uma forma de descrever um conjunto de princípios que podem ser aplicados por diversas pessoas para um grande espectro de problemas.” (BROWN e KATZ, 2009). Pode-se dizer que esta abordagem é o auge da convergência de todos os principais conceitos apresentados até agora: é centrada nas necessidades do usuário, voltada para uma miríade de contextos numa economia cada vez mais diversificada, dinâmica e baseada em serviços, apresenta a não-linearidade inerente da mentalidade do *designer*, e o conceito de que solução e problema evoluem juntos e não podem ser separados. No entanto, diferentemente da concepção de Buchanan, esta abordagem do DT põe de lado a parte acadêmica e foca na utilização prática de ferramentas, paradigmas e processos para atingir os objetivos de cada projeto e gerar inovações. Brown sugere que o processo de DT seja

estruturado basicamente em 3 etapas principais (apesar de a literatura contar com modelos que possuem entre 3 e 6 etapas, a estrutura sequencial de todos é basicamente a mesma) e que são chamados de “*Spaces of Innovation*”, Espaços da Inovação: i) *Inspiration* – Inspiração, é a fase que consiste em entender o cerne do problema a ser solucionado, observar e analisar os potenciais usuários e interpretar os resultados encontrados; ii) *Ideation* – Ideação, a equipe deve se concentrar para desenvolver, experimentar, testar e validar ideias de solução para serem refinadas na próxima etapa; iii) *Implementation* – Implementação, consolidação e refino das ideias e preparação para o mercado (BROWN e KATZ, 2009). Em seu livro, Brown ainda ressalta que as equipes podem e devem repetir as etapas em *loops* quantas vezes forem necessárias: “[...]DT é fundamentalmente um processo exploratório; exercido de maneira correta, ele invariavelmente trará descobertas inesperadas ao longo do projeto, e seria insensato não descobrir aonde elas levam.” (BROWN e KATZ, 2009. p.16, traduzido pelo autor). Esta metodologia iterativa não possui a previsibilidade dos processos lineares tradicionais baseados em *milestones*, reduzindo ou eliminando rotinas tediosas, que tem o potencial de minar a moral e a performance das pessoas envolvidas, e mantendo a equipe otimista.

Abaixo segue uma tabela com a síntese comparativa das três abordagens do DT. No próximo item, é analisado em profundidade os principais recursos e ferramentas que , e estabelecer o terreno para a criação dos projetos para o CEPED.

Quadro 2 – As Diferentes formas de descrever o *Design Thinking*

	<i>Estilo Cognitivo</i>	<i>Teoria Geral do Design</i>	<i>Recurso Organizacional</i>
Autores Principais	Rowe 1987, 1998; Lawson 1980; Cross e Dorst 2001	Buchanan 1992	Brown 2008, Brown e Katz 2009
Foco	<i>DT como abordagem de Designers</i> profissionais	<i>Design</i> como um campo de estudos ou disciplina	Empresas e Organizações que necessitem de inovação
Propósito do Design	Solução de problemas	Estruturar problemas complexos (“ <i>wicked problems</i> ”)	Gerar Inovação
Conceitos Chave	Habilidade de pensar como <i>designers</i> sendo forma de inteligência particular de designers	O conceito de <i>design</i> é indefinido: cabe ao designer definir os seus parâmetros	Prototipação, empatia com usuário (<i>human-centered-design</i>), Espaços de Inovação, otimismo
Natureza dos Problemas	Problemas de <i>design</i> são falhos; problema e solução evoluem junto	Problemas de <i>Design</i> são <i>wicked</i> (incompletos, contraditórios e mutáveis)	Qualquer problema organizacional é um problema de <i>Design</i>
Ambientes de Aplicação	Disciplinas de <i>design</i> tradicionais	Quatro ordens do <i>Design</i> (Invenção, Julgamento, Decisão, Avaliação)	Qualquer contexto

Fonte: *Design Studies Forum*, 2013, adaptado pelo autor

2.2 Principais Conceitos e Paradigmas

Esta etapa tem o intuito de explorar alguns conceitos e ferramentas que permitem aplicar o *Design Thinking* para atingir dos objetivos explicitados no início. A solução para os problemas propostos neste Trabalho, independente das especificações iniciais, deve ser desenvolvida dentro de três restrições:

- **Desejabilidade:** a solução faz sentido para o usuário final?
- **Viabilidade:** a solução é econômica e financeiramente viável?
- **Factibilidade:** a solução é tecnicamente executável?

Cada projeto tem as suas particularidades e exige esforços específicos daqueles responsáveis por cada um. Não existe uma ordem certa de aplicação, as ferramentas e

abordagens apresentadas a seguir devem ter sua utilização determinada pelas equipes que desenvolvem os projetos

2.2.1 *Solution-Based*: o significado de um processo baseado em soluções

Um processo baseado em soluções procura, a partir de uma descrição mínima de um problema, desenvolver soluções desde seu início, e focar no desenvolvimento e refino delas. A percepção de um problema deve ser vista como uma oportunidade a ser aproveitada com os recursos disponíveis e indicadores de onde o foco do desenvolvimento deve se manter. É particularmente eficiente para abordar problemas complexos (*wicked problems*, ver item 2.1.1.2), em que o número e a relação entre as variáveis do problema são difíceis de se prever ou controlar, ou quando um problema é recorrente – o que aponta para a inadequação da primeira solução encontrada.

Ao contrário, o método *problem-focused* aborda diretamente as causas do problema com as perguntas “o que está errado?”, “por que/como/onde ocorreu o problema?” e “como saná-lo?”. É um conceito mais antigo e bastante difundido, principalmente por ser extremamente capaz para abordar problemas científicos e de engenharia, caracterizados pela simplicidade de sua identificação.

2.2.2 *Three spaces of innovation*

Os estágios do processo de DT podem ser agrupados em três blocos que, como já citado anteriormente, Brown define como “Espaços de Inovação”. Os três devem estar presente no processo de DT. Entretanto, apesar de descritos de forma sequencial, eles se sobrepõem temporalmente e não necessariamente dependem um do outro para serem executados. Também não têm uma ordem fixa (um dos paradigmas do processo de DT é flexibilidade):

- **Inspiração:** esta é a etapa fundamental de qualquer projeto de DT. Consiste em compreender o problema que foi colocado, a partir de pesquisas que venham a ser relevantes e observações de soluções já existentes, mas particularmente deve-se

compreender os comportamentos e necessidades dos usuários. Para executar esta tarefa, deve-se observar o usuário de forma passiva (a partir de entrevistas, filmagens, visitas aos ambientes onde eles executam as tarefas, questionários) e, principalmente, de forma ativa (fazendo uso de *role playing* – simulação de cenários enfrentados pelos usuários –, executando as tarefas e levantando os pontos críticos). O objetivo é angariar as informações e interpretá-las, para que na próxima etapa a geração de ideias seja coerente com a solução desejada.

- **Ideação:** Esta etapa consiste em gerar ideias a partir das observações e experimentos realizados na fase de Inspiração. Para gerar ideias, realizam-se *Brainstorms* (conceito a ser aprofundado mais adiante) e *focus groups*, reuniões com potenciais usuários para validar ideias antes de o produto ser lançado no mercado. Com as ideias estruturadas, cabe a equipe iniciar o processo de prototipação (conceito importante que também será explorado adiante). O protótipo tem a função de validar rapidamente uma ideia, portanto deve ser simples e focado. Aprovadas as ideias, cabe ao time sintetizá-las, refiná-las e transformá-la em um produto/serviço.
- **Implementação:** na fase de implementação o time é responsável por transformar e refinar os *insights* obtidos nas etapas anteriores e transformá-los em uma solução viável para o mercado, acompanhado de um plano de ação bem definido.

Figura 1 – As etapas de um Processo de *Design Thinking*

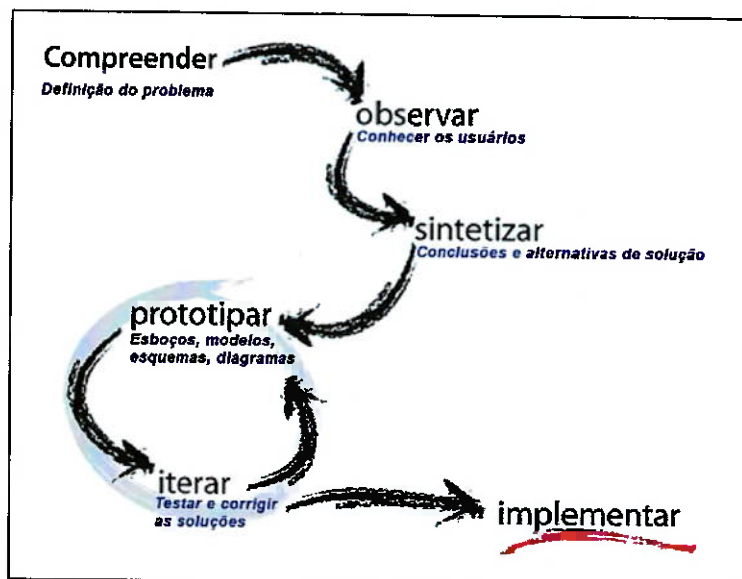


Fonte: Patwell Consulting, 2013

Na Figura 2 há um modelo com mais passos para possibilitar ao leitor uma percepção mais detalhada do processo de DT. Nela, fase de *Inspiração* foi decomposta em *Compreender* e *Observar*, e *Ideação* em *Sintetizar*, *Prototipar* e *Iterar*. Aqueles responsáveis pelo projeto podem e devem repetir cada etapa quantas vezes forem necessárias, particularmente as duas

primeiras, já que o objetivo é explorar conceitos e criar novas soluções. Sem experimentação constante dificilmente se atingem os resultados inovadores que o processo de DT almeja.

Figura 2 – Processo de DT descrito com mais passos



Fonte: *Agapedobrasil.com.br*, 2013, editado pelo autor

2.2.3 Projeto, *Brief*, Equipes e Culturas de Inovação

Os quatro fatores brevemente tratados neste item são relevantes para guiar o processo de DT e garantir que os objetivos sejam atingidos.

Apesar de ter em sua essência a flexibilidade, agilidade e desprendimento de *frameworks*, o processo de DT deve ter certas restrições que o ancoram no mundo real, como prazos, objetivos e orçamentos, pois o processo de geração e refino de ideias é virtualmente interminável e sempre surgirão novos conceitos para serem validados e testados. O que garante esses limites reais é o conceito de *Projeto*, que naturalmente cria barreiras impedindo à equipe de desenvolvedores perda de foco e convergindo os esforços para o seu objetivo.

Antes de dar início a um projeto, a equipe deve estabelecer um *Brief*, uma espécie de resumo que contenha os objetivos e restrições gerais do projeto, tais como: preço alvo e da concorrência, tecnologia disponível, segmentação de mercado. O *Brief* tem a função de direcionar inicialmente o time para o caminho da solução e fornecer o *framework* por onde começar

Outro fator crucial de sucesso de um projeto de DT é a qualidade dos recursos humanos disponíveis. Além de habilidades inerentes de sua profissão, qualquer que seja ela, o indivíduo que faz parte da equipe deve ter a disposição e capacidade de colaborar com outras mentalidades e profissionais. Esta última característica diferencia um time multidisciplinar, onde cada indivíduo do grupo defende o seu ponto de vista baseado na sua especialidade e acarretando numa solução potencialmente segmentada, de uma equipe verdadeiramente multidisciplinar, no qual as ideias são criadas e mantidas pelo time como um todo.

Para as equipes multidisciplinares serem capazes de gerar soluções inovadoras, o ambiente de trabalho – tanto o físico quanto o psicológico – deve permitir aos profissionais assumir riscos e incentivar experimentação. Estas são características de uma organização que possui uma *Cultura de Inovação*: “uma cultura que acredita ser melhor pedir perdão *depois* ao invés de permissão *antes*, que premia indivíduos pelo seu sucesso, mas também o permite falhar, removeu os principais obstáculos para a criação de novas ideias” (BROWN e KATZ, 2009. p.32, traduzido pelo autor).

2.2.4 Pondo-se nos Pés do Usuário: Criando Empatia

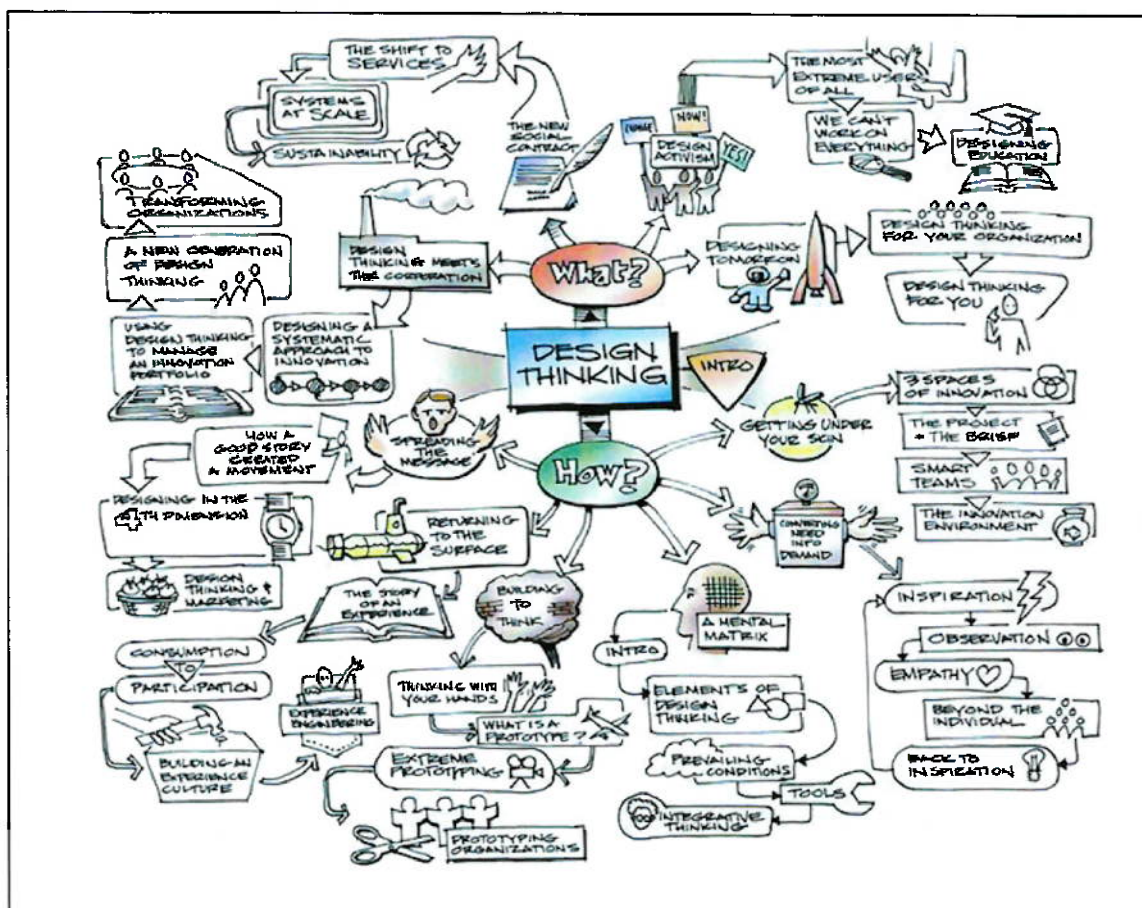
Característica absolutamente inerente do DT é o foco no usuário (*Human-Centered Design*). Apesar de ser pertinente analisar seu público por métodos passivos, dificilmente a equipe criará *Empatia*. Empatia é o nome dado pelos desenvolvedores deste processo de DT para o ato de conectar-se com o usuário de forma profunda; é viver a sua vida e entender suas necessidades, e desta forma identificar aquelas que não são atendidas, ou não são atendidas de forma satisfatória. Para gerar empatia, existem inúmeras ferramentas. Destacam-se, entre elas, aquelas citadas a seguir

- Entrevistas diretas
- *Role Playing*: particularmente útil no desenvolvimento de serviços, consiste em criar um cenário enfrentado vivido pelo usuário ou experimentar uma nova ideia e obter a sensação da experiência da forma mais direta possível, possibilitando aos desenvolvedores refinar o design das soluções,
- *Empathy Map*: mapa desenhado em lousa ou parede formado por quatro quadrantes, preenchidos com *post-it* após entrevistas com usuários, usado para identificar

necessidades latentes. Os quatro quadrantes são (i) *Say*, as palavras chave usadas pelo usuário; (ii) *Do*, quais ações e comportamentos observados; (iii) *Think*, suposições sobre o que seu usuário pensou durante a realização de determinada atividade; (iv) *Feel*, que emoções o usuário aparenta ter tido. O objetivo é utilizar os itens em quadra quadrante para entender quais as necessidades funcionais e emocionais do seu usuário.

- Mapas Mentais: partindo de um tema ou conceito central, um Mapa Mental consiste de ramos desenhados e devidamente nomeados que representam os relacionamentos entre as ideias geradas. Cores, símbolos e imagens são usados para determinar os níveis de relacionamento entre os conceitos e ideias, tornando mais claro o seu entendimento

Figura 3 – Exemplo de Mapa Conceitual cujo tema central é *Design Thinking*



Fonte: IDEO.com, 2013

2.2.5 Brainstorming

Apesar de ser justamente um recurso para quebrar paradigmas, “pensar fora da caixa” e estimular novas ideias, o *Brainstorming* deve ser estruturado e, de certa forma, limitado. Caso contrário, não passará de uma reunião ordinária ou uma sessão desorganizada com muitos falando, mas poucos ouvindo. Para dar forma a essas discussões, deve-se estabelecer uma regra para cada tipo de *Brainstorm*, dependendo do estágio de desenvolvimento do projeto (“foco no objetivo”, “ideias novas”, “construir sobre as ideias dos outros”), utilizando pensamentos divergentes para analisar e criar novas ideias, e convergentes para fazer escolhas e sintetizar linhas de pensamento.

2.2.6 Prototipação

O modelo dinâmico que o DT propõe o uso extensivo de prototipação rápida. A prototipação para o DT é vital para testar e validar soluções. A ideia não é criar modelos funcionais complexos e caros, mas sim experimentar e fornecer *feedbacks* de ideias de forma barata e eficiente. Desta forma, ideias que não se enquadram nos requisitos são descartadas rapidamente, sem que seja arrastada até fases avançadas do projeto, evitando assim perda de tempo e recursos.

2.2.7 Limitações

Além de ter os fatores do item 2.2.2 bem estruturados, o DT para ser executado com êxito necessita de um ambiente propício para florescer. Organizações como um todo, e particularmente a alta cúpula, devem estar dispostas a experimentação, conflitos de ideias e fracassos, e não apenas a área de desenvolvimento. Caso contrário, os times de DT poderão ser minados por uma cultura linear, acabar limitando escolhas e experimentos e não atingindo o objetivo final do projeto, que é ultimamente gerar soluções criativas e inovadoras.

Os indivíduos dos times e grupos, por sua vez, devem preferivelmente apresentar diferentes habilidades e conhecimentos, com formações distintas, montando uma base sólida

para geração de ideias diferentes. Caso contrário, a solução corre o risco de ficar enviesada e pouco inovadora. Além disso, é crucial que os componentes do tenham alta coesão entre si, garantindo maior liberdade para a expressão de ideias.

2.3 Casos de Sucesso de empresas que adotaram Processos de *Design Thinking*

Este item conta com demonstrações de empresas reconhecidas em seus mercados que fizeram uso dos paradigmas de DT para atingir seus objetivos.

- **Caso Shimano:** A fabricante japonesa de componentes para bicicleta percebeu em 2004 uma estagnação na venda de componentes de alta performance. Para entender e contornar a questão, a empresa contratou a IDEO (empresa cujo CEO é Tim Brown). Os times partiram a campo para entender as mudanças no mercado de bicicletas, apenas com a pressuposição de que o foco da solução (retomar crescimento de vendas) não estaria no mercado de alta performance. Os times perceberam que, na época, 90% dos norte-americanos não andavam de bicicleta, mas, curiosamente, 90% destes (81% dos americanos) tiveram bicicletas quando jovens. Eles deixaram de andar de bicicleta pela alta complexidade e custos dos sistemas à venda, pelo perigo de andar em ruas cada vez mais hostis e movimentadas, manutenção de um item que é majoritariamente utilizado apenas para lazer no fim de semana, entre outros fatores. A estratégia adotada após a constatação de que o mercado latente atingia cerca de 90% da população foi reconectar estes antigos usuários à experiência prazerosa que tiveram quando pequenos. O caminho trilhado foi projetar novas bicicletas, confortáveis, sem marchas excessivas ou sistemas hidráulicos de freios, pneus a prova de furos, para garantir a maior praticidade para o usuário. Apesar disso, a solução técnica não foi simples: tiveram que desenvolver uma transmissão automática confortável para o ciclista, que contava com um sistema sofisticado. Além do produto em si, os times estruturaram também a experiência de compra, além de veicular uma campanha que conectava as novas *bikes* a um estilo de vida saudável e descontraído e estabelecer, contando com as parcerias de entidades governamentais e grupos de ciclistas, um *website* com os lugares seguros e agradáveis para passear. Dentro de um ano após o lançamento do produto, outras sete empresas se engajaram para projetar bicicletas para o mesmo mercado (BROWN e KATZ, 2009)

- **Nintendo Wii:** a Nintendo sempre se diferenciou no mercado de videogames por inovar na experiência do usuário. O surgimento do Wii foi resultado dessa mentalidade de fazer diferente. Os seus principais concorrentes Sony e Microsoft entraram na batalha de consoles apostando que ela seria vencida por aquele que possuísse o hardware mais poderoso com os melhores gráficos, atraindo desta maneira mais *gamers*. A Nintendo foi à contramão desta ideia, entendendo que seus usuários realmente se interessavam por gráficos, mas que a não era isso que buscavam primordialmente ao jogar. O resultado da experiência de imersão no mundo dos *games* vai além de belos modelos tridimensionais e processadores de múltiplos núcleos. A Nintendo então apostou suas fichas em um sistema de controle por gestos, que reinventou e aprofundou a experiência do usuário ao jogar *games*, atraindo jogadores de todas as idades, num pacote mais barato e acessível por não possuir os poderosos recursos gráficos de *hardware* que encareceram seus concorrentes. Resultado: a Nintendo foi capaz de vender 99.84 milhões de unidades, enquanto a Microsoft se contentou com 74.48 milhões de Xbox 360 e a Sony na retaguarda com 70 milhões de PlayStation 3. (BROWN e KATZ, 2009)

3 MÉTODO DE TRABALHO E FERRAMENTAS

Nesta etapa do Trabalho é descrito em detalhes como foi definida a solução e quais as ferramentas de DT utilizadas para desenvolver um produto adequado às necessidades do CEPED e da Defesa Civil. Todo o desenvolvimento deu-se entre os meses de agosto, quando foi definido junto à defesa Civil os atuais problemas enfrentados e que necessitavam de intervenção mais imediata, e outubro de 2013, mês de entrega deste Trabalho.

Apesar de ser um modelo particularmente apropriado para ser aplicado em times, devido a dificuldades que serão tratadas mais adiante não foi possível trabalhar desta forma, apesar das tentativas iniciais de construir uma equipe coesa e motivada. O DT então foi adotado de forma a fornecer ferramentas práticas para o autor, auxiliando o desenvolvimento de um produto adaptado às necessidades do “cliente”, a Defesa Civil.

3.1 Os requisitos da Defesa Civil e do CEPED e a definição da solução

Em reunião por vídeo conferência realizada no dia 29 de julho, o autor e o Prof. Eduardo Zancul, orientador deste Trabalho, tiveram a oportunidade de conversar com o Tenente Marcelo Kamada, que atualmente é Diretor Adjunto do Núcleo de Gerenciamento de Emergências da Defesa Civil. As funções do Núcleo estão determinadas no decreto Estadual 48.526 de 4 de março de 2004, no artigo 16:

- Manter o Centro de Gerenciamento de Emergências, em funcionamento ininterrupto, para a captação e o processamento de dados relativos a desastres que possam necessitar da prestação de serviços da Coordenadoria Estadual de Defesa Civil;
- Manter contato permanente com os órgãos do Sistema Estadual de Defesa Civil para apoio no atendimento de emergências;
- Promover a coordenação do apoio operacional às emergências, ofertado por outros órgãos e entidades da administração direta e indireta e entidades civis;
- Analisar e monitorar os planos estabelecidos pelo Sistema Estadual de Defesa Civil, em conjunto com a Divisão de Planejamento, Legislação e Ensino de Defesa Civil;
- Administrar a rede de emergência do Sistema Estadual de Defesa Civil;
- Prover o serviço de previsão meteorológica;

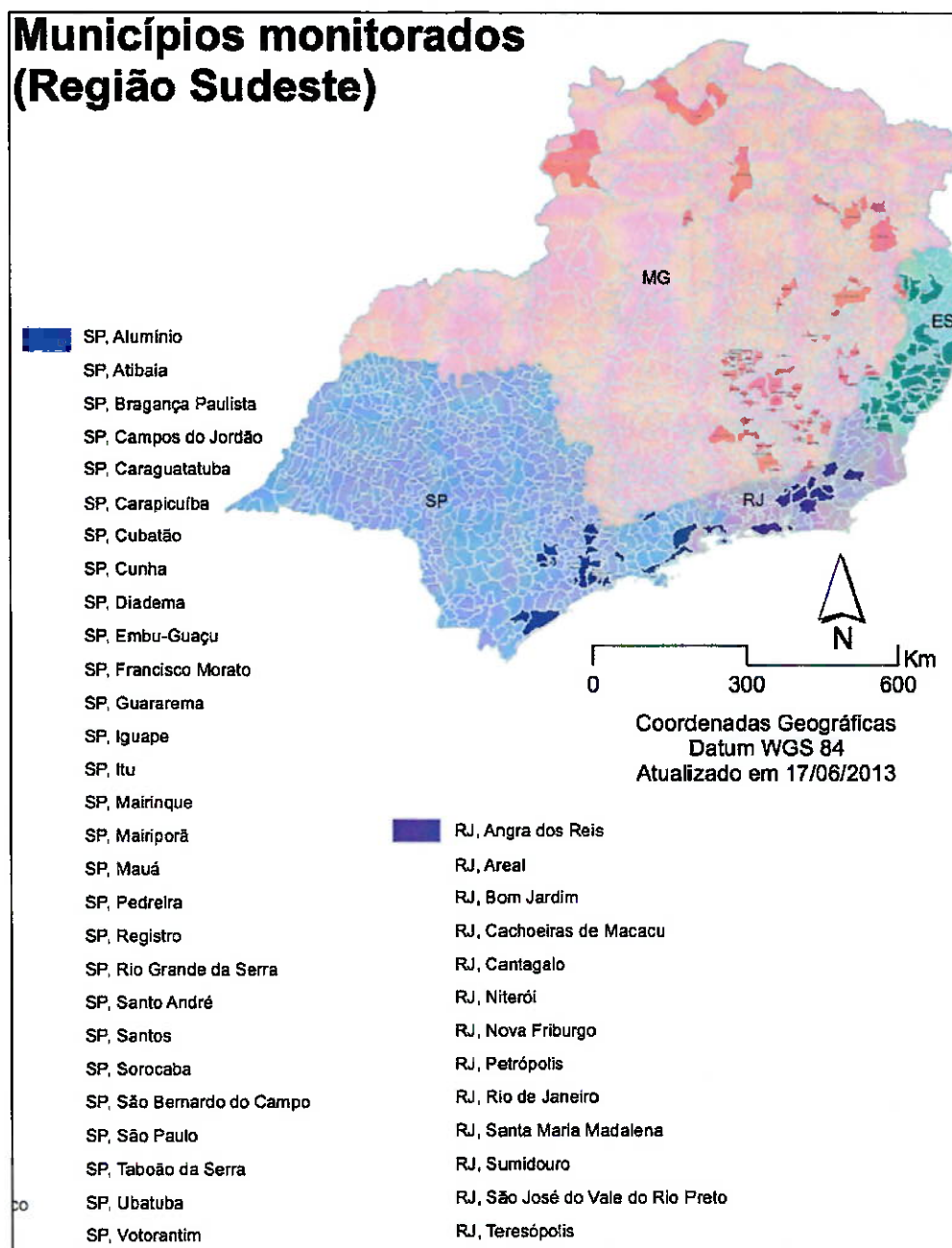
- Receber, controlar e processar os relatórios das ações emergenciais;

Nesta vídeo conferência, foram discutidas as principais necessidades latentes da Defesa Civil. As duas principais questões abordadas foram a falta de padronização para um equipamento de resgate completo (cuja solução seria uma espécie de mochila com dispositivos e ferramentas para o exercício de funções de resgate e salvamento) e a falta de cobertura no monitoramento de chuvas no estado. Ambas as lacunas precisam ser preenchidas, mas a conclusão unânime da discussão foi a de que a prevenção e o alerta das populações em áreas não monitoradas são mais providenciais, tendo em mente que é sempre preferível prevenir a mitigar os problemas.

Segundo o Tenente Kamada, a situação atual de cobertura pluviométrica constante no Estado é precária. No mapa abaixo, retirado do *site* do CEMADEN (Centro Nacional de Monitoramento e Alertas de Desastres Naturais), apenas 28 dos 645 municípios (4,3% do total) possui monitoramento integrado e automatizado. Este número é aumentado para 129 municípios durante a Operação Verão, com planos de cobrir até 206 nas próximas etapas de expansão dos projetos internos do CEMADEN. Um dos maiores empecilhos para uma aplicação mais ampla do sistema integrado de pluviômetros é o alto custo de instalação e operação.

Atualmente os equipamentos utilizados são estações pluviométricas automáticas, que necessitam de uma estrutura física custosa. São dispositivos importados, de alta precisão, movidos por painéis solares. Para espanto do autor e do orientador, os custos estimados pelo Tenente Kamada mostraram-se alarmantes: cerca de R\$ 9.000,00 para instalação da estação (equipamento pluviométrico, estrutura de proteção do equipamento com alambrado) e R\$ 30.000,00 anuais de manutenção por unidade, devido à terceirização dos serviços, transmissão de dados por GSM e por estarem expostos a ações de vandalismo (particularmente furto das placas solares associados à curiosidade da população vizinha pelos dispositivos). Estes equipamentos cumprem os requisitos de editais emitidos em 2012 pelo CEMADEN, e provém cobertura precisa e minuciosa nas áreas em que são instalados. No entanto, devido ao seu alto custo de implementação e manutenção, esta é uma alternativa inviável para, em um curto prazo, ter seu uso massificado pelo estado e auxiliar nas operações de previsão e prevenção de desastres ligados às chuvas.

Figura 4 – Mapa dos municípios atualmente monitorados pelo CEMADEN



Fonte: CEMADEN, 2013

Ao fim da conversa, foi possível constatar que a questão de maior importância é a falta de monitoramento e alerta de populações em áreas de risco. Muitas destas regiões contam apenas com pluviômetros manuais, dispositivo extremamente simples, no qual o indivíduo faz a leitura da precipitação a olho nu, sempre sujeito a falhas na interpretação e transmissão da mensagem, e em seguida informa uma autoridade do CEMADEN. O problema se agrava de madrugada (momento em que estão todos em suas casas dormindo) quando não há leitura do pluviômetro manual e as comunidades não possuem meios de serem alertadas de potenciais

desastres. Somando este fator a uma cobertura ainda limitada do território do estado pelos equipamentos automatizados, não é possível tomar as medidas de evacuação e proteção em todas as regiões, resultando em comunidades sujeitas aos efeitos nocivos das chuvas (inundações, deslizamentos, etc.).

Pensando desde o início com a mentalidade *solution-based* de DT, o problema enfrentado pelo Estado será analisado como uma oportunidade, cuja solução encontrada e trabalhada é a implementação de um equipamento pluviométrico mais barato, simples de ser manuseado, instalado e programado e com baixa manutenção, se comparado com aqueles equipamentos já utilizados pela Defesa Civil. O objetivo estabelecido para o projeto foi, então: “desenvolver um sistema de alerta de desastres causados pela chuva que seja simples de ser manuseado, construído e mantido”. O intuito é que o produto seja instalado em repartições públicas das mais diversas naturezas (postos de saúde, corpo de bombeiros, delegacias, etc.) e necessite apenas de um computador para a programação e emissão dos alertas, e de um funcionário de plantão capaz de ler as informações da interface do sistema na tela de um computador pessoal.

3.2 A Solução

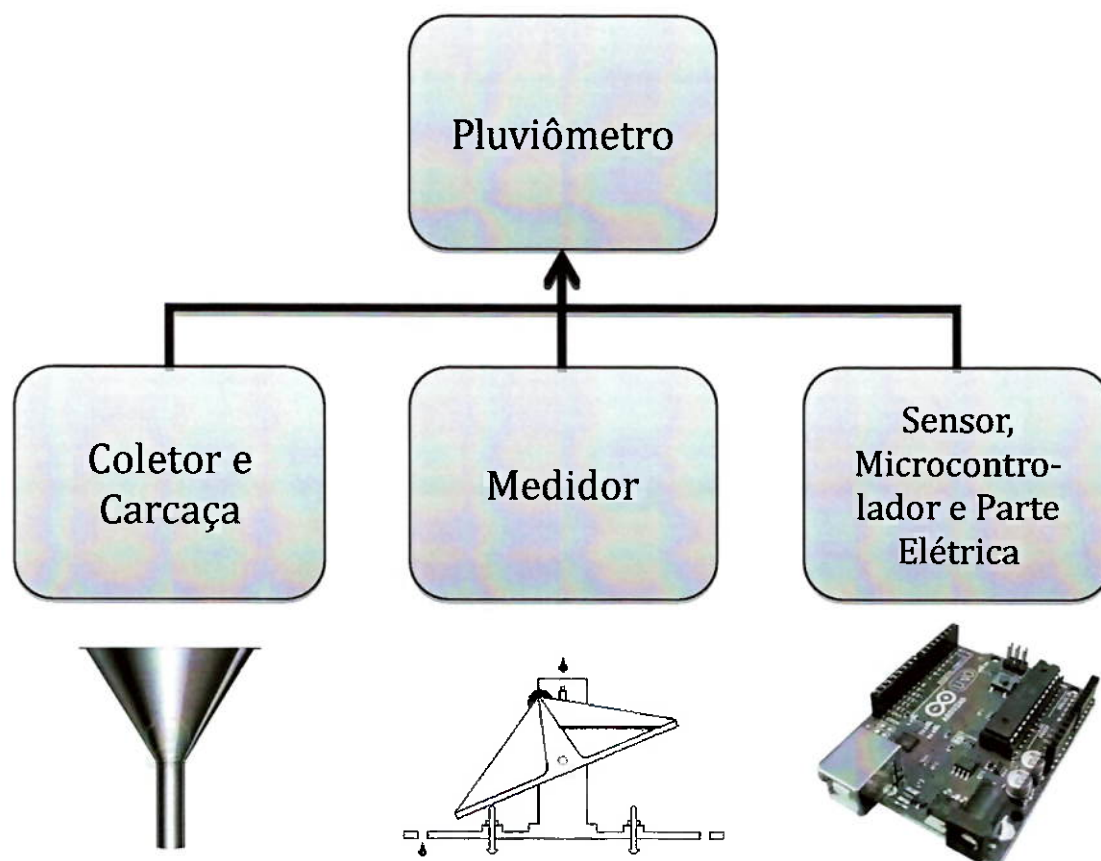
Com o problema identificado após a primeira conferência com o Tenente da Defesa Civil e o objetivo definido, a próxima etapa foi determinar os componentes desta solução. O foco do projeto será na disponibilização de informações de maneira simples e eficiente, e cujo conceito possa ser massificado enquanto a estrutura de pluviômetros de precisão não está completa. A intenção não é fazer um equipamento de alta precisão para monitoramento e criação de modelos, dado os prazos exíguos para o desenvolvimento deste Trabalho, mas um sistema de alerta compacto e flexível.

Neste item, o autor procurará introduzir ao leitor às propostas que se encaixariam como possíveis soluções para o projeto. A ideia é aproveitar os conceitos existentes no mercado e adapta-los para as necessidades dos usuários potenciais deste projeto: os funcionários de repartições públicas e demais colaboradores da Defesa Civil.

3.2.1 Desenvolvimento do Conceito e Exemplos de já existentes

O funcionamento de um pluviômetro automático consiste basicamente de duas partes: uma mecânica, responsável por coletar a água proveniente das chuvas e acumular a quantidade correta para a medição; a outra, elétrica, consiste em medir a quantidade de água coletada e transformar essa informação em um formato legível para o usuário. Além destas partes, deve haver uma carcaça para proteger o mecanismo e a parte elétrica da umidade, ventos e outras intempéries. Na figura abaixo é possível ver um esquema dos componentes principais do sistema, que em seguida serão analisados em mais detalhes.

Figura 5 – Visão sistêmica dos componentes de um pluviômetro automático

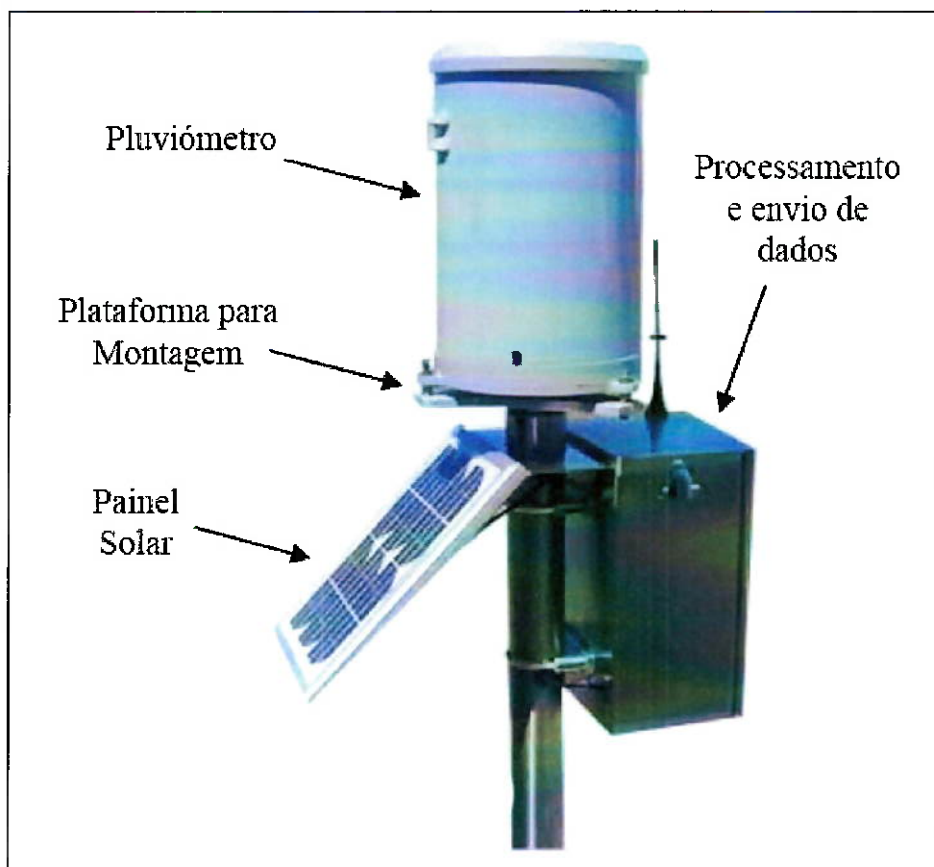


Fonte: Elaborado pelo autor. Fonte dos ícones (da esquerda para direita): *123RF.com*, 2013; *Weathershack.com*, 2013; *Wikipedia*, 2013. Editado pelo autor

3.2.1.1 Coletor e Carcaça

O coletor tem por objetivos coletar a água para medição e evitar que detritos (galhos, folhas e pequenos insetos) caiam dentro do mecanismo, prejudicando o processo de medição. Normalmente em forma de funil, este componente deve permitir o escoamento da água da chuva com o mínimo de atrito e interferência, permitindo ao equipamento realizar a medição o mais rápido possível. Deve ser construído com materiais resistentes à água, como alumínio, plástico ou aço inoxidável (dado as dificuldades de se trabalhar com esses tipos de materiais sem o devido equipamento e prática, o protótipo deste projeto foi construído em madeira propriamente impermeabilizada e protegida, em etapas que serão descritas com mais detalhes no decorrer do Trabalho).

Figura 6 – Modelo similar ao usado pelo CEMADEN



Fonte: ICT International, 2013, editado pelo autor

A carcaça (ou corpo) do pluviômetro deve proteger todo o mecanismo interno e a parte elétrica/eletrônica do equipamento. Deve também garantir a estabilidade do sistema, mantendo-o sempre na horizontal para a medição mais precisa possível. Para tanto, o corpo

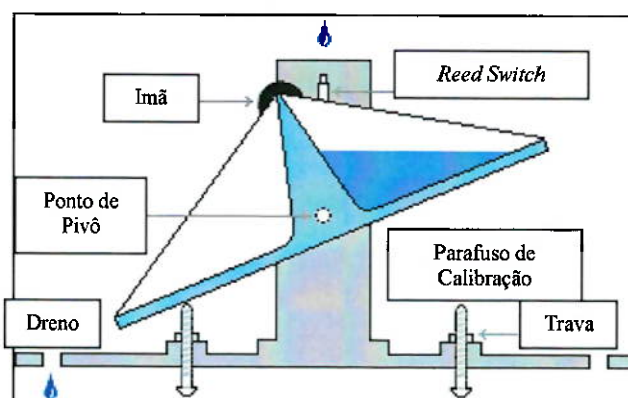
deve ter apêndices reguláveis que permitam ajustes finos no posicionamento do pluviômetro. A drenagem da água é papel importante desta estrutura, para evitar acúmulo de umidade e danificar o equipamento. Os equipamentos mais complexos e profissionais, como aqueles utilizados pela operação de monitoramento do CEMADEN, dispõem ainda de painéis fotovoltaicos, que fornecem energia elétrica a partir da luz do sol, e uma CPU dedicada para processamento e transmissão de dados via rádio ou rede de celular 3G/GSM/GPRS.

3.2.1.2 Medidor

Parte crucial do funcionamento de um pluviômetro, o medidor deve ser capaz de avaliar com precisão a quantidade de precipitação. Em pluviômetros manuais, a leitura é feita pelo usuário a partir de marcações de volume dispostas no recipiente de coleta, que em determinado momento deve ser esvaziado. Em um pluviômetro automático, estas funções devem ser cumpridas por dispositivos autônomos.

O dispositivo mais difundido e consagrado entre os pluviômetros disponíveis no mercado para realizar esta medição consiste numa pequena gangorra, cujos braços são pequenos recipientes, posicionada logo abaixo do coletor, conforme a figura a seguir:

Figura 7 – Esquema de mecanismo de balança



Fonte: *Weathershack.com*, 2013, editado pelo autor

Cada recipiente é minuciosamente calibrado para que seja capaz de acumular uma quantidade exata de precipitação (o volume equivalente a 1 mm de altura para uma área do tamanho do coletor). O dispositivo é posicionado diretamente abaixo do coletor, que direciona a chuva para um dos recipientes. Ao atingir o volume crítico, a gangorra é desequilibrada,

fazendo-a tombar para o lado, esvaziando um dos recipientes enquanto posiciona o outro para iniciar o processo de leitura. Cada vez que o dispositivo pivota para um dos lados, um ímã permanente de pequena intensidade passa por um sensor do tipo *reed switch* (uma chave aberta que, na presença de campo magnético, fecha um circuito), e envia um sinal para o microprocessador. Este tipo de dispositivo ainda conta com parafusos de calibração, para que eventuais desequilíbrios entre os lados possam ser facilmente corrigidos.

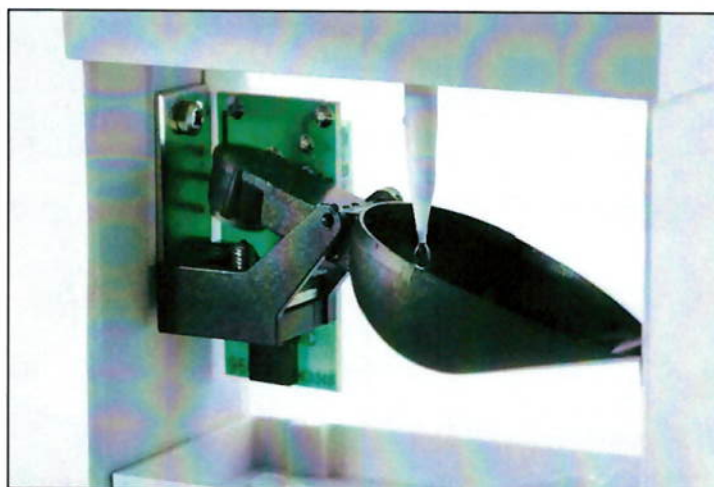
Figura 8 – Mecanismo do tipo "Gangorra"



Fonte: All Weather Inc, 2013

Uma variação possível do modelo de balança consiste num mecanismo com apenas um recipiente, sendo o outro lado um contrapeso. Desta forma, ao ser preenchido com água da chuva o recipiente passa a exercer mais torque (momento) do que o contrapeso. O recipiente então se inclina para baixo e elimina seu conteúdo para reiniciar o processo. Um sensor similar ao usado nos modelos de balança com dois recipientes capta este movimento e registra uma unidade de precipitação.

Figura 9 – Balança *RAIN-O-MATIC* com apenas 1 recipiente

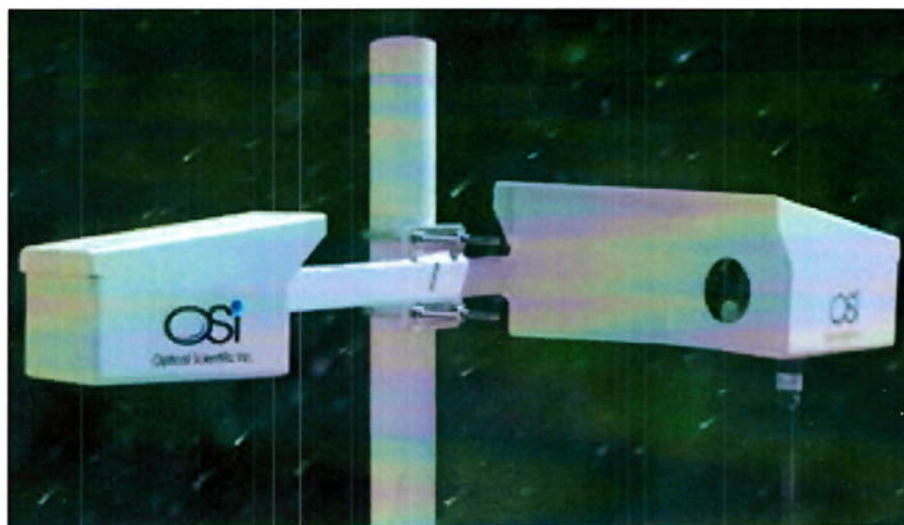


Fonte: *Pronamic.com*, 2013

Estes dispositivos do tipo balança garantem medição contínua sem o acúmulo de água, mas possui algumas limitações, entre elas a incapacidade de medir chuvas muito leves (como garoas e chuviscos) com precipitação inferior a 1 mm e a dificuldade de manter a precisão em chuvas muito intensas, já que o maior impacto causado pela precipitação é capaz de forçar a balança a drenar o recipiente antes do volume crítico ser atingido,. Além disto, por conter partes móveis, demanda calibração e manutenção para garantir a precisão das medições.

Dispositivos mais sofisticados fazem uso de luz infravermelha para identificar e medir precipitação, similarmente como fazem os sensores de chuva presentes em alguns para-brisas de automóveis para ativar os limpadores automáticos: ao passar entre o emissor de luz e o sensor ótico, as gotas de chuva causam distorção na direção e na intensidade da luz infravermelha, o que é percebido pelo aparelho. A resolução de alguns tipos de aparelho chega a 0.001 mm (contra 1 mm dos convencionais), e, por não haver partes mecânicas móveis, não exigem manutenção e regulagem constante. No entanto, são aparelhos extremamente caros e complexos, com preços acima de que €6.000,00 na Europa (fonte: www.meteorologyshop.eu), e que fogem do escopo deste Trabalho, sendo opções interessantes para o CEMADEN em seus projetos de expansão da área monitorada com precisão no Estado.

Figura 10 – Modelo de Pluviômetro Ótico *Optical Scientific ORG-815 Optical Rain Gauge*

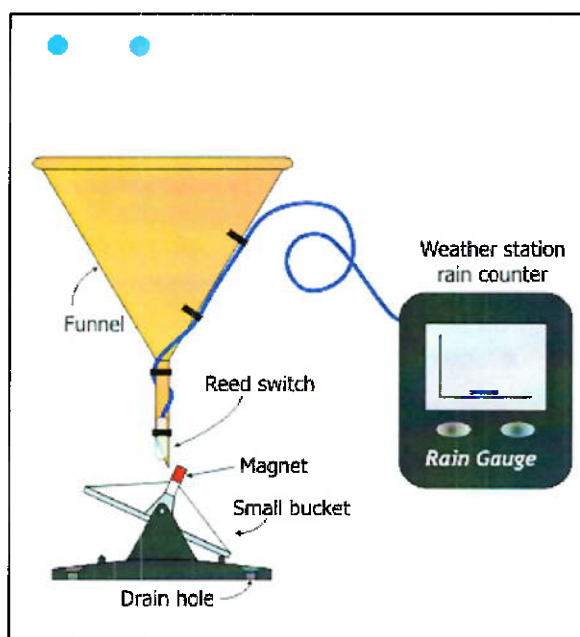


Fonte: *Optical Scientific*, 2013

3.2.1.3 Sensor, Microcontrolador e Parte Elétrica

A última etapa para a medição da pluviosidade se dá na transformação da informação analógica para um meio digital. Nos pluviômetros mecânicos com dispositivo do tipo balança, esta tarefa é executada por um sensor magnético do tipo *reed switch* e um microcontrolador, e o sistema deve ser alimentado por uma fonte de energia elétrica.

Figura 11 – Processo de leitura por sensor magnético



Fonte: *About.com*, 2013

O ímã posicionado na balança (como no esquema da Figura 7) movimenta-se de forma a desenhar um arco a cada vez que um dos recipientes satura e é esvaziado. Ao passar pelo centro do sistema, o campo magnético do ímã altera o estado do *switch* do sensor, que por sua vez fecha um circuito entre ele e o microcontrolador. O microcontrolador deve interpretar este sinal elétrico analógico e convertê-lo em dados digitais para que possam ser lidos e manipulados. Também é papel do microcontrolador enviar os sinais para o usuário, seja via rádio, rede de dados de celular, cabo, etc.

Todo o sistema deve ser alimentado por uma fonte, tipicamente pilhas ou baterias nos modelos mais simples e caseiros – métodos pouco custosos, mas que necessitam de atenção frequente por parte dos usuários –, e baterias recarregáveis por painéis solares (vide Figura 6) em aparelhos mais profissionais, o que garante o abastecimento em zonas remotas e isoladas da rede elétrica e dispensa a necessidade de troca ou reposição. O método mais adequado depende das situações de uso para o qual o pluviômetro foi desenvolvido. No caso do equipamento desenvolvido neste Trabalho, em que o objetivo é simplificar a medição e possibilitar a emissão de alertas em repartições públicas, a tendência é que a escolha seja balizada pelo custo de implementação.

3.3 A aplicação do *Design Thinking*

Esta etapa do Trabalho tem por objetivo descrever ao leitor como os conceitos de DT foram aproveitados para o desenvolvimento desta solução. A validação e conclusão sobre a aplicabilidade deste processo em ambiente acadêmico serão discutidas no final deste Trabalho

3.3.1 Conceitos Adotados

Do DT foram utilizados os principais conceitos e paradigmas, que serão discutidos em detalhes abaixo. A mentalidade provida pelo DT determinou o *framework* e as atitudes adotadas para se desenvolver a solução. Devido à flexibilidade inerente do método, é de se notar que cada projeto demanda uma forma distinta de aplicação dos principais paradigmas. Para este projeto em particular, foi crucial a geração de empatia, para entender as reais

necessidades e a criação de protótipos para entender o funcionamento do pluviômetro e desenvolver a interface.

A impossibilidade de se estruturar uma equipe (assunto a ser tratado mais adiante) impediu que se usassem importantes ferramentas do paradigma de DT, como *Brainstorming*, ao mesmo tempo em que limitou a geração de ideias por contar com apenas um desenvolvedor, o autor do Trabalho.

3.3.1.1 Gerando Empatia

A primeira e mais crucial arma do DT para o desenvolvimento de soluções eficientes e que supram as necessidades dos usuários é a Geração de Empatia entre estes e os desenvolvedores.

Para entender de forma profunda o que realmente necessitava a Defesa Civil, o autor desde o início do projeto manteve um contato constante e direto com o Tenente Marcelo Kamada, avisando-o sobre o andamento e do desenvolvimento do projeto e validando ideias em conjunto.

O autor também teve a oportunidade de conhecer a sede do CEMADEN, dentro da Casa Militar, localizada no Palácio do Governo de São Paulo e discutir pessoalmente com os envolvidos no controle e monitoramento dos dados recebidos pelas diversas estações espalhadas pelo Estado. Os parâmetros principais da solução foram definidos nessa visita, após o autor entender as falhas no atual modelo no CEMADEN:

- Há uma falta crítica de cobertura por pluviômetros automáticos em todo o Estado.
- Nos locais mais isolados, ainda há muita dependência de pluviômetros manuais, e a frequência de recebimento dos dados provenientes destes locais ainda é extremamente irregular.
- Existe uma “sombra” na cobertura por radar nos municípios localizados na serra do mar próximos ao Oceano Atlântico (devido ao relevo, os radares no Planalto são incapazes de identificar as nuvens carregadas de baixa altitude provenientes do oceano), o que os deixa vulnerável aos eventos pluviométricos.

O entendimento destes problemas, enfrentados no dia-a-dia pelos operadores do CEMADEN foi crucial para desenvolver, em conjunto, uma proposta de solução que se encaixasse nas lacunas encontradas atualmente neste modelo. Infelizmente não houve oportunidade para visitar uma estação pluviométrica ou mesmo um ponto de coleta manual

3.3.1.2 As três fases: Inspiração, Ideação e Implementação

O autor procurou dividir o período disponível para o desenvolvimento da solução (os cerca de 2 meses e meio) nas 3 fases propostas por Tim Brown (BROWN, 2008). No mês de agosto, o foco foi basicamente na fase de *Inspiração*, com o objetivo conhecer a fundo as funcionalidades que o protótipo final deste projeto deveria ter e estudar a variedade de soluções atualmente empregadas para problemas semelhantes.

Em seguida, entre o início de setembro e meados de outubro, entrou em ação a fase de *Ideação*, que foi por sua vez dividida entre o desenvolvimento dos protótipos do dispositivo (coletor, mecanismo, e demais partes necessárias para a medição de chuva) e da interface digital.

A validação das soluções se deu no final de outubro e no início de novembro, com a entrega do protótipo funcional para a Defesa Civil, na fase de *Implementação*. Também foi nesta etapa que o protótipo foi precificado.

3.3.1.3 Prototipação como validação de ideias

Etapa que demandou mais tempo durante a realização do Trabalho, a fase de prototipação foi de suma importância para validar as soluções propostas no decorrer da fase de inspiração. Os protótipos podem ser divididos em duas partes:

- **Mecanismo:** o objetivo destes protótipos foi validar a funcionalidade, precisão e usabilidade do modelo gangorra. Um primeiro protótipo foi construído com peças de *LEGO*, utilizado para entender a funcionalidade básica da estrutura e auxiliar na elaboração de um protótipo funcional. Este, por sua vez, foi elaborado em madeira,

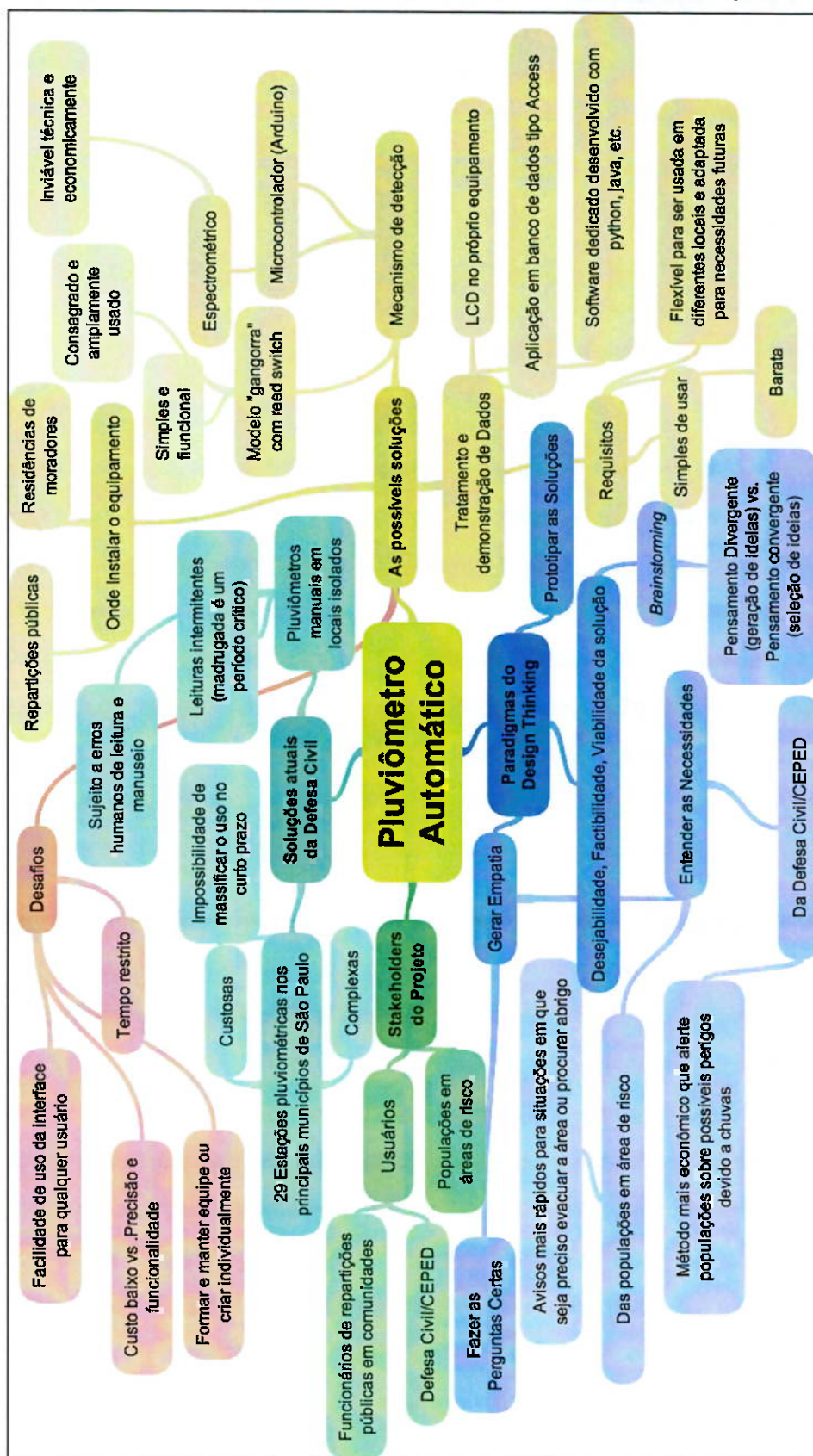
por ser um material extremamente barato e fácil de manipular com ferramentas simples.

- **Sensor, microcontrolador e interface:** para a parte eletrônica, usou-se um microcontrolador do tipo *Arduino*. Feito na Itália, este componente possibilita prototipar de forma simples por ser extremamente eficiente em converter sinais analógicos, provenientes de uma imensa variedade de sensores, em formatos digitais, facilmente lidos por um computador pessoal via uma porta serial ou USB. A este microcontrolador, foi acoplado um *reed switch*, uma chave magnética simples, que captura o movimento de oscilação do mecanismo. O *Arduino* então converte e envia o sinal digital para um PC, que, a partir de uma interface desenvolvida em *Access* (software da *Microsoft* para lidar com bancos de dados) armazena e analisa as informações. Os detalhes do desenvolvimento do protótipo serão descritos no capítulo 5.

3.3.1.4 Mind Map, Mapa de Idéias

Ao longo da fase de *Inspiração*, foi criado um *Mind Map*, cuja ideia central foi a solução – desenvolver um pluviômetro automático – definida em conjunto com o Tenente Kamada e a Defesa Civil. Neste Mapa o autor procurou reunir e relacionar os principais pontos envolvidos neste projeto. O resultado pode ser visto na montagem do mapa abaixo feita com auxílio da ferramenta do site *Examtime.com*. Com ele foi possível simplificar a visualização do projeto como um todo, clareando a relação entre os conceitos estruturais do Projeto.

Figura 12 – Mind Map desenvolvido para auxiliar na visualização do Projeto



Fonte: Elaborado pelo autor

3.3.2 Dificuldades encontradas

Apesar da proposta flexível, dinâmica e de certa forma até lúdica do DT, houve empecilhos e dificuldades para a sua plena aplicação, que serão descritas com mais detalhes a seguir.

3.3.2.1 A Tentativa Fracassada de Montar uma Equipe

Inicialmente, o desenvolvimento deste Projeto previa a aplicação do DT com o apoio de um time de quatro alunos do Laboratório de Projetos do Departamento de Engenharia de Produção. Principalmente pelo fato de o DT contar com ferramentas e métodos que demandam a estruturação de times, como *brainstorming*, e tem como premissa a multidisciplinaridade para estimular a geração de novas soluções e inovação, a possibilidade de juntar alunos com diferentes formações aparentava ser promissora para o desenvolvimento deste Trabalho. As primeiras etapas, que se deram no início de agosto, no entanto, demonstraram que seria difícil manter uma equipe coesa e focada neste projeto, devido a fatores notados nas etapas iniciais de desenvolvimento, que serão descritos a seguir:

- **Falta de Coesão da Equipe:** o autor não conhecia os colegas que foram escalados pelo orientador (os quais, por sua vez, tinham pouca afinidade entre si), portanto não havia como saber *a priori* como seria a forma de trabalho dos outros integrantes, suas capacidades e habilidades específicas.
- **Falta de Disponibilidade e Foco:** para desenvolver um produto da complexidade da Solução, seriam necessários uma série de reuniões, no mínimo semanais, de algumas horas de duração. No entanto, houve uma impossibilidade de reunir os componentes do grupo devido a conflitos de horários. E como a prioridade deste projeto era alta apenas para o autor, os poucos encontros pulverizados com 1 ou 2 integrantes duraram pouco mais de 1 hora, mostrando-se improdutivos e frustrantes.
- **Comprometimento e Desgaste:** a falta de comprometimento e motivação foi evidente, principalmente pela demora sem explicação para responder e-mails na tentativa de marcar os encontros, fato que se repetiu até o fim de agosto.

Com a frustração crescente, o autor decidiu por alterar a proposta do projeto e realizar o Trabalho autonomamente, apenas com o auxílio do orientador. Desta forma, foi possível progredir de forma mais constante no desenvolvimento do pluviômetro, sem depender da disponibilidade de outros. Infelizmente não foi possível usufruir ao máximo do que o DT tem a oferecer como ferramenta multidisciplinar, mas é possível concluir que é de extrema importância que todos os envolvidos em um projeto tenham senso de propriedade e compromisso. Sem essas características, não é possível que um projeto tenha sucesso.

3.3.2.2 A Escassez de Tempo

De certa forma, os cerca de dois meses e meio que houveram entre a definição da solução e a entrega deste Trabalho foram escassos. A solução desenvolvida é aplicável e satisfaz as necessidades iniciais mais urgentes, tendo o autor escolhido dedicar seu tempo para a criação do pluviômetro e da interface digital. No entanto, há ainda espaço para melhorar o desempenho do pluviômetro e da interface, como, por exemplo, a instalação de um microcontrolador com capacidade de enviar informações via rádio, WiFi ou 3G/GSM, e a utilização de servidores integrados para reunir dados de diversas localidades onde os pluviômetros operarão.

4 RESULTADOS

O desenvolvimento detalhado do protótipo funcional da solução é analisado nesta parte do Trabalho. Pode-se dividir esta etapa em três partes: o estabelecimento de um processo de DT para ser aplicado em ambiente acadêmico e em seguida aplicado neste Trabalho, o desenvolvimento do pluviômetro propriamente dito (dispositivo responsável por coletar e medir os índices de pluviosidade) e o desenvolvimento do sistema da interface (parte responsável por captar o movimento do pluviômetro, transformá-lo em um sinal digital e demonstrar a informação num painel de controle para o usuário responsável).

Todo o desenvolvimento se deu entre os meses de setembro e meados de outubro, após a definição da solução, e deve ser apresentado à Defesa Civil após a apresentação deste Trabalho.

4.1 Implementando o *Design Thinking* para o Ambiente Acadêmico do Departamento de Engenharia de Produção e para o CEPED

Esta seção tem por objetivo sintetizar a experiência que o autor teve com o DT e como deveria ser iniciado o processo de aprendizado para o DT em ambiente acadêmico. As universidades estadunidenses, como, por exemplo, Stanford, possuem cursos dedicados gratuitos a distância, que propõe o aprendizado de DT a partir de vídeo-aulas e com atividades para o estudante se familiarizar com os conceitos e ferramentas na prática. No entanto, devido às próprias limitações geográficas, o contato com outros estudantes é limitado a fóruns e grupos de discussão e da avaliação do trabalho de outro aluno, sendo que o projeto em si é desenvolvido individualmente.

Profissionalmente, como visto em alguns exemplos, o DT é aplicado em times, cuja multidisciplinaridade é sempre um trunfo, para diversificar na geração de ideias. Na análise do autor, como pode ser vista no final da seção 3.3.2, é que, além de multidisciplinar, a equipe deve estar fortemente engajada no desenvolvimento do projeto. Neste Trabalho, a incapacidade de unir a equipe fisicamente e tornar o projeto um objetivo relevante para todos tornou a sua função totalmente dispensável. Tanto que o autor optou por levar o projeto individualmente, seguindo de certa forma a sequência de aulas oferecidas no curso de

Stanford – que basicamente são as etapas de geração de empatia, brainstorming e *mind maps*, síntese de ideias e prototipação delas.

Para incentivar o florescimento de novas ideias e soluções, o primeiro passo que deve ser dado é a preparação do ambiente. O lugar deve permitir que os membros das equipes interajam intensamente, a partir da disponibilidade de materiais que possibilitem a comunicação e organização rápida de ideias, como lousas, *post-its*, e ferramentas simples para que os protótipos iniciais sejam desenvolvidos (como cartolina, tesoura, cola ou até mesmo peças de *LEGO*). Segundo a Escola de Design de Stanford, a *d.school Institute of Design at Stanford*, o simples fato de pessoas sentarem em mesas altas e em bancos, não em cadeiras, facilita e incentiva a interatividade e comunicação e, por consequência, a geração de ideias (Em: https://novoed.com/designthinking/lectures/275/lecture_videos/615, acesso em 12 de setembro). É importante também oferecer oficinas completas para que protótipos definitivos sejam criados, a fim de lidar com materiais mais resilientes na hora de prototipar, como madeiras ou metais, e recursos digitais para o desenvolvimento de modelos 3D, preparação de apresentações, vídeos, etc.

Como notado pelo autor, uma das maiores dificuldades quando se tentou estruturar uma equipe foi unir todos os integrantes fisicamente, por restrições de tempo, deslocamento, e devido a outras prioridades. Caso o DT seja aplicado em uma disciplina, é importante que o tempo da aula seja usado justamente para atividades práticas e desenvolvimento dos projetos, aproveitando o momento em que a equipe está toda reunida e possui um objetivo em comum. Os conceitos e ferramentas podem ser apresentados da mesma forma que Stanford faz, a partir de vídeo-aulas, e para garantir que serão assistidas, pode-se requisitar um resumo por aluno contendo os principais conceitos discutidos nos vídeos a cada encontro. Durante a aula, dúvidas seriam tiradas sobre o tema abordado na semana, mas a aula deve servir para que as equipes desenvolvam o projeto, sendo o monitor ou professor responsável por auxiliar e acompanhar o desenvolvimento dos projetos.

Apesar de ser um processo iterativo e que evita até certo ponto a instituição de prazos (ver item 2.2.3), devido às próprias limitações de tempo do período letivo devem ser estruturados intervalos dedicados para cada estágio macro do processo de DT. Partindo do princípio que uma disciplina teria entre 3,5 e 4,5 meses para ser ministrada, a distribuição do tempo poderia ser como esta a seguir:

- **Inspiração – Espaço do Problema (1 mês a 1,5 mês):** É nesta fase que deve ser definido o problema, tratado como uma oportunidade a ser aproveitada pela equipe. Devem ser introduzidas as ferramentas para geração de empatia, o que permitirá aos alunos desvendar as necessidades dos seus respectivos públicos alvos, incentivando pesquisas a campo nos locais onde realmente estão os usuários do projeto.
- **Ideação – Espaço da Solução (2 meses):** Foco desta fase é inicialmente a construção de mapas mentais e execução de *brainstorms* para geração de ideias e soluções após a cada equipe ter interpretado a fundo as necessidades que devem ser atendidas. O objetivo é forçar um pensamento divergente nos alunos, para que opções de soluções sejam criadas, sem haver inicialmente a preocupação de escolher aquelas que melhor se adequam ao problema (pensamento convergente). Também deve ser incentivada a produção e desenvolvimento de protótipos iniciais, que auxiliem na validação das soluções definidas no início desta fase. Na Escola de Design de Stanford há o que eles chamam de “*dark horse*” (“cavalo escuro”, em tradução literal), que consiste em obrigar cada grupo a sugerir uma solução totalmente fora do senso comum, e que tem altas chances de ser descartada, mas que auxilia no processo de aprendizado por exigir que a equipe pense “fora da caixa”, fator importante quando o objetivo é gerar inovações (<http://www.stanford.edu/~ugeva/CoachingForDesignThinking.pdf>). Ao fim desta fase, após construir protótipos e validar ideias, cada grupo deverá levar aquela solução que ofereceu a melhor combinação entre Desejabilidade, Factibilidade e Viabilidade para a última etapa do processo.
- **Implementação – Entrega do protótipo (3 semanas a 1 mês):** Com a solução definida, a última etapa é fazer o estudo detalhado para a sua implementação – plano de ação para introduzi-la no mercado –, como fazer a solução chegar até o seu usuário, desenvolver um protótipo finalizado funcional e propostas para sua fabricação (no caso de a solução ser um produto). Se houver a oportunidade, é importante que haja uma validação da solução com um grupo de usuários. Por fim, deve haver uma espécie de *Workshop* onde cada grupo apresenta sua solução para os demais.

É recomendado que os problemas abordados na disciplina pelas equipes sejam complexos, ou seja, afetem diferentes grupos de *skakeholders*, não possuam um caminho claro de resolução e, preferencialmente, tenham influência em diferentes contextos sociais, estimulando a busca por informação nos mais diversos ambientes. O DT é uma fonte valiosa

de ferramentas para desenvolvimento de soluções de problemas complexos e, num ambiente ainda carente de soluções próprias para problemas locais, como é o caso do Brasil, que muitas vezes importa tecnologias e soluções para seus problemas ao invés de desenvolver suas próprias, a divulgação e propagação de conceitos que influenciem uma nova geração de inovadores é crucial para mudar o prospecto de o País estagnar-se como importador de inovação e exportador de commodities.

4.2 O Pluviômetro Automático

A primeira e mais objetiva parte da solução consiste no desenvolvimento de um dispositivo capaz de coletar e indicar o volume de precipitação sem que haja intervenção humana. A oferta de soluções para este problema é vasta no mercado, mas a solução que pareceu mais prática de se levar adiante foi o modelo de pluviômetro com a balança, por ser um mecanismo de fácil manutenção e simples de prototipar. O desafio foi desenvolver um protótipo simples e de baixo custo, mas que fornecesse as ferramentas necessárias para uma medição precisa.

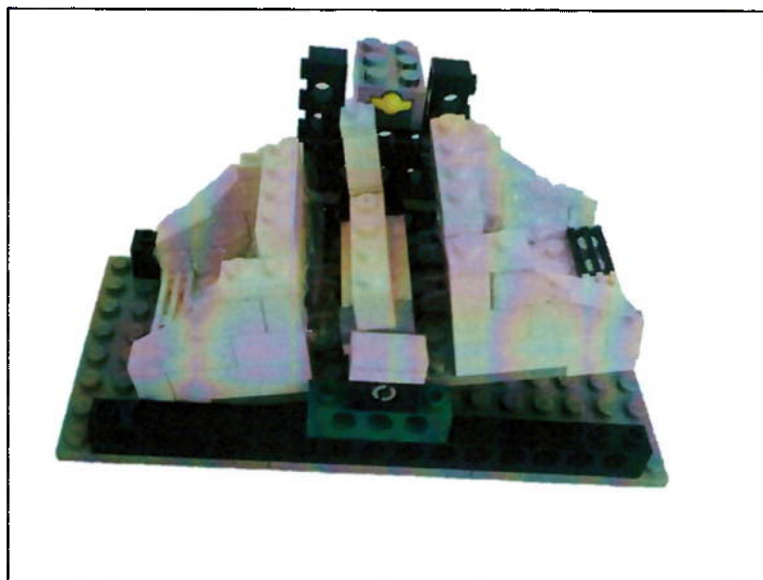
4.2.1 Balança

A prototipação e desenvolvimento do dispositivo responsável por efetivamente medir a quantidade de água foi o primeiro passo escolhido pelo autor, por balizar o funcionamento de praticamente todos os outros componentes.

Para compreender o comportamento e as limitações do mecanismo sem se comprometer excessivamente a minúcias de dimensionamento e precisão, o autor construiu um modelo com peças de *LEGO* simulando o funcionamento da balança. As vantagens de usar peças de *LEGO* são inúmeras, mas principalmente a flexibilidade e precisão dos encaixes e a rapidez para construir modelos e alterá-los conforme necessário. O protótipo inicial permitiu ao autor visualizar a posição ideal para o posicionamento de uma chave ou sensor, bem como o tempo de oscilação (o tempo necessário para o mecanismo fazer a transição de

tombar para um lado, esvaziando um recipiente e posicionando o outro para continuar a coleta de água).

Figura 13 – Protótipo do mecanismo feito em *LEGO*



Fonte: Elaborado pelo autor

Com alguma experiência sobre o funcionamento e as características deste tipo de mecanismo, a próxima etapa foi o desenvolvimento de um modelo totalmente funcional, que pudesse ser replicado e fornecesse medidas confiáveis para a interface, posteriormente desenvolvida, e em última instância para o usuário.

Para construir este protótipo, foi cogitada uma série de materiais, que deveriam ser impermeáveis e fáceis de trabalhar, devido ao curto espaço de tempo e a limitação de ferramentas e recursos disponíveis. Entre eles, vale ressaltar os seguintes:

- **Alumínio:** leve, maleável e barato (cerca de R\$100,00 por m² para uma espessura de 0,5mm no *mercadolivre.com*), o alumínio é muito usado em mecanismos de pluviômetros, devido a sua impermeabilidade e resistência à oxidação. Necessita de algumas ferramentas específicas para ser trabalhado
- **Plásticos:** a ideia inicial do projeto de realizar o trabalho em equipe previa acesso às impressoras 3D e softwares de modelagem que possibilitassem a criação do protótipo virtualmente e, posteriormente, a sua reprodução em plástico pelas impressoras. Devido à dissolução da equipe e da falta de familiaridade do autor com esta funcionalidade, a proposta de modelar em plástico foi deixada de lado, apesar de ser um material apropriado para sustentar exposição a água e ser relativamente barato.

- **Compensados de Madeira:** apesar de não impermeável sem tratamento, a madeira é um excelente material para prototipar, devido à facilidade de manipulação com ferramentas simples, encontradas em qualquer oficina, além de ser ainda mais barata que o alumínio (R\$33,00 por m² para uma espessura de 4mm).

O material escolhido para a construção da balança foi, afinal, a madeira. Além de ser menos custosa que o alumínio e de ser trabalhada com ferramentas mais simples (não é necessário fazer uso de equipamentos para solda para unir dois pedaços de madeira, ao contrário do alumínio), contou a favor da madeira o fato de o autor já ter alguma experiência com o seu manuseio, o que elimina um período de aprendizado para um novo material.

Para auxiliar no dimensionamento foi desenvolvida uma planilha de cálculo para simular diferentes cenários, variando-se o tipo de madeira (densidade, espessura), tamanho e formato do coletor e da balança. A simulação também retorna o centro de gravidade do sistema, permitindo ao usuário saber se, por exemplo, ao atingir o volume crítico (equivalente a 1mm de altura de precipitação para uma área equivalente à do coletor) o sistema desequilibra, forçando o movimento da balança, o que acarretaria em um registro pelo sensor. Com ela foi possível estimar o tamanho dos componentes do projeto sem que fosse desperdiçado qualquer material, apesar de os resultados finais terem ficado ligeiramente diferentes devido à adição de material (cola e tinta, por exemplo) e às imperfeições do próprio ambiente (atritos, irregularidades na madeira, imprecisão dos equipamentos e ferramentas).

Tabela 2 – Planilha para Simulação do Dimensionamento do Pluviômetro

Simulação do Dimensionamento do Pluviômetro		
Inputs Iniciais		
Coletor		
Tipo	Quadrado	
Lado (mm)	140	mm
Balança		
Material	madeira	
Densidade	0,5	g/cm ³
Dens. H2O	1,0	g/cm ³
Espessura	0,4	cm
Outputs		
Volume equivalente a 1 mm de chuva	19,60	g/cm ³
Massa equivalente a de 1 mm de chuva	19,60	g

Dimensionamento da balança

Volume interno mínimo	19,60 cm ³	Volume de cada lado da balança (cm³)	
Altura do ponto de pivô	3,0 cm	83,16	Suficiente
Comprimento dos braços	9,0 cm		
Altura da balança	4,5 cm		
Profundidade da balança	5,0 cm		

Componentes

	Altura (cm)	Largura (cm)	Profundidade (cm)	Massa (g)
Base	0,4	18,0	5,0	18,00
Peça Central	4,5	0,4	5,0	4,50
Abas laterais (4x)	4,5	8,8	0,4	3,96
Massa do Sistema Seco (g)	38,34			

Centro de Gravidade da Balança Seca na posição horizontal (ponto de Pivô é a origem)

X_g	0 cm
Y_g	1,57 cm

Centro de Gravidade da Balança Seca na posição inicial (ponto de Pivô é a origem)

Ângulo inicial	0,34 rad
X_g	-0,52 cm
Y_g	1,48 cm

Centro de Gravidade da massa crítica de água (Balança na posição inicial e Pivô é a origem)

Ângulo inicial	0,34 rad
Volume Crítico	19,60 cm ³
Massa Crítica	19,60 g
Área da seção frontal	4,667 cm ²
X_g	1,14 cm
Y_g	0,81 cm

Centro de Gravidade do Sistema

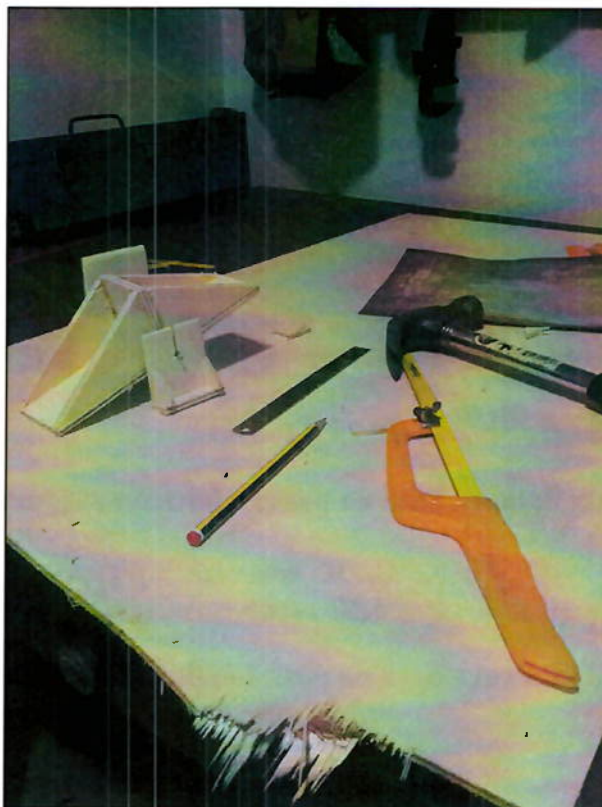
Massa total	57,94 g	
X_g	0,04 cm	Desequilibra
Y_g	1,25 cm	

Fonte: Elaborado pelo autor

As dimensões utilizadas na simulação da Tabela 3 foram aquelas levadas adiante para a construção do protótipo. O tipo de madeira escolhido foi um laminado de 4 mm de espessura e densidade de cerca de 500kg/m³, tipicamente encontrado em lojas de matérias

para construção. A etapa seguinte foi a construção da balança e da sua estrutura de apoio seguindo as medidas mostradas na tabela acima

Figura 14 – Mecanismo do tipo balança construído, sem impermeabilização



Fonte: Elaborado pelo autor

Com a balança e sua estrutura de apoio (onde, além de ter o ponto de pivô, há espaço para a instalação de um sensor magnético) construídas, devidamente impermeabilizadas e pintadas, o passo seguinte foi determinar com precisão a quantidade de água necessária para desequilibrar o sistema. Esta quantidade indicará o volume crítico do pluviômetro e será o ponto de partida para o dimensionamento do coletor. Para determinar o volume crítico, cada lado foi testado 10 vezes. Cada teste consistiu em encher um lado da balança com a ajuda de uma seringa graduada até que o sistema desequilibrasse. Os resultados estão na tabela a seguir:

Tabela 3 – Registro dos Experimentos

Experimento	Lado A (cm ³)	Lado B (cm ³)
1	23	22
2	22	19
3	20	18
4	22	20
5	21	21
6	20	22
7	18	21
8	20	20
9	19	18
10	22	21

Fonte: Elaborado pelo autor

Devido às variações encontradas no processo de medição, o autor utilizou-se de uma ferramenta estatística para verificar se as médias dos dois lados são as mesmas estatisticamente ou se seria necessário realizar correções no dispositivo. A ferramenta é a ANOVA com um fator, do inglês *Analysis of Variance*, que possibilita verificar com o nível de confiança desejado se as médias de duas amostras são as mesmas ou se tal hipótese deve ser rejeitada. O editor de planilhas *Excel* possui essa ferramenta, e seu resultado está na tabela abaixo:

Tabela 4 – Reprodução dos resultados da análise ANOVA feita no *Microsoft Excel*

Resumo da Análise ANOVA						
<i>Grupo</i>	<i>Contagem</i>	<i>Soma</i>	<i>Média</i>	<i>Variância</i>		
Lado A	10	207	20,7	2,46		
Lado B	10	202	20,2	2,18		
Sistema	20	209	20,45	2,15		
ANOVA						
<i>Fonte da variação</i>	<i>SQ</i>	<i>gl</i>	<i>MQ</i>	<i>F</i>	<i>valor-P</i>	<i>F crítico</i>
Entre grupos	1,25	1	1,25	0,54	0,47	4,41
Dentro dos grupos	41,7	18	2,32			
Total	42,95	19				

Fonte: Elaborado pelo autor

A ANOVA foi feita com um nível de confiança de 95%. Como o valor de *F* é consideravelmente inferior ao *F-Crítico* (0,54 e 4,41, respectivamente), é plausível aceitar as médias dos recipientes como sendo as mesmas com 95% de confiança.

A última etapa foi acoplar um pequeno imã na balança conforme a Figura 7. Para eventuais correções de imprecisão nas medições, uma fita magnética foi colada na parte debaixo da base da balança, na qual é possível posicionar pequenos imãs de modo a corrigir distorções entre os lados que possam surgir com o uso constante.

4.2.2 Coletor

Com a confirmação pela análise estatística do volume crítico médio do mecanismo, o passo seguinte foi o dimensionamento do coletor.

A pluviosidade é medida em milímetros de altura de chuva para uma determinada região. A resolução padrão mínima requerida pelo CEPED/Defesa Civil é de 1 mm, ou seja, o pluviômetro deve ser capaz de medir esta quantidade mínima de chuva. Sabendo que o volume crítico da balança é de $20,45 \text{ cm}^3$, o objetivo é dimensionar o coletor para que 1 mm de pluviosidade seja o equivalente ao volume crítico do mecanismo. Assim, o fator principal a ser determinado é a área da superfície do coletor, que, quando multiplicada por 1 mm, forneça o volume crítico. A matemática por trás é relativamente simples:

- O volume crítico convertido para mm^3 é 20.540 mm^3
- A área de um sólido de 1 mm de altura e 20.540 mm^3 é, portanto, 20.540 mm^2 . Esta deve ser a área da superfície do coletor

O formato de um coletor deve ser semelhante ao de um funil, para canalizar a água nele precipitada com a ajuda da gravidade. Apesar de o formato mais comum de coletor ser circular, numa espécie de cone invertido, o autor preferiu construir um coletor que atendesse as necessidades e às particularidades do projeto. Principalmente pelas características do material escolhido para o protótipo, um design em forma de pirâmide se mostrou mais apropriado.

O coletor foi construído a partir de quatro pedaços de madeira em forma de triângulo equilátero com 143 mm de lado, unidas pelos lados como numa pirâmide de quatro lados. O cume da pirâmide foi então cerrado, para que a água pudesse escorrer através do coletor. Para direcionar o fluxo de água, um pequeno bico de alumínio foi posicionado neste orifício (testes com o coletor mostraram que sem esta ponta a água não flui como previsto). O topo do

coletor, um quadrado de 143 mm de lado (que totaliza uma superfície de coleta de 20.449 mm², cerca de 99,9% da área ideal encontrada acima) é por onde a água deverá entrar no sistema para ser medida. Por fim uma tela foi posicionada sobre a superfície de coleta a fim de impedir a entrada de insetos e pequenos galhos e folhas que prejudicassem a medição

Figura 15 – Detalhe da tela protetora no coletor



Fonte: Elaborado pelo autor

4.2.3 Plataforma

A plataforma sobre a qual são instalados os dispositivos tem a função sustentar os componentes responsáveis pela coleta e medição da chuva. Além disto, ela deve ser capaz de drenar a água armazenada nos recipientes da balança e auxiliar no posicionamento ótimo do pluviômetro.

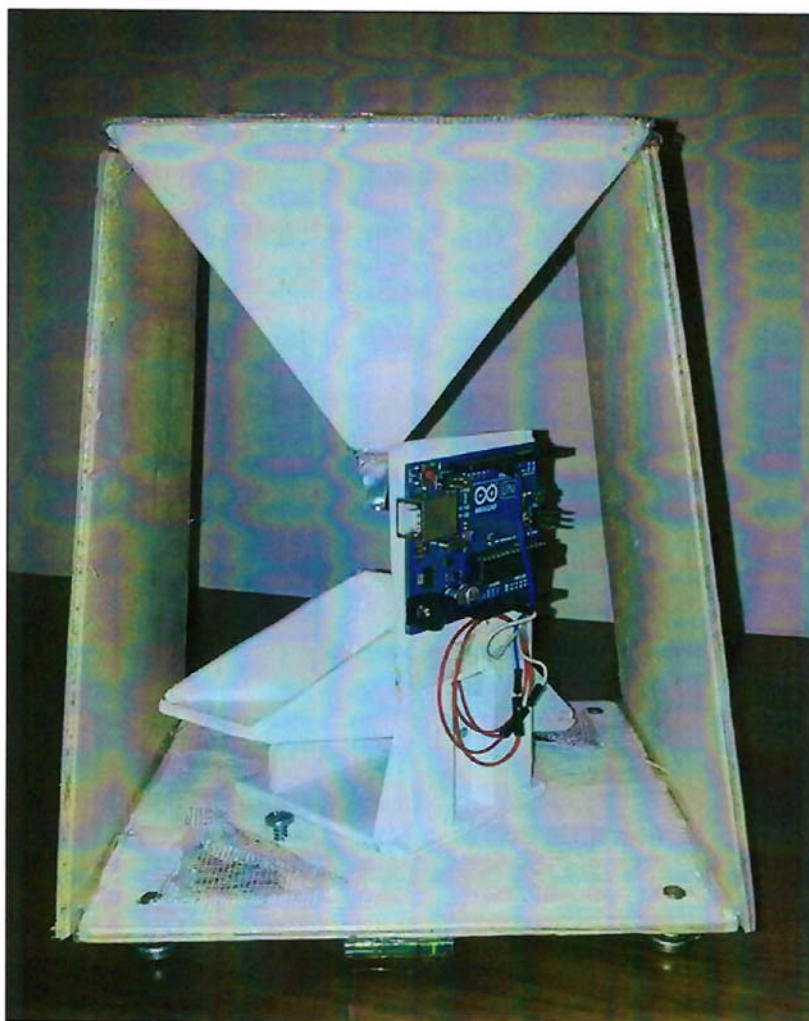
Para drenar a água, foram cortados dois orifícios, protegidos pela mesma tela utilizada no coletor, nos pontos onde a balança derrubaria a água coletada. Dois parafusos também foram posicionados sob os braços da balança para garantir o posicionamento ideal com relação à inclinação da mesma. A solução encontrada para auxiliar no posicionamento do

pluviômetro foi a instalação de quatro parafusos móveis na parte inferior da superfície, sobre as quais o pluviômetro fica apoiado. Desta forma, o usuário pode adaptar com mais facilidade o pluviômetro a uma superfície irregular. Por fim, uma solução antiga, mas bastante simples e útil, para garantir o nivelamento perfeitamente horizontal do dispositivo: o uso de dois níveis – do tipo bolha –, um em cada eixo paralelo à superfície, permite ao usuário garantir ainda mais a precisão da medição.

4.2.4 Resultado

A montagem de todos os elementos do protótipo está na imagem a seguir, incluindo o sensor, e o microcontrolador. Por decisão do autor, o protótipo será aberto, para possibilitar fácil acesso aos componentes e permitir uma boa visibilidade na hora de demonstrar o seu funcionamento. O produto final, no entanto, deverá ser fechado de modo a proteger os delicados circuitos eletrônicos do sistema. A decisão de construí-lo em madeira impede o seu uso imediato em um ambiente aberto. No entanto, seguindo o conceito de prototipação do DT, protótipos devem ser desenvolvidos para ideias serem validadas e testadas, sem o compromisso de ser o produto final, e esta foi a função do protótipo deste pluviômetro: validar as funcionalidades essenciais e avaliar a transmissão de informações para o banco de dados da interface. O design do protótipo, desenvolvido também em ambiente virtual 3D com ajuda de software de modelagem, pode e deve ser usado como referência para a execução do produto final, que será discutido mais à frente, na parte de especificação do protótipo. As especificações do dimensionamento do protótipo podem ser encontradas no anexo deste Trabalho.

Figura 16 – Protótipo finalizado, com instalação dos componentes eletrônicos



Fonte: Elaborado pelo autor

4.3 A interface

O módulo da interface engloba desde a emissão do sinal analógico por um sensor no pluviômetro, o processamento e digitalização deste sinal pelo microcontrolador até a recepção deste sinal por um programa instalado em um computador, que o interpreta e fornece a informação para o usuário.

Está é a parte mais importante de todo o Trabalho, consequentemente tomando a maior parcela do tempo disponível para ser desenvolvida. A solução, já discutida anteriormente no Trabalho, definida em conjunto com o CEPED e a Defesa Civil consiste em

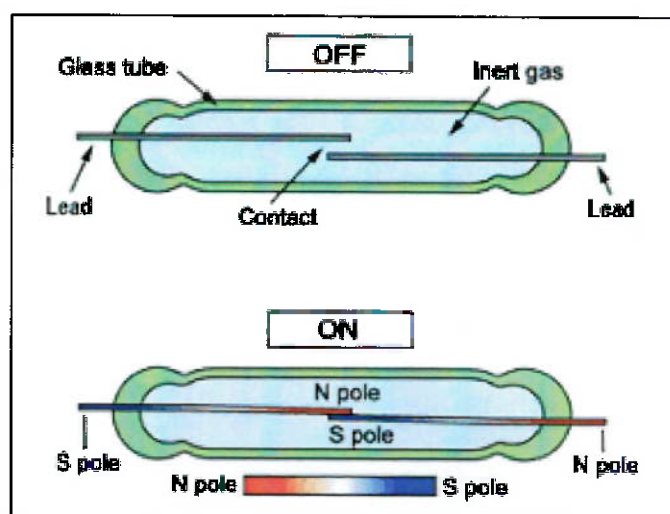
um sistema de alerta para emergências, não apenas no controle pluviométrico, função que seria satisfeita apenas com o dispositivo desenvolvido na seção anterior.

Com a crescente inclusão de computadores nas mais diversas repartições públicas (seja um corpo de bombeiros, um posto de saúde, uma delegacia policial, praticamente todos necessitam de um computador pelo menos para conduzir as suas operações cotidianas), ficou acertado que a interface seria desenvolvida para um ambiente eletrônico, particularmente com o Sistema Operacional *Windows*, da *Microsoft*. O objetivo é que, mesmo isoladas, as comunidades tenham a sua disposição um sistema de alerta desvinculado a central do CEMADEN, para que medidas de evacuação e prevenção sejam tomadas de acordo com as particularidades de cada região.

4.3.1 Sensor

A primeira etapa para a obtenção dos dados que estruturam a base de dados para a emissão de alertas é a coleta desta informação: o movimento de oscilação da balança deve ser de alguma forma capturado. Para realizar esta tarefa, pode-se usar uma chave mecânica – espécie de interruptor – ou uma chave magnética (*reed switch*). Ambas funcionam a partir do mesmo princípio, que consiste em fechar um circuito na ocasião do evento a ser registrado. No caso da solução deste trabalho, foi escolhida uma chave magnética, pelo simples fato de ser mais simples e menos sujeita a danos por não ter partes móveis expostas. É um item com baixo custo, que pode ser reparado com facilidade em caso de avarias (aquele empregado neste Projeto custou cerca de R\$10,00).

Figura 17 – Esquema de chave magnética normalmente aberta



Fonte: livethethinline.blogspot.com.br, 2013

Na presença de campo magnético, o circuito fecha e cria-se uma diferença de potencial no sensor, diferença essa que será processada pelo microcontrolador. Como é possível ver nas figuras 7 e 11, o sensor deve ser posicionado no centro do arco descrito pela parte central da balança do pluviômetro, onde deve haver um ímã permanente forte o suficiente para afetar o sensor. Assim, cada vez que um recipiente atinge o volume crítico e desequilibra a balança, o ímã passa na frente do sensor fechando o circuito entre o sensor e o microcontrolador.

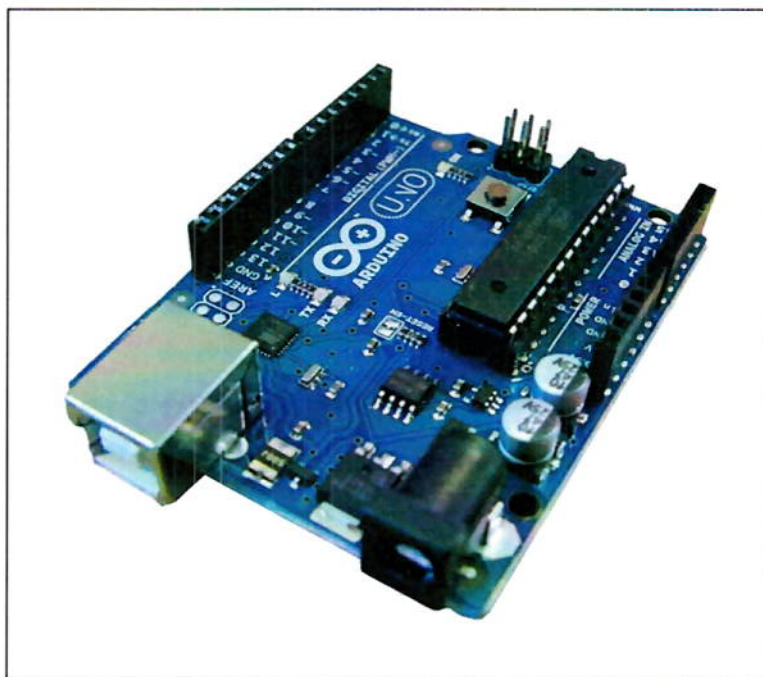
4.3.2 Microcontrolador

O microcontrolador tem a função de interpretar a informação emitida pelo sensor. Nos produtos disponíveis no mercado, os microcontroladores são especificamente desenvolvidos para cada situação e necessidade, mas desenvolver um microcontrolador dedicado é um processo caro e complexo, e não está no escopo do presente Trabalho propor uma placa de circuitos para o protótipo. Felizmente existem microcontroladores prontos no mercado, com aplicabilidade e flexibilidade para se adaptar a inúmeras necessidades, e com código *open-source*, o que os torna extremamente eficientes para prototipar.

O microcontrolador escolhido para o Trabalho foi um modelo da empresa italiana *Arduino*, o *Arduino UNO*. Os microcontroladores desta empresa possuem uma linguagem

própria, baseada no formato C++, mas com particularidades próprias, sendo bastante intuitiva e, de certa forma, até lúdica a sua forma de programação. Os microcontroladores são preparados para receber informações de diversos tipos de sensores e responder a estímulos movendo motores, luzes e uma série de outros dispositivos. O modelo utilizado no pluviômetro custa cerca de R\$50,00.

Figura 18 – Microcontrolador *Arduino UNO* utilizado no protótipo

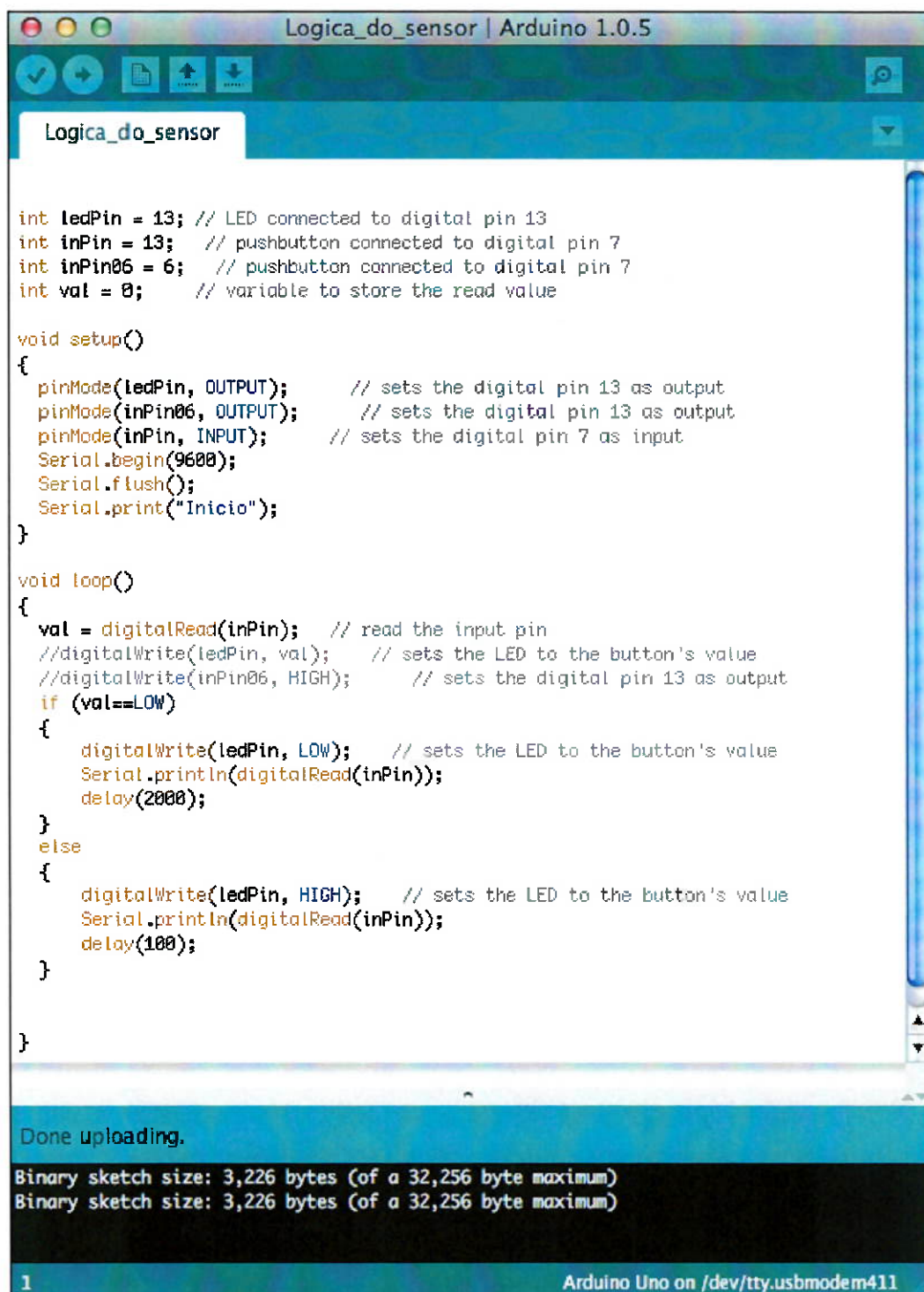


Fonte: *Wikipedia.org*, 2013

Com o microcontrolador e o sensor em mãos, a etapa seguinte é escrever o algoritmo para interpretar o sinal e emitir a informação para o computador pelo cabo USB.

A lógica pensada para a rotina desenvolvida é relativamente simples: o microcontrolador deve ler continuamente as informações referentes à situação do sensor e, quando houver presença de campo magnético, emitir um sinal distinto. Abaixo, a rotina que roda no microcontrolador acoplado ao pluviômetro.

Figura 19 – Algoritmo desenvolvido para o microcontrolador



```

Logica_do_sensor | Arduino 1.0.5

Logica_do_sensor

int ledPin = 13; // LED connected to digital pin 13
int inPin = 13;  // pushbutton connected to digital pin 7
int inPin06 = 6; // pushbutton connected to digital pin 7
int val = 0;     // variable to store the read value

void setup()
{
  pinMode(ledPin, OUTPUT);    // sets the digital pin 13 as output
  pinMode(inPin06, OUTPUT);   // sets the digital pin 13 as output
  pinMode(inPin, INPUT);     // sets the digital pin 7 as input
  Serial.begin(9600);
  Serial.flush();
  Serial.print("Inicio");
}

void loop()
{
  val = digitalRead(inPin); // read the input pin
  //digitalWrite(ledPin, val); // sets the LED to the button's value
  //digitalWrite(inPin06, HIGH); // sets the digital pin 13 as output
  if (val==LOW)
  {
    digitalWrite(ledPin, LOW); // sets the LED to the button's value
    Serial.println(digitalRead(inPin));
    delay(2000);
  }
  else
  {
    digitalWrite(ledPin, HIGH); // sets the LED to the button's value
    Serial.println(digitalRead(inPin));
    delay(100);
  }
}

Done uploading.

Binary sketch size: 3,226 bytes (of a 32,256 byte maximum)
Binary sketch size: 3,226 bytes (of a 32,256 byte maximum)

1 Arduino Uno on /dev/tty.usbmodem411

```

Fonte: Elaborado pelo autor

Esta rotina garante a leitura contínua do sinal provindo do sensor em alta velocidade (indicado pela linha de código “*delay(100)*”, sendo 100 o tempo de atualização em milissegundos) enquanto o ímã não afeta o *switch*, mas ao mesmo tempo reduz a velocidade

de atualização (“*delay(2000)*”, ou seja, 2 segundos) quando o ímã passa pelo sensor, evitando assim uma leitura dupla, caso a balança demore a tombar por algum motivo.

O abastecimento do microcontrolador pode ser feito via cabo USB ou por uma bateria de 12 Volts. Para os propósitos deste Projeto, a comunicação entre o protótipo e a interface no computador será feita via cabo, fornecendo assim a eletricidade necessária para o funcionamento do conjunto microcontrolador e sensor. O desenvolvimento de um sistema sem fio via *WiFi*, Rádio ou Internet móvel foi cogitado, mas as restrições de conhecimento técnico por parte do autor e a prioridade dada ao desenvolvimento do software, que afinal é a função principal do Projeto, acabaram por impedir o desenvolvimento de uma transmissão independente de cabos.

4.3.3 Banco de dados e a Interface *SAL* – Sistema de Alerta Local

A última etapa da informação é a sua interpretação pelo software e disponibilização para o usuário. O primeiro passo foi definir o ambiente onde seria desenvolvida a interface. O software escolhido para esta tarefa foi o *Microsoft Access*, que permite não só o desenvolvimento de extensos bancos de dados interconectados, mas também um intuitivo criador de interfaces. A maior parte do tratamento de dados (recebimento dos sinais do microcontrolador, emissão e controle de alertas, exportação de registros) foi desenvolvido em VBA (*Visual Basic for Applications*), linguagem universal do pacote *Office* da *Microsoft*. O nome dado ao programa é *SAL* – iniciais para Sistema de Alerta Local.

A primeira etapa foi desenvolver um código que capturasse as informações providas do microcontrolador e registra-las em um banco de dados. A rotina consiste em varrer todas as portas seriais à procura de um sinal específico provindo do *Arduino*. Ao receber o sinal referente à passagem do ímã, o código devera registrar o momento deste evento no banco de dados (códigos utilizados poderão ser encontrados nos apêndices).

Com esta etapa executada, as etapas seguintes serão responsáveis por fazer a lógica para o tratamento dos dados, necessária para fazer o controle e monitoramento dos alertas, registrar alertas disparados e exportar os dados para planilhas em *Excel*.

A janela de controle é a página central do sistema (figura 20). Nela estão mostrados os principais parâmetros do monitoramento, o que inclui:

- Nome e localidade da estação
- Histórico de chuva das últimas 6hs, 12hs, 24hs, 48hs e 72hs. Este último, referente a um período de registro para 3 dias, foi requerido diretamente pelo Tenente Kamada por ser a referencia de monitoramento de deslizamentos
- Alertas atualmente registrados e ativados
- Histórico de alertas disparados

Figura 20 – Painel de controle do SAL

SAL - Sistema de Alerta Local

Nome: USP

Cidade: Sao Paulo

UF: SP

Nível de Chuva das ultimas 72 horas: 33 mm

Nível de Chuva das ultimas 48 horas: 33 mm

Nível de Chuva das ultimas 24 horas: 33 mm

Nível de Chuva das ultimas 12 horas: 33 mm

Nível de Chuva das ultimas 06 horas: 33 mm

Alertas Ativados:

Código do Alerta	Nível (mm)	Tempo (min)	Status	Data:
Enchente	30	240	Alerta	22/10/2013

Histórico dos Alertas

Descrição	Data Ativação	Última Atualização	Nível (mm)	Status	Local	Alerta
Enchente	21/10/2013 05:21:30	21/10/2013 05:23:10	30	Alerta	USP	

Registrar: 1 de 1 **Sem Filtro** **Pesquisar**

Nome Arquivo: **Data Inicial:** 02/10/2013 **Data Final:** 22/10/2013 **Exportar Dados**

Caminho: **...**

Sair

Fonte: Elaborado pelo Autor

Além destas informações, o usuário pode exportar para qualquer diretório que desejar uma planilha em *Excel* com os registros pluviométricos de qualquer intervalo de datas, para gerar gráficos e relatórios ou enviar um e-mail, por exemplo. O usuário também pode criar um novo alerta ao clicar no botão “Criar Alerta”, principal função deste software. Esta ação abre um novo formulário, no qual o usuário deve entrar com parâmetros para preparar um novo alerta:

Figura 21 – Formulário de Cadastro de Alerta do SAL

Fonte: Elaborado pelo autor

Os parâmetros incluem o nome do alerta, preferencialmente um nome que remeta a algum evento que este alerta indique (no exemplo acima o nome é “Enchente”); nível em milímetros a partir do qual este alarme é disparado; tempo em minutos, que representa o intervalo de tempo no qual o nível deverá ser atingido para que o alarme dispare (Na Figura 21, se chover 30 mm ou mais em 240 minutos, 4 horas, este alarme soará); status é a gravidade do alerta, e possui quatro estágios baseados na estrutura de classificação de ameaças da própria Defesa Civil:

- Normal
- Atenção
- Alerta

- Emergência

O usuário deve também selecionar se deseja ativar o alarme no *checkbox* ao lado de “Ativado”, para que o monitoramento deste alerta seja acionado. Quando acionado, este alerta será verificado constantemente por uma rotina, que contabiliza nos últimos n minutos, definidos pelo usuário, a quantidade de chuva ocorrida, comparando-a com o nível crítico, que também foi definido pelo usuário

Caso um alerta seja disparado, uma caixa de texto do tipo *pop-up* avisa sobre este evento e uma sirene soa. É então feito um registro em outro banco de dados, no qual consta o histórico de alertas, o momento em que determinado alerta foi disparado e durante quanto tempo ficou ativo. Essas informações também são demonstradas na página central (figura 20) no quadro sob o título “Histórico de Alertas”. Enquanto este alerta estiver disparado, isto é, enquanto o nível de chuva nos últimos n minutos for maior ou igual ao nível crítico, uma luz de alerta permanecerá acesa sob a coluna “Alerta”. Quando o programa verifica que o nível de chuva nos últimos n minutos está abaixo do nível crítico, o alerta é finalizado e armazenado, e sua luz de alerta é desligada.

4.3.4 Precificação do Protótipo e Estimativas de Custo para o Produto Final

Durante as conversas com o Tenente Marcelo Kamada, um dos pontos que mais ressaltaram a urgência para o desenvolvimento de um projeto que auxiliasse a Defesa Civil a alertar populações em áreas sujeitas a desastres ligados à chuva foi o altíssimo custo dos aparelhos atualmente empregados nesta atividade. Portanto, era crucial que o produto desenvolvido neste trabalho possuísse um custo, tanto de produção quanto de manutenção, consideravelmente menor.

Os aparelhos meteorológicos atualmente empregados nas operações de monitoramento e modelagem são caros devido ao seu alto grau de precisão e tecnologia embarcada (fazem uso de painéis solares para o abastecimento de energia e contam com dispositivos para enviar dados por longas distâncias utilizando a rede de dados de operadoras de celulares). No entanto estas características não são as mais relevantes quando o objetivo é estabelecer uma vigília em alguma região isolada, que pode ficar incomunicável nos mesmos eventos de chuva sobre as quais deveriam ser alertados. Portanto, ao invés de centralizar o monitoramento, a decisão foi

pulverizá-lo, com equipamentos mais simples, que reduzam o tempo de resposta e sejam adaptáveis a qualquer região, sendo necessário apenas de um computador pessoal e do pluviômetro para iniciar o monitoramento.

O protótipo do pluviômetro, construído com materiais simples e baratos, serviu perfeitamente ao propósito de validar o funcionamento do sistema, e seu custo de desenvolvimento foi bastante reduzido, como demonstra a tabela a seguir, com a discriminação de cada material utilizado no processo. Como o trabalho foi todo desenvolvido pelo autor, com ferramentas adquiridas previamente a este Trabalho, o custo de mão de obra foi considerado nulo.

Tabela 5 – Precificação do Protótipo

Precificação do protótipo				
Materiais do protótipo	Quantidade	Unidade	Preço/unidade	Preço Final
Compensado 4mm	0,5	m ²	R\$32,90	R\$16,45
Parafusos da base	4	un	R\$1,10	R\$4,40
Níveis de bolha	2	un	R\$2,64	R\$5,27
Parafusos para fixação	6	un	R\$0,07	R\$0,42
Tela (filtro)	0,2	m ²	R\$10,90	R\$2,18
Tinta Impermeabilizante	1	un	R\$21,90	R\$21,90
Massa niveladora	1	un	R\$8,90	R\$8,90
Cola para madeira	1	un	R\$4,50	R\$4,50
Tubos de cola quente	2	un	R\$1,00	R\$2,00
Arduino UNO	1	un	R\$50,00	R\$50,00
Sensor magnético	1	un	R\$10,00	R\$10,00
ímã de neodímio	1	un	R\$1,50	R\$1,50
Fios para circuito eletrônico	4	un	R\$0,70	R\$2,80
Total				R\$130,32
Materiais usados na fabricação	Quantidade	Unidade	Preço/unidade	Preço Final
Lixas circulares para furadeira	2	un	R\$5,50	R\$11,00
Lâmina de Serra	2	un	R\$8,74	R\$17,48
Total				R\$28,48
Custo total do protótipo				R\$158,80

Fonte: Elaborado pelo Autor

O desenvolvimento da interface digital exigiu apenas um computador pessoal e o pacote Microsoft Office com o software *Access* instalado. Como o autor também já dispunha destes recursos, o custo de desenvolvimento também foi nulo.

O produto final não deverá ser construído com os mesmos materiais utilizados no protótipo, que, apesar de cumprirem sua função no desenvolvimento do Trabalho, não resistiria à exposição por longos períodos de tempo sob chuva e sol, devido às limitações características da madeira. Além disto, a transmissão de dados no protótipo é feita por meio de um cabo USB, o que é inviável em situações de uso real. Portanto, coube ao autor também estimar quanto custaria o produto finalizado, construído com materiais resistentes à exposição do clima e capaz de transmitir os registros à distância.

O material mais apropriado para o desenvolvimento do produto final é o alumínio. Além de leve e barato, o alumínio é resistente a água, e é capaz de tolerar pequenos impactos sem ser danificado. O autor partiu do princípio que a superfície de material utilizada no protótipo seria a mesma.

No entanto, o processo produtivo deverá ser diferente, por envolver o metal em sua manufatura. Os métodos para unir e dobrar metais são mais trabalhosos e exigem maquinário específico, como soldas. Deverá contar também com borrachas ou material semelhante para vedar as partes em que peças se unem. Na tabela seguir há a estimativa realizada do custo do produto final levando-se em conta apenas os materiais envolvidos no processo (preços dos itens são uma média feita com base em pesquisas de mercado):

Tabela 6 – Simulação de custo do Produto final

Estimativa de custo do Produto Final				
Materiais do protótipo	Quantidade	Unidade	Preço/unidade	Preço Final
Folha de alumínio	0,5	m ²	R\$100,00	R\$50,00
Pé regulável	4	un	R\$3,00	R\$12,00
Níveis de bolha	2	un	R\$2,64	R\$5,27
Parafusos para fixação	6	un	R\$0,07	R\$0,42
Tela (filtro)	0,2	m ²	R\$10,90	R\$2,18
Borrachas para vedação	1	m	R\$6,14	R\$6,14
Carregador Solar	1	un	R\$200,00	R\$200,00
Bateria de 12V recarregável	1	un	R\$80,00	R\$80,00
Arduino com módulo WiFi	1	un	R\$230,00	R\$230,00

Sensor magnético	1	un	R\$10,00	R\$10,00
ímã de neodímio	1	un	R\$1,50	R\$1,50
Fios para circuito eletrônico	4	un	R\$0,70	R\$2,80
Total				R\$600,31

Materiais usados na fabricação	Quantidade	Unidade	Preço/unidade	Preço Final
Solda para alumínio	5	un	R\$5,90	R\$29,50
Disco de Serra	1	un	R\$100,00	R\$100,00
Total				R\$129,50

Custo total do protótipo **R\$729,81**

Fonte: Elaborado pelo autor

Ainda que custe cerca de 4,5 vezes mais caro do que o protótipo final, o produto ainda está muito abaixo dos R\$9000,00 que atualmente custam os pluviômetros do CEMADEN. Mesmo que as despesas incorridas para a fabricação do protótipo sejam 40% do custo de fabricação, e que o fabricante tenha uma margem de lucro de 15% (premissas razoáveis para o mercado), o preço final ficaria em torno de R\$1200,00. Neste produto, como é possível ver na relação de itens da tabela 7, estão incluídos a bateria, um pequeno painel solar para carregá-la e o módulo do microcontrolador com função WiFi, sendo assim capaz de enviar dados remotamente, sem a necessidade de cabos ou abastecimento da rede elétrica. Neste caso, a operação ainda requereria um computador com capacidade WiFi e o Microsoft Office com *Access* instalado, além de um roteador para fornecer a rede sem fio. Um computador com essas características tem um preço no mercado de cerca de R\$1500,00, enquanto um roteador WiFi padrão custa por volta de R\$80,00.

O custo final estimado para estruturar uma estação plenamente funcional de monitoramento com o *SAL* e um pluviômetro seria, portanto, cerca de R\$2.780,00, cerca de 31% dos pluviômetros atuais do CEMADEN, sem contar o custo de manutenção, que seria a princípio nulo nos equipamentos do *SAL versus* os cerca de R\$30.000,00 anuais por unidade do pluviômetro padrão do CEMADEN.

No entanto, pode-se assumir que nos lugares onde o *SAL* seria implementado, já existe uma mínima estrutura para a instalação do equipamento, já que é praticamente imprescindível atualmente o exercício de atividades cotidianas de postos de saúde, delegacias e demais repartições públicas, sem o uso de computadores. Contando com este fato, bastaria a instalação de um roteador WiFi (não havendo necessidade de conexão com a internet, apenas

para gerar uma rede de dados sem fio para que os dados possam trafegar entre o pluviômetro e o computador rodando o *SAL*) e o equipamento estaria plenamente funcional.

Assim o preço seria ainda mais atrativo, girando em torno de R\$1280,00, ou 14% do valor desembolsado atualmente apenas para instalar um dispositivo. Seria possível prover cobertura com o *SAL* para 30 localidades com os recursos utilizados para instalar e manter apenas um pluviômetro dos atuais modelos da Defesa Civil

5 CONCLUSÕES

Nesta última etapa do Trabalho, são discutidos e validados os conceitos de *Design Thinking* que foram estudados e adotados para o desenvolvimento do projeto. A questão em pauta é se o DT deve ser tratado como um *framework* para desenvolvimento de soluções ou se os seus conceitos principais e ferramentas devem ser adotados em diferentes contextos e ênfases distintas. Por último, o aproveitamento da solução sob a ótica do cliente (CEPED e Defesa Civil) é analisado e comentado.

5.1 Validação do *Design Thinking*: Fonte de Ferramentas ou Processo Estruturado?

O DT, como pôde ser visto na segunda parte deste trabalho, não possui apenas uma descrição estruturada. Muito pelo contrário, os seus conceitos foram resultado de cinco décadas de evolução de ideias que refinaram o que hoje é conhecido como DT. Na opinião do autor, estas ideias não formam necessariamente um processo estruturado, ao contrario do que propõe os autores das mais recentes vertentes do DT, mas sim caracterizam ideias que devem nortear a mentalidade de desenvolvedores e designers para desenvolver seus produtos e serviços de forma a atender melhor as necessidades do usuário.

Mesmo os processos estruturados, segundo os próprios autores que os defendem, possuem uma ampla flexibilidade em como e quando usar os recursos do DT. A percepção do autor é que o tipo de problema deve fornecer as diretrizes sobre em que contexto usar o DT. Problemas complexos (*wicked problem*, como discutido no item 2.1.2.2) com alto grau de indefinição e com uma ampla gama de possibilidades a serem trabalhadas são aqueles que um processo estruturado de DT melhor se adapta. O problema abordado por este Trabalho, por exemplo, não se encaixa completamente no conceito de “problema complexo”, apesar de não possuir necessariamente uma solução correta, o que o classificaria como *tame problem*:

- É um problema bem definido: “há uma falta de monitoramento pluviométrico, devido ao alto custo dos equipamentos, em boa parte do Estado de São Paulo e não há atualmente como alertar comunidades em áreas isoladas no caso de perigo iminente devido as chuvas, impedindo assim às autoridades locais tomar as medidas necessárias”

- Os *stakeholders* são bem definidos: A Defesa Civil e o CEPED, usuários do sistema e as populações isoladas.
- A solução foi rapidamente determinada: “é necessário um sistema simples e flexível que permita a essas comunidades prever as consequências das chuvas de forma independente do CEMADEN”.

Mesmo assim, o uso dos conceitos de DT permitiu que o autor entendesse com profundidade as reais necessidades do cliente do projeto, e assim pudesse desenvolver a solução com precisão para atendê-las. A conclusão é que *Design Thinking* pode ser tratado de ambas as formas, cada uma apropriada para um tipo de contexto e problema. Pode ser um processo estruturado, com as três fases (Inspiração, Ideação e Implementação) bem definidas, sessões de *braistorming* e prototipação rápida. Concomitantemente, também pode ser uma fonte ferramentas e diretrizes para o desenvolvimento de um projeto específico (modelo no qual se encaixa este Trabalho), a fim de se atingir algum objetivo durante o processo como, por exemplo, gerar empatia, criar ideias e testar ideias.

5.2 Aproveitamento da Solução

Até a conclusão e apresentação deste Trabalho, o protótipo e a interface ainda não tinham sido apresentados para a Defesa Civil. No entanto, a solução será analisada nos três principais pontos frisados por Tim Brown, descritos no item 2.2, para avaliar a solução a ser entregue:

- **Desejabilidade:** devido ao constante contato com o Tenente Kamada e a visita ao centro de monitoramento do CEMADEN, as necessidades foram muito bem especificadas para o autor. O protótipo final, sob este ponto, pode ser dividido em duas partes: (i) o pluviômetro, e (ii) a interface. Com relação ao primeiro item, não existe a possibilidade de simplesmente replicar o modelo em material diferente, à prova de água, e começar a manufatura. Atualizações importantes deverão ser feitas – principalmente com relação ao equilíbrio do sistema mecânico da balança, revisão da rotina do microcontrolador para transmitir de dados sem fio e instalação da bateria com carregador solar – para que o protótipo seja plenamente utilizável em situações reais. Com relação à interface, com atualizações de código é possível adaptar o

software para receber as informações via rede sem fio, mas, de forma geral, a interface e os bancos de dados estão prontos para o uso, com todos os *debugs* já realizados. É também extremamente simples de utilizar, com uma interface que se atualiza automaticamente e de fácil visualização. Cabem ao usuário três funções primárias para dominar a operação do *SAL*: (i) criar e editar alertas, (ii) exportar dados especificando o destino do arquivo, e (iii) manter constante atenção aos indicadores fixos (de 6, 12, 24, 48 e 72 horas) e aos eventuais alertas disparados.

- **Factibilidade:** como visto no item 5, a solução é plenamente factível, com um protótipo funcional desenvolvido com ferramentas simples em apenas um mês e meio. Além disto, diversas soluções semelhantes existem no mercado, já que monitoramento de chuva é uma atividade executada há milênios, desde as civilizações grega e egípcia. A própria solução atual do CEMADEN é uma versão complexa daquela desenvolvida para este trabalho, cuja diferença principal reside no processamento centralizado na sede da Defesa Civil, ao invés de serem tratados localmente, como propõe o *SAL*.
- **Viabilidade:** O custo de desenvolvimento do protótipo foi irrisório perto do que atualmente é gasto para monitorar pouco mais de 4% dos municípios do estado. Os custos estimados no item anterior para o produto final também apontam para um uso bem mais difundido do equipamento. Além disso, pela simplicidade do equipamento não existe necessidade de manutenção constante e, por permanecer dentro de repartições públicas, está mais protegido de furtos do que as estações de campo do CEMADEN e mais acessível no caso de reparos. Por último, a interface do *SAL* exige pouco ou nenhum treinamento para seu uso, exigindo poucos minutos para a familiarização do usuário com as funções disponíveis.

Assim, a conclusão que se pode chegar é que a solução, com algumas alterações para a adaptação do software, e a especificação definitiva e início da manufatura do produto final, poderá ser utilizada pela Defesa Civil CEPED. Devido à arquitetura aberta tanto do VBA usado na interface quanto do *Arduino*, os clientes terão total liberdade para fazer modificações e adaptações futuras.

6 REFERÊNCIAS

- BROWN, T. Design Thinking. *Harvard Business Review*, junho de 2008
- BROWN, T. e KATZ, B. *Change by Design: How Design Thinking Transforms Organizations and Inspires Innovation*. Harper Business, 2009. 264 p.
- BUCHANAN, R. Wicked Problems in Design Thinking. 1992
- DORST, K. e CROSS, N. Creativity in the design process: co-evolution of problem-solution. *Design Studies*, 2001. p. 425-437
- LAWSON, B. *How Designers Think: The Design Process Demystified*. Elsevier/Architectural Press, 2006. 321 p.
- NORMAN, D. A. *The Design of Everyday Things*. Basic Book, 1988. 257 p.
- ROWE, P. G. *Design Thinking*. MIT Press, 1991. 241 p.
- ARCHER, L. Bruce. Whatever Became of Design Methodology. *Design Studies* 1.1, (1979)
- RITTEL, H. W. J. e WEBBER, . Dilemmas in a General Theory of Planning. *Policy Sciences* 4, 1973. P. 155-169
- STANFORD SOCIAL INNOVATION REVIEW. **Design Thinking for Social Innovation**. [Acesso em 10 de maio de 2013]. Disponível em: http://www.ssireview.org/articles/entry/design_thinking_for_social_innovation/
- USABILITY PROFESSIONALS' ACTION. **What is User-Centered Design**. [Acesso em 13 de maio de 2013]. Disponível em: http://www.usabilityprofessionals.org/usability_resources/about_usability/what_is_ucd.html
- IN SCHOOL SOLUTIONS. **Support Planner: Solution Focused**. [Acesso em 13 de agosto de 2013]. Disponível em: http://inschoolsolutions.com/support/solution_focus.htm
- COMPUTER PROFESSIONALS FOR SOCIAL RESPONSIBILITY. **What is Participatory Design**. [Acesso em 16 de maio de 2013]. Disponível em: <http://cpsr.org/issues/pd/introInfo/>
- FAST COMPANY. **Design Thinking is Failed Experiment. So, what's next?**. [Acesso em 18 de maio de 2013]. Disponível em: <http://www.fastcodesign.com/1663558/design-thinking-is-a-failed-experiment-so-whats-next>
- DESIGN STUDIES FORUM. **Rethinking Design Thinking**. [Acesso em 18 de maio de 2013]. Disponível em: <http://www.designstudiesforum.org/journal-articles/rethinking-design-thinking-part-i-2/>

THE MULTIDISCIPLINARIAN. **Design Thinking's Timely Death**. [Acesso em 18 de maio de 2013]. Disponível em: <http://themultidisciplinarian.com/2012/06/11/design-thinkings-timely-death/>

SAP. **Introduction to Design Thinking**. [Acesso em 18 de maio de 2013]. Disponível em: http://www.sapdesignguild.org/community/design/design_thinking.asp

PMEZINE. **WHAT SCIENTISTS CAN LEARN FROM THE SCIENCE OF BEHAVIOR**. [Acesso em 20 de maio de 2013]. Disponível em: <http://aubreydaniels.com/pmezine/what-scientists-can-learn-science-behavior>

DESIGN DIALOGUES. **Design Thinking's Convergence Diversion**. [Acesso em 22 de maio de 2013]. Disponível em: <http://designdialogues.com/design-thinkings-convergence-diversion/>

BOUNCING IDEAS. **Design Thinking Resources**. [Acesso em 22 de maio de 2013]. Disponível em: <http://bouncingideas.wordpress.com/2013/02/05/design-thinking-resources/>

IDEO. **Change by Design**. [Acesso em 22 de maio de 2013]. Disponível em: <http://www.ideo.com/by-ideo/change-by-design>

I THINK, I DESIGN. **A brief history of design thinking. How design thinking came to "be"**. [Acesso em 27 de maio de 2013]. Disponível em: <http://ithinkidesign.wordpress.com/2012/06/08/a-brief-history-of-design-thinking-how-design-thinking-came-to-be/>

FAST COMPANY. **Design Thinking... What is that?** [Acesso em: 22 de maio de 2013]. Disponível em <http://www.fastcompany.com/919258/design-thinking-what>

FAPESP (FUNDAÇÃO DE AMPARO À PESQUISA DO ESTADO DE SÃO PAULO). **USP cria Centro de Estudos e Pesquisas sobre Desastres Naturais**. [Acesso em: 26 de maio de 2013]. Disponível em: <http://agencia.fapesp.br/16791>

PORTAL GLOBO. **Queimadas causam mais de 75% da emissão de gás carbônico no Brasil**. [Acesso em 26 de maio de 2013]. Disponível em: <http://g1.globo.com/brasil/noticia/2010/09/queimadas-causam-mais-de-75-da-emissao-de-gas-carbonico-no-brasil.html>

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO. **USP e Defesa Civil se aliam em centro de pesquisas sobre desastres**. [Acesso em: 26 de maio de 2013]. Disponível em: <http://www5.usp.br/26125/usp-e-defesa-civil-se-aliam-em-centro-de-pesquisas-sobre-desastres/>

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO. **Reitor recebe homenagem da Defesa Civil de São Paulo**. [Acesso em: 26 de maio de 2013]. Disponível em: <http://www.usp.br/imprensa/?p=28303>

GLOBO. **Número de focos de Incêndio dobra em 2012.** [Acesso em: 26 de maio de 2013]. Disponível em: <http://g1.globo.com/jornal-nacional/noticia/2012/09/numero-de-focos-de-incendio-no-brasil-dobram-em-2012.html>

PORTAL TERRA. **SP registra 12 mortos devido a chuvas desde dezembro.** [Acesso em 26 de maio de 2013]. Disponível em: <http://noticias.terra.com.br/brasil/cidades/sp-registra-12-mortes-devido-a-chuvas-desde-dezembro,26cb98ce1e34c310VgnCLD2000000ec6eb0aRCRD.html>

DESIGN THINKING ACTION LAB. **Space.** [Acesso em 12 de setembro]. Disponível em: https://novoed.com/designthinking/lectures/275/lecture_videos/615

CEMADEN. **Municípios Monitorados.** [Acesso em 26 de setembro de 2013] Disponível em: <http://www.cemaden.gov.br/municipiosprio.php>

JUSBRASIL. **Art. 16 do Decreto 48526/04, São Paulo.** [Acesso em: 2 de outubro de 2013]. Disponível em: <http://www.jusbrasil.com.br/topicos/10730270/artigo-16-do-decreto-n-48526-de-04-de-marco-de-2004-de-sao-paulo>

WEATHER FOR SCHOOLS. **More about precipitation.** [Acesso em: 2 de outubro de 2013]. Disponível em: <http://www.weatherforschools.me.uk/html/moreprecipitation.html>

ICT INTERNATIONAL. **Rainfall Station.** [Acesso em: 2 de outubro de 2013]. Disponível em: <http://www.ictinternational.com.au/rainfall-station.htm>

PRONAMIC. **Rain-O-Matic Small Rain Gauge.** [Acesso em: 2 de outubro de 2013]. Disponível em: <http://pronamic.com/products/rain-o-matic-small.aspx>

WEATHER SHACK. **Tipping Bucket Rain Gauge.** [Acesso em: 2 de outubro de 2013]. Disponível em: <http://www.weathershack.com/static/ed-tipping-bucket-rain-gauge.html>

ALL WEATHER INC. **Optical Rain Gauge Model 6030.** [Acesso em: 7 de outubro de 2013]. Disponível em: <http://www.allweatherinc.com/wp-content/uploads/6030-0411.pdf>

ALL WEATHER INC. **Precipitation Gauges.** [Acesso em: 7 de outubro de 2013]. Disponível em: <http://www.allweatherinc.com/meteorological-sensors/precipitation-gauges/>

METEOROLOGY SHOP. **Distrometer Prices.** [Acesso em: 7 de outubro de 2013]. Disponível em: http://www.meteorologyshop.eu/Distrometer/ENG_276_EUR_427_0_.html

ABOUT.COM. **How Does a Tipping Bucket Rain Gauge Work?** [Acesso em: 7 de outubro de 2013]. Disponível em: <http://weather.about.com/od/weatherfaqs/a/RainGauges.htm>

AGAPE DO BRASIL. **Um presidente diferente.** [Acesso em: 20 de outubro de 2013]. Disponível em: <http://agapedobrasil.com.br/blog/tag/design-thinking/>

LEARNIST. **Design Thinking Case studies and Success Stories.** [Acesso em: 20 de outubro de 2013]. Disponível em: <http://learnist.com/users/131859/boards/27131-design-thinking-case-studies-and-success-stories>

PATWELL CONSULTING. **Design Thinker Experience Innovation.** [Acesso em: 22 de outubro de 2013]. Disponível em: <http://patwellconsulting.com/DevelopmentResources/DesignThinkingProcessWorkshop.aspx>

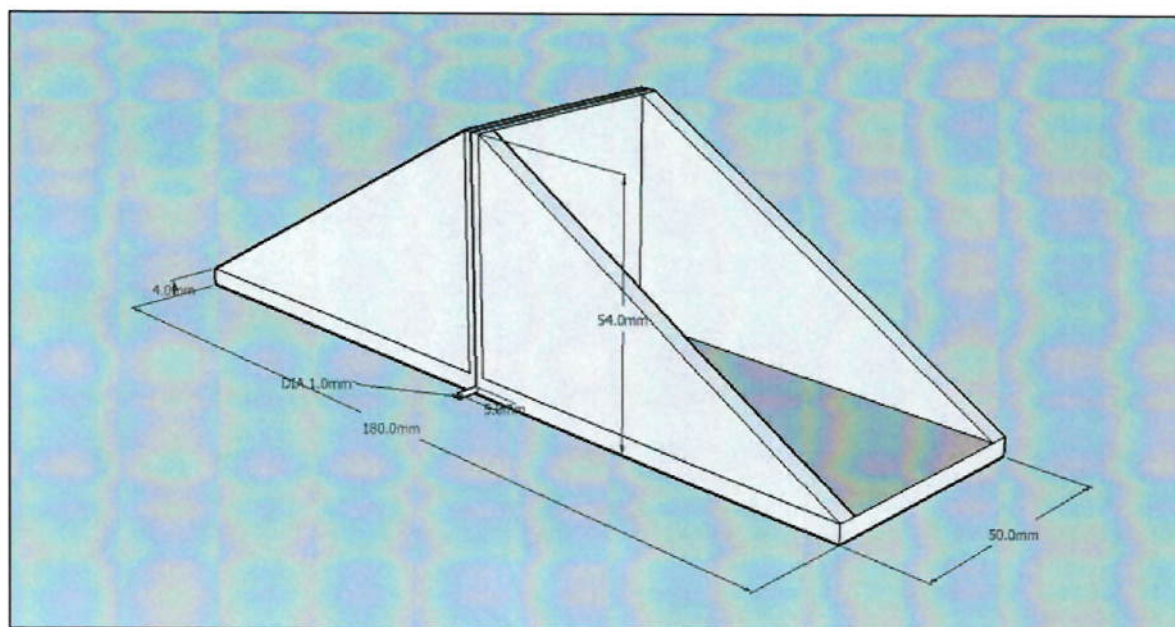
LIVE THE THIN LINE. **Some CGM results and how to fix your reed switch in your wireless computer.** [Acesso em: 22 de outubro de 2013]. Disponível em: <http://livethinline.blogspot.com.br/2010/12/some-cgm-results-and-how-to-fix-your.html>

WIKIPEDIA. **Arduino.** [Acesso em: 22 de outubro de 2013]. Disponível em: <http://pt.wikipedia.org/wiki/Arduino>

7 APÊNDICES

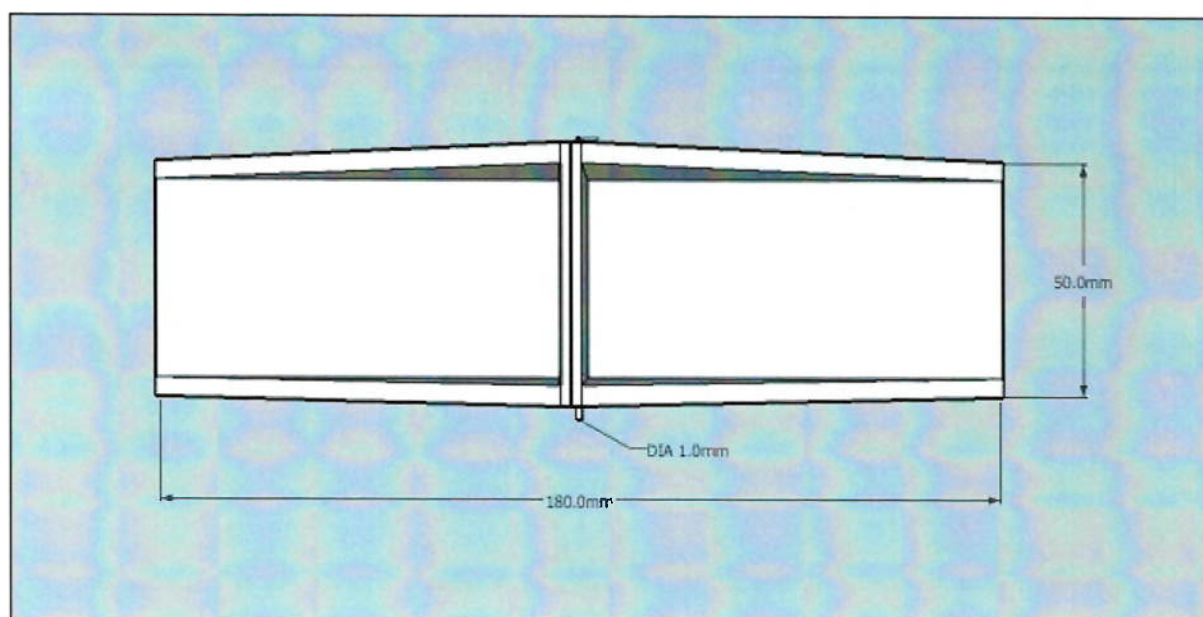
7.1 APÊNDICE A – Modelos tridimensionais do protótipo

Figura 22 – Balança em perspectiva



Fonte: Elaborado pelo autor

Figura 23 – Vista superior da balança



Fonte: Elaborado pelo autor

Figura 24 – Vista da Plataforma em perspectiva

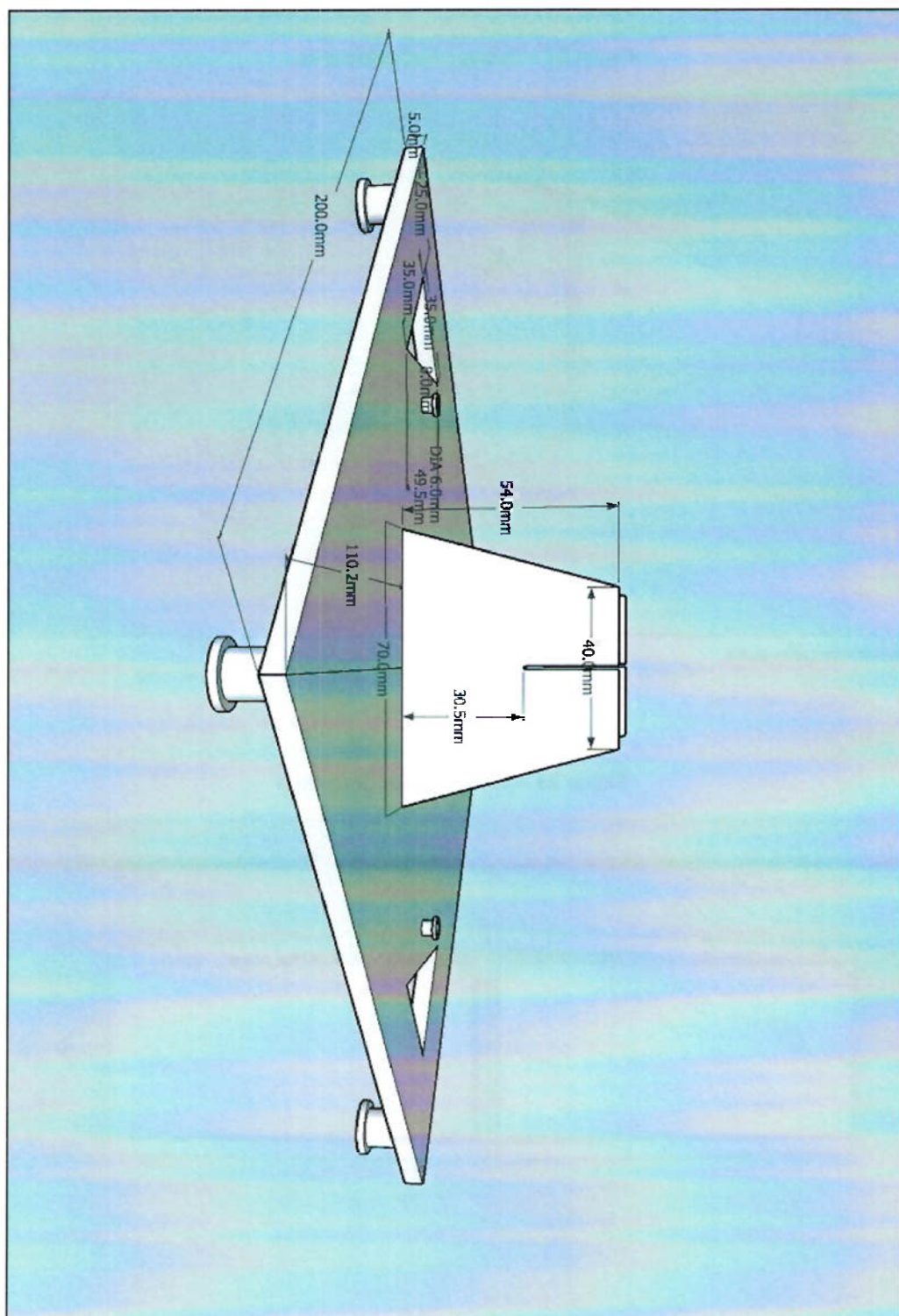


Figura 25 – Vista superior da Base

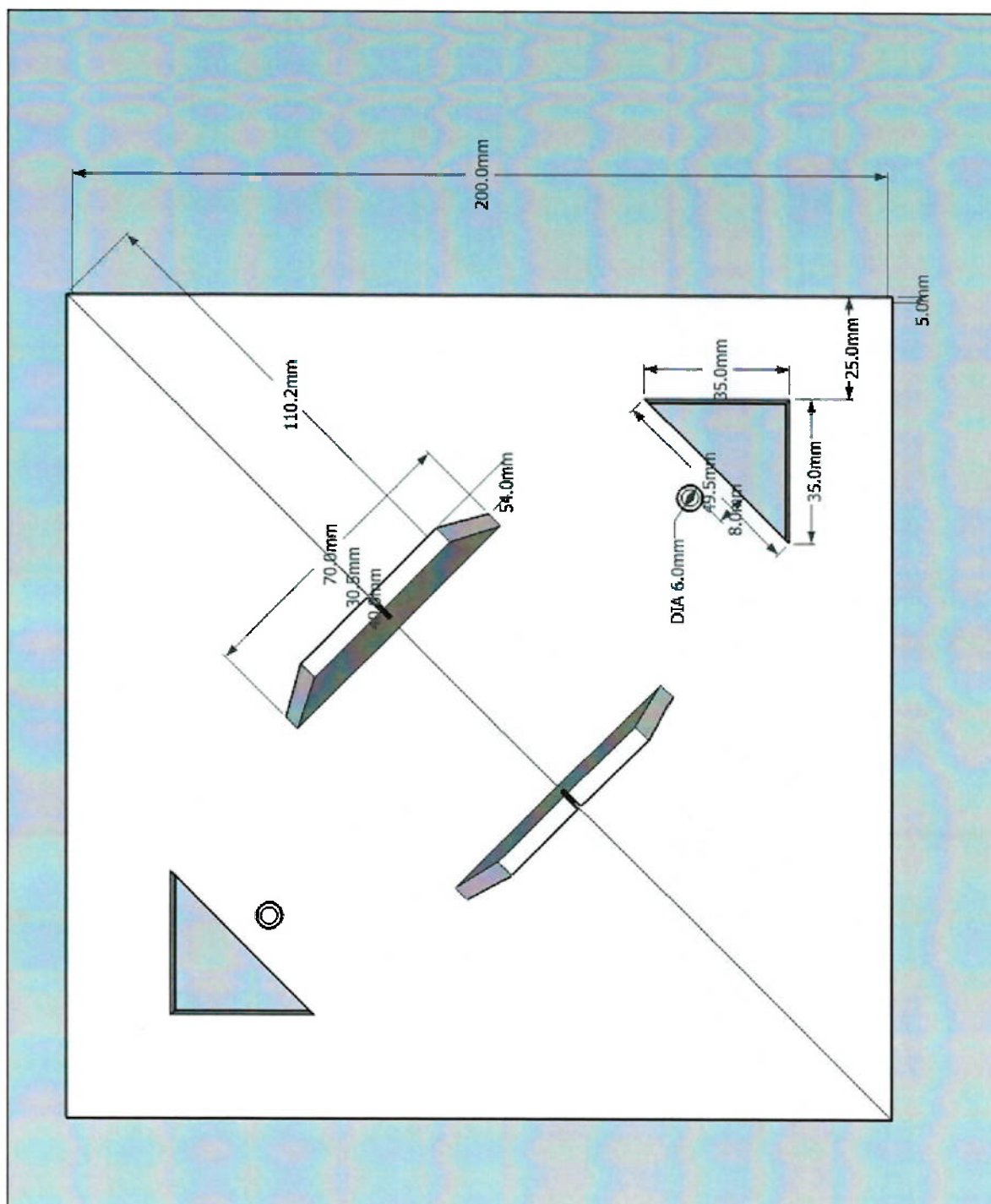


Figura 26 – Vista frontal do Mecanismo

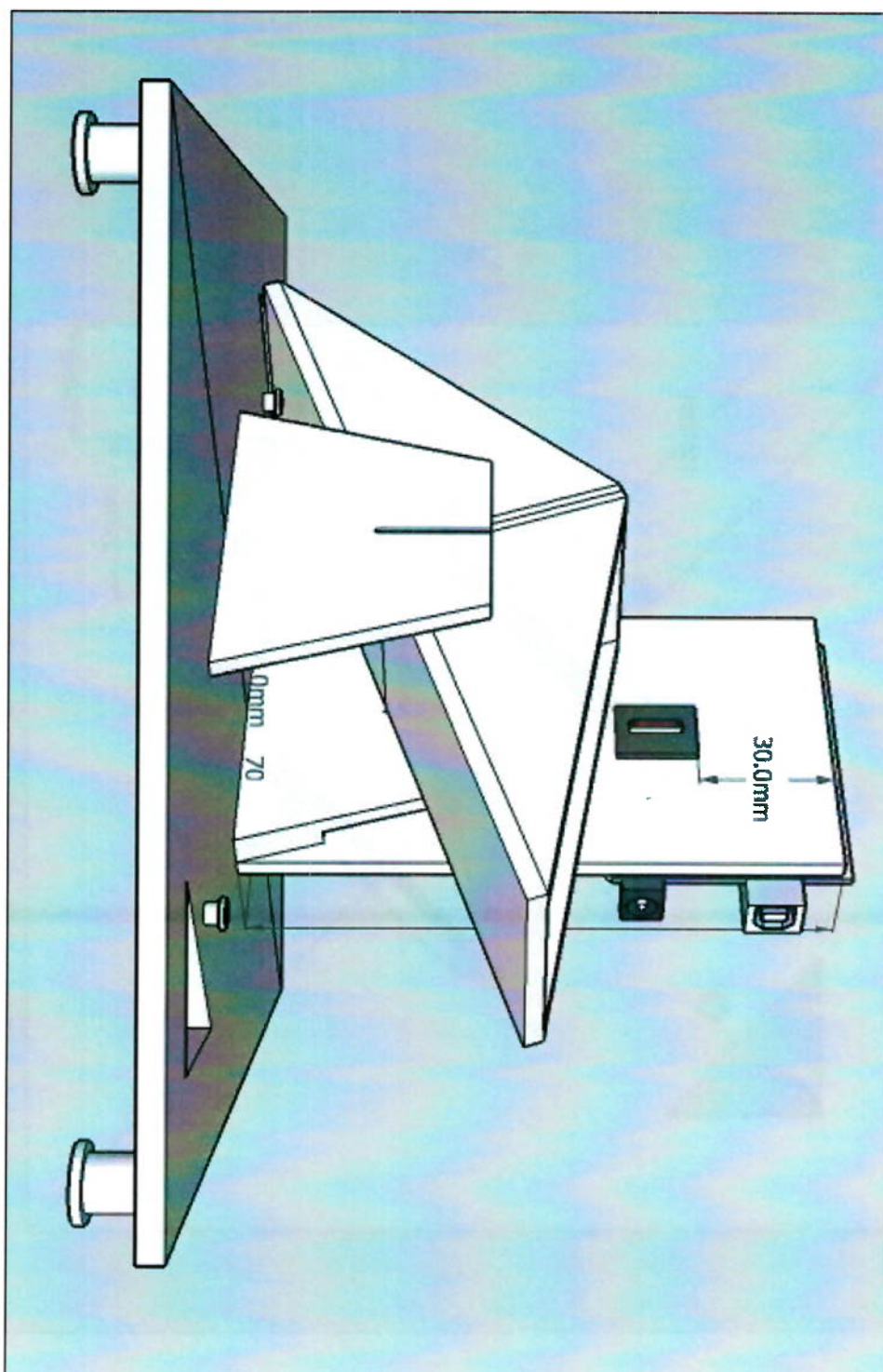


Figura 27 – Vista traseira do Mecanismo

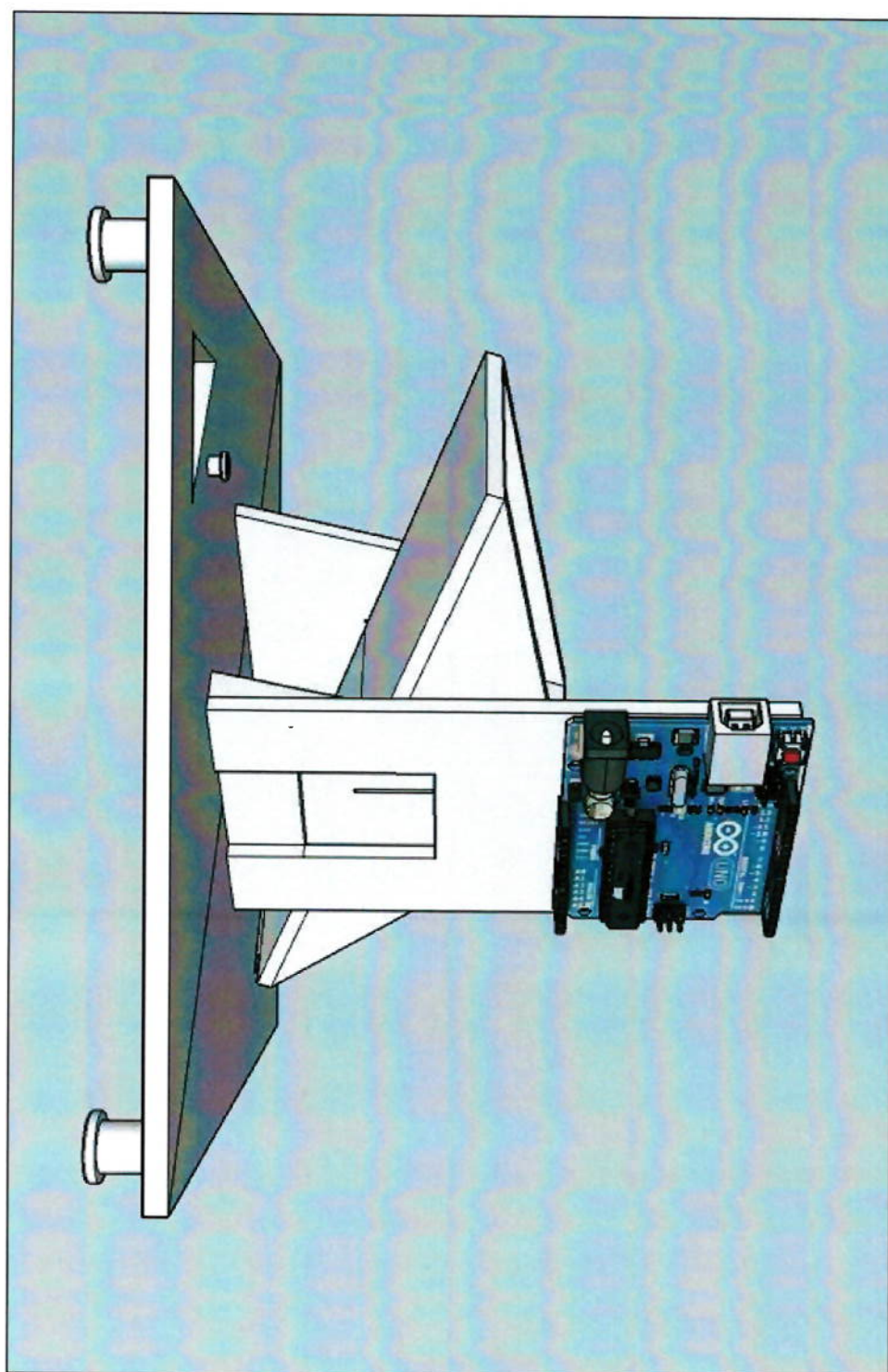
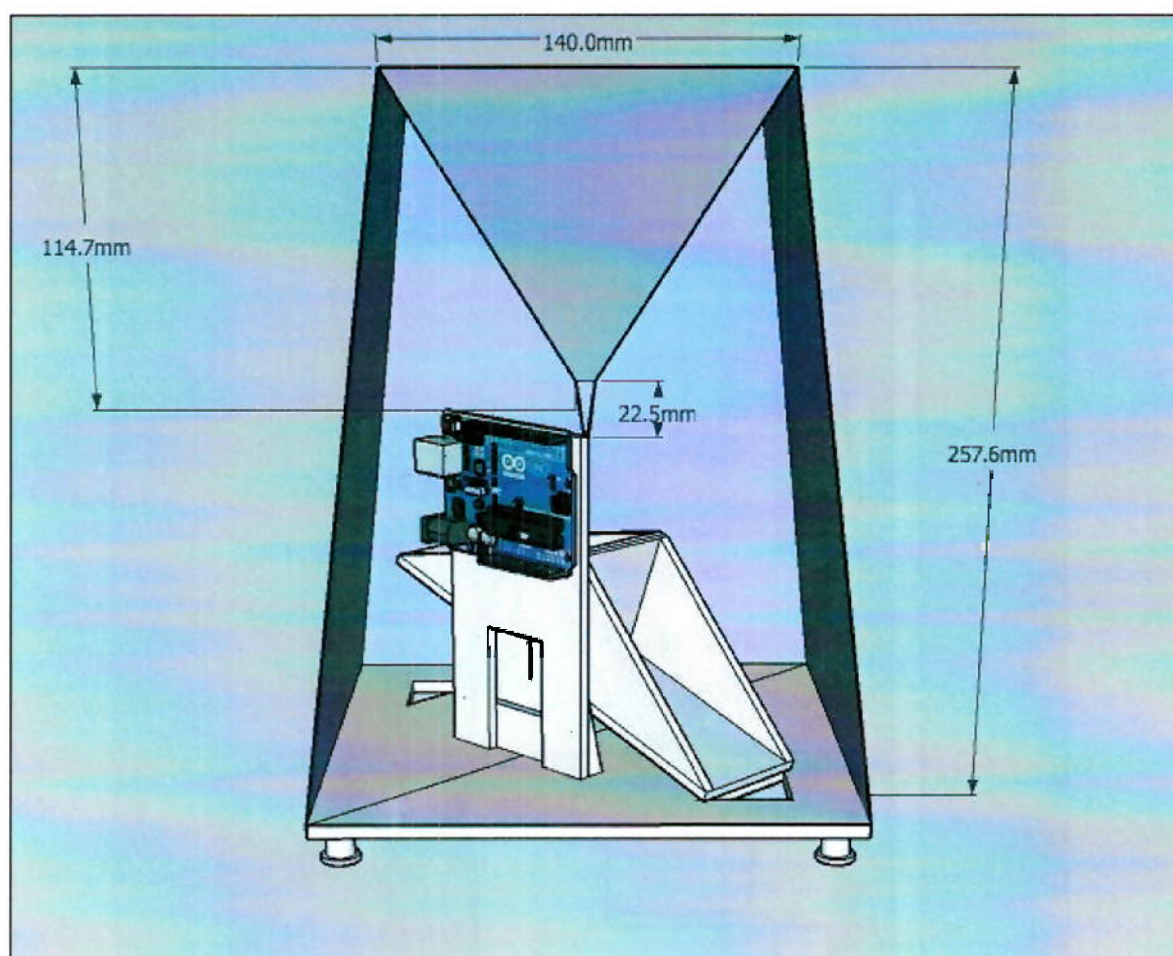
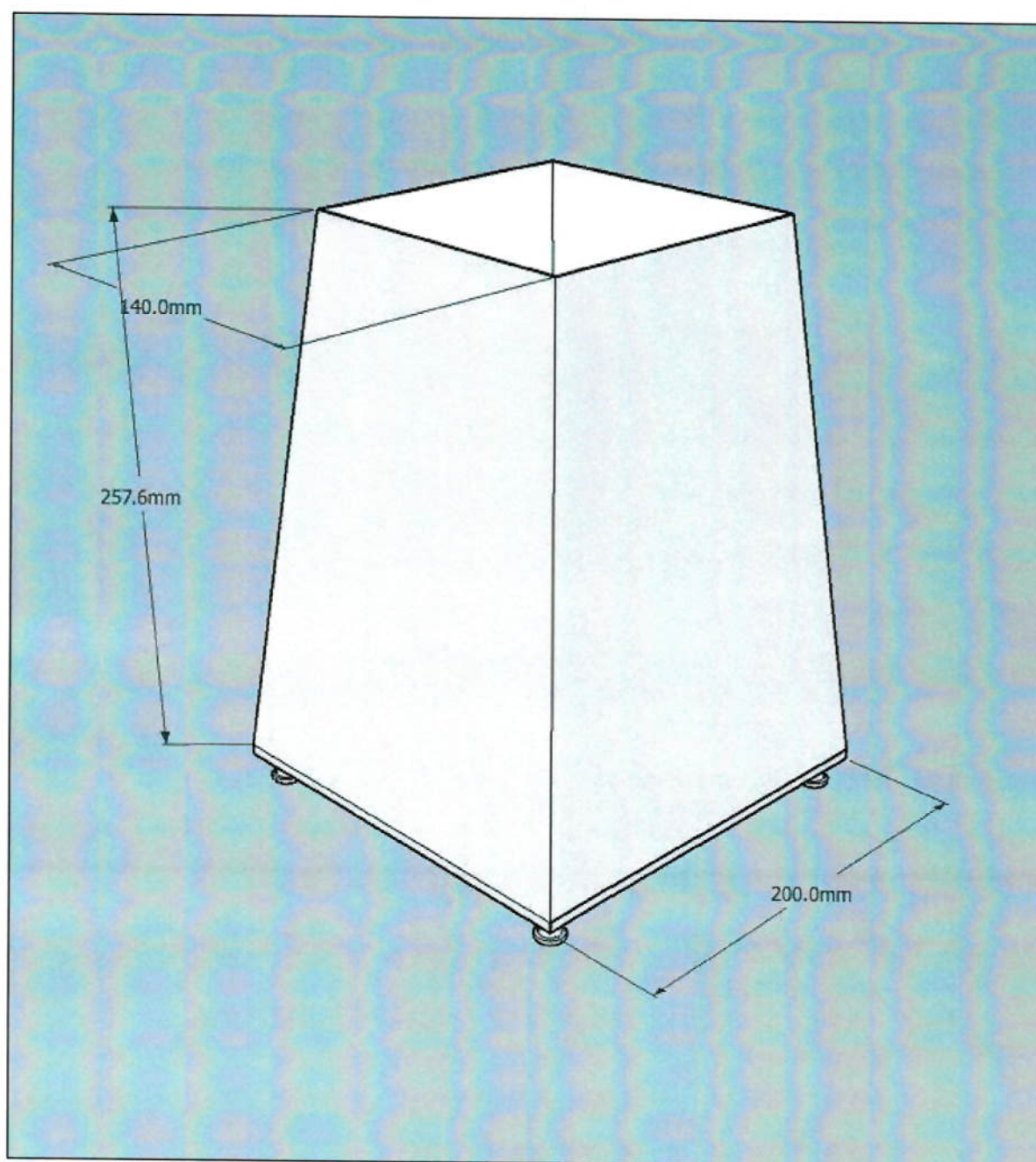


Figura 28 – Vista interna do Pluviômetro



Fonte: Elaborado pelo autor

Figura 29 – Vista externa do Pluviômetro



Fonte: Elaborado pelo autor

7.2 APÊNDICE B – Principais rotinas em VBA do SAL

Todas as rotinas e algoritmos foram desenvolvidos pelo autor:

- Função responsável por interpretar os dados de *input* do usuário pelo “Cadastro de Alertas”, monitorar os dados providos do pluviômetro e disparar o alerta.

```
Private Function ProcessaAlerta()

Dim db As Database
Dim ConsultaDados As Recordset
Dim iQtde As Double
Dim dData As Date
Dim iNivelAlerta As Double
Dim iNivelChuva As Double
Dim iTempo As Double
Dim ReturnCode As Integer

Dim sResultado As String

Set db = CurrentDb
iQtde = 0

Set ConsultaDados = db.OpenRecordset("SELECT TAlerta.* FROM TAlerta
WHERE (((TAlerta.[Ativado])=Yes))")

Do While Not ConsultaDados.EOF
    iNivelAlerta = ConsultaDados!Nivel
    iTempo = ConsultaDados!Tempo

    iNivelChuva = ConsultaNivel(SomaData(iTempo), Now)

    ApagarHistoricoAlerta

    'Consultar o Alerta
    sResultado = ConsultarHistorico(ConsultaDados!IdAlerta,
SomaData(iTempo), 1)

    If HistoricoAlerta.IdAlerta <> 0 Then

        If iNivelChuva >= iNivelAlerta Then
            'Atualiza a Data, Tipo =2
            sResultado = GravarHistorico(2, 0, "", 0, 0, 0, "", 1)
        Else
            'Desativa o Alerta, Tipo =3
            sResultado = GravarHistorico(3, 0, "", 0, 0, 0, "", 1)
        End If
    Else

        If iNivelChuva >= iNivelAlerta Then
            'Grava Novo Registro
            sResultado = GravarHistorico(1, ConsultaDados!IdAlerta,
ConsultaDados!Nome, ConsultaDados!Tempo, ConsultaDados!Nivel,
ConsultaDados!Status, Nome, 1)
```



```

        'Beep
        ReturnCode = csvPlayWave("C:\Users\nicolas\Desktop\TF
Files\sirene.WAV", 1)
        MsgBox "ALERTA DISPARADO!", vbExclamation, "ALERTA"
    End If

End If

    iQtde = iQtde + 1
    dData = ConsultaDados!Data
    ConsultaDados.MoveNext

Loop
ConsultaDados.Close

Refresh

End Function

```

- Função responsável por atualizar o registro de alertas disparados. Atua de 3 formas: insere um novo alerta disparado no histórico, mantém o alerta acionado enquanto as restrições forem atendidas (se nos últimos *m* minutos houve *n* ou mais milímetros de precipitação o alerta é mantido), e finaliza o alerta (se nos últimos *m* minutos houve menos de *n* milímetros de precipitação o alerta é desativado)

```

'Tipo 1 = Gravar, Tipo 2 = Atualizar Registro, Tipo 3 = Atualizar Termino
Private Function GravarHistorico(Tipo As Integer, IdAlerta As Double,
Descricao As String, Tempo As Double, Nivel As Double, Status As Double,
Filial As String, Ativado As Double)
Dim db As Database
Dim ConsultaDados As Recordset
Set db = CurrentDb

'Grava Novo Registro
If Tipo = 1 Then

    Set ConsultaDados = db.OpenRecordset("THistoricoAlerta")

    ConsultaDados.AddNew
        ConsultaDados!IdAlerta = IdAlerta
        ConsultaDados!Descricao = Descricao
        ConsultaDados!DataAtivacao = Now
        ConsultaDados!DataFinalizacao = Now
        ConsultaDados!Tempo = Tempo
        ConsultaDados!Nivel = Nivel
        ConsultaDados!Status = Status
        ConsultaDados!Filial = Filial
        ConsultaDados!Ativado = Ativado

    ConsultaDados.Update

    ConsultaDados.Close
Else
    'Atualiza Data do Registro
    If Tipo = 2 Then

```

```

        Set ConsultaDados = db.OpenRecordset("SELECT THistoricoAlerta.*
FROM THistoricoAlerta WHERE (((THistoricoAlerta.IdHistoricoAlerta)=" &
HistoricoAlerta.IdHistoricoAlerta & ")))")

        ConsultaDados.Edit

        ConsultaDados!DataFinalizacao = Now

        ConsultaDados.Update

        ConsultaDados.Close

        'Desativa Registro do Historico
    Else
        Set ConsultaDados = db.OpenRecordset("SELECT THistoricoAlerta.*
FROM THistoricoAlerta WHERE (((THistoricoAlerta.IdHistoricoAlerta)=" &
HistoricoAlerta.IdHistoricoAlerta & ")))")

        ConsultaDados.Edit
        ConsultaDados!DataFinalizacao = Now
        ConsultaDados!Ativado = 0

        ConsultaDados.Update

        ConsultaDados.Close

    End If

End If
End Function

```

- Função utilizada por outras rotinas para consultar a Base de Dados com os registros provenientes do pluviômetro

```

Private Function ConsultaNivel(dDataInicial As Date, dDataFinal As Date)
As Double
Dim db As Database
Dim ConsultaDados As Recordset
Dim iQtde As Double
Dim sTexto As String
Set db = CurrentDb
iQtde = 0
    Set ConsultaDados = db.OpenRecordset("SELECT TTempo.Data FROM TTempo
WHERE (((TTempo.Data) Between format (#" & dDataInicial & "#,'MM/DD/YYYY
hh:mm:ss') And format(#" & dDataFinal & "#,'MM/DD/YYYY hh:mm:ss'))))")
    Do While Not ConsultaDados.EOF
        iQtde = iQtde + 1
        sTexto = ConsultaDados!Data
        ConsultaDados.MoveNext
    Loop
    ConsultaDados.Close

ConsultaNivel = iQtde

End Function

```

- Rotinas para abrir, conectar, fechar a porta serial do pluviômetro

```
Private Sub btnConectar_Click()
Dim intPortID As Integer ' Ex. 1, 2, 3, 4 for COM1 - COM4
Dim lngStatus As Long
Dim strData As String

intPortID = 3
lngStatus = CommRead(intPortID, strData, 10)
Me.Text01 = strData
End Sub

Private Sub btnSair_Click()
Dim intPortID As Integer ' Ex. 1, 2, 3, 4 for COM1 - COM4
intPortID = 4
Call CommClose(intPortID)
DoCmd.Quit
End Sub

Private Sub Form_Close()
Dim intPortID As Integer ' Ex. 1, 2, 3, 4 for COM1 - COM4
intPortID = 4
Call CommClose(intPortID)

'DoCmd.Save
End Sub

Private Sub Form_Load()

Dim intPortID As Integer ' Ex. 1, 2, 3, 4 for COM1 - COM4
Dim lngStatus As Long

intPortID = 3

' Open COM port
lngStatus = CommOpen(intPortID, "COM" & CStr(intPortID), "baud=9600
parity=N data=8 stop=1")

End Sub
```

- Rotina que atualiza os mostradores de nível fixos de 06hs, 12hs, 24hs, 48hs e 72hs no painel de monitoramento

```
Private Sub Form_Open(cancel As Integer)
txtNivel72 = ConsultaNivel(SomaData(4320), Now) & " mm"
txtNivel48 = ConsultaNivel(SomaData(2880), Now) & " mm"
txtNivel24 = ConsultaNivel(SomaData(1440), Now) & " mm"
txtNivel12 = ConsultaNivel(SomaData(720), Now) & " mm"
txtNivel06 = ConsultaNivel(SomaData(360), Now) & " mm"
ProcessaAlerta

txtDataFinal = Date + 1
txtDataInicial = txtDataFinal - 20
```

End Sub

Private Sub Form_Timer()

```
txtNivel72 = ConsultaNivel(SomaData(4320), Now) & " mm"
txtNivel48 = ConsultaNivel(SomaData(2880), Now) & " mm"
txtNivel24 = ConsultaNivel(SomaData(1440), Now) & " mm"
txtNivel12 = ConsultaNivel(SomaData(720), Now) & " mm"
txtNivel06 = ConsultaNivel(SomaData(360), Now) & " mm"
```

```
'MsgBox "Atualizado!"
ProcessaAlerta
```

End Sub

- Rotina que interpreta o sinal proveniente do microcontrolador (transforma 0 e 1 em registros de chuva)

Private Sub Form_Timer()

```
Dim intPortID As Integer ' Ex. 1, 2, 3, 4 for COM1 - COM4
Dim lngStatus As Long
Dim strData As String
Dim iQtde As Double
Dim sLetra As String
```

```
intPortID = 3
lngStatus = CommRead(intPortID, strData, 10)
' Me.Text01 = strData
```

```
For iQtde = 1 To Len(strData) Step 1
```

```
    sLetra = Mid(strData, iQtde, 1)
```

```
    If sLetra = "0" Then
        'MsgBox "Sensor Ativado!"
        GravarDados
    End If
```

```
    iQtde = iQtde + 1
```

```
Next iQtde
```

End Sub

- Função que armazena na Base de Dados o registro de 1mm de chuva no momento em que este é recebido (faz parte da rotina acima)

Private Function GravarDados()

```
Dim db As Database
Dim ConsultaDados As Recordset
```

```
Set db = CurrentDb
```

```
Set ConsultaDados = db.OpenRecordset("TTempo")
```



```

        ConsultaDados.AddNew
            ConsultaDados!Data = Now
        ConsultaDados.Update

        ConsultaDados.Close
    End Function

```

- Rotina que exporta os registros de atividade pluviométrica para uma planilha

```

Private Sub btnExportar_Click()

    Dim sCaminho As String

    If IsNull(txtDataInicial) Or txtDataInicial = "" Then
        MsgBox "Favor Preencher Campo Data Inicial!"
    Else
        If IsNull(txtDataFinal) Or txtDataFinal = "" Then
            MsgBox "Favor Preencher Campo Data Final!"
        Else
            If IsNull(txtCaminho) Or txtCaminho = "" Then
                MsgBox "Favor Preencher Campo Caminho!"
            Else
                If IsNull(txtNomeArquivo) Or txtNomeArquivo = "" Then
                    MsgBox "Favor Preencher Campo Nome Arquivo!"
                Else
                    If Right(txtNomeArquivo, 4) <> ".xls" Then
                        txtNomeArquivo = txtNomeArquivo & ".xls"
                    End If

                    If Right(txtCaminho, 1) = "\" Then
                        sCaminho = txtCaminho & txtNomeArquivo
                    Else
                        sCaminho = txtCaminho & "\" & txtNomeArquivo
                    End If

                    DoCmd.TransferSpreadsheet acExport, 8,
"Consulta_Exportar_Dados", sCaminho, True, ""
                    MsgBox "Arquivo Exportado com sucesso", vbInformation
                End If
            End If
        End If
    End If

End Sub

```

