

TIME DECA

PROJETO DO PRODUTO E DO PROCESSO

RELATÓRIO FINAL

Pluviógrafo Remoto de Baixo Custo

Gabriel Bacarin
Gabriel Costa Faria
Giulia Rinaldi
Lívia Telles da Silva
Yuri Gomes de Abreu

gabacarin@gmail.com
gafaria@gmail.com
giulirinaldi@gmail.com
livia.telles.s@gmail.com
yuri.abreu@usp.br

n° USP 7206408
n° USP 5992639
n° USP 7208244
n° USP 6848959
n° USP 7628382

7 de julho de 2014

SÃO PAULO, CAPITAL
1° Sem/2014

Sumário

Imagens.....	6
Tabelas.....	7
Resumo Executivo.....	9
Descrição resumida do produto	9
Mercado-alvo do produto e canais de distribuição.....	9
Valor mercadológico, preço e custos calculados.....	10
Dados de produção.....	11
Escala	11
Processos principais (fabricação, montagem etc.)	11
Fornecedores principais.....	11
Pontos críticos principais para o sucesso do produto	11
Principais dificuldades para desenvolver o produto	11
Documentação das principais lições aprendidas pela equipe.....	11
Introdução	12
Análise do problema do projeto	13
Proposta.....	14
Declaração do escopo do projeto.....	15
Padrões e normas.....	16
Medição	16
Instalação de pluviógrafos.....	17
Concorrência.....	18
Mercado.....	20
Mercado atual e concorrentes	20
Considerações.....	20
Entrada no Mercado.....	21
Estratégia de entrada no mercado	21
Tática de entrada no mercado.....	22
Produção e vendas.....	24
Produção.....	24
Ciclo de vida.....	24
Licença de acesso ao sistema	25
Pós-venda e manutenção	26
Expectativas.....	27
Clientes e Parceiros	28
Instituto de Astronomia, Geofísica e Ciências Atmosféricas da Universidade de São Paulo (IAG)	28
Centro de Gerenciamento de Emergências (CGE).....	28

Secretaria Municipal de Coordenação das Subprefeituras	28
Instituto de Pesquisas Tecnológicas	28
Departamento de Águas e Energia Elétrica	29
Fundação Centro Tecnológico de Hidráulica	29
Desdobramento da Função Qualidade – QFD (<i>Quality Function Deployment</i>)	30
Teoria	30
Utilização	30
Viabilidade Técnica	32
Árvore de Projeto do PRBC - Pluviógrafo Remoto de Baixo Custo	32
Análise de tecnologias disponíveis e necessárias	34
Desenvolvimento da Análise Funcional	36
Estudo de Diferenciação	39
Elaboração da Escala Vertical e Determinação do Valor Mercadológico	40
Questionário enviado aos parceiros	40
Análise das respostas coletadas	41
Estudo Aproveitamento Técnico	42
Captação de água	42
Filtro da água	42
Corpo do pluviômetro	42
Sistema de báscula do pluviômetro	42
Sistema de captação de dados	42
Sistema de transmissão de dados	42
GSM	42
Satélite	43
Wifi	43
Zigbee	44
VHF	44
Captação de energia	44
Armazenamento de energia	44
Análise de Adequação do Processo para Manufatura e Montagem	45
Design for Manufacture and Assembly (DFMA)	45
Simplificar, integrar e reduzir o número de peças.	45
Projetar produtos modulares	45
Projetar para um número mínimo de peças	45
Projetar peças para usos múltiplos	45
Projetar as peças para fácil fabricação	45
Promover a montagem com “uma só mão”	45
Evitar a utilização de ferramentas	46

Projetar para montagem de baixo para cima	46
Comparação do número de peças ao longo da evolução do projeto.....	46
Apresentação do projeto detalhado.....	47
Mecânica.....	48
Materiais.....	49
Polipropileno.....	49
PVC.....	49
ABS.....	50
Análise dimensional das peças empregadas	51
Funil de captação	51
Corpo	51
Báscula	51
Suporte geral	51
Suporte do painel solar.....	51
Desenhos de execução	52
Fabricação.....	59
Funil de captação	59
Corpo	59
Báscula	59
Suporte	59
Suporte painel solar.....	59
Fornecedores.....	62
Outros Custos	62
Especificação das máquinas	63
Torno.....	63
Lixadeira.....	63
Máquina de corte de lâmina giratória manual	63
Martelo	63
Montagem	64
Controle da qualidade	65
Necessidades	65
Métodos.....	65
Instrumental	66
Normas.....	66
Eletrônica.....	67
Desenhos de execução	68
Subsistema de Alimentação.....	69
Subsistema de captação de dados.....	70

Subsistema de Transmissão.....	71
Subsistema de chip da operadora celular.....	72
Subsistema do CI SIM900	72
Considerações Gerais do Projeto.....	73
Documentação Técnica.....	75
Sistema Eletrônico	75
Processo de Fabricação	78
Fornecedores	78
Fornecedores internacionais	79
Escolha do fornecedor	81
Bill of Materials.....	82
Sistema de Alimentação	82
Sistema Mecânico.....	82
Sistema Eletrônico	83
Lista de Materiais.....	87
FMEA.....	89
Embalagem	92
Necessidades	92
Solução.....	92
Disposição dos componentes	92
Operações.....	94
Logística	94
Especificidades do PRBC.....	94
Canais de divulgação.....	95
Pontos de venda	96
Entregas	97
Instalação.....	98
Manutenção e assistência	99
Destinação final	99
Gestão das Operações	100
Produção.....	100
Ciclo de vida.....	100
Licença de acesso ao sistema	101
Pós-venda e manutenção	102
Administração Geral	104
Organização geral e recursos humanos.....	104
Vendas	104
Comercialização.....	104

Registro de clientes e vendas	105
Suprimentos.....	105
Compras	105
Estoque	105
Infraestrutura de apoio	106
Sistemas e informações gerenciais.....	106
Serviços gerais	106
Ambiente de trabalho.....	106
Viabilidade econômica.....	107
Unidades a serem vendidas.....	107
Investimento.....	108
Custos fixos	109
Custos variáveis	110
Preço.....	110
Resultados esperados.....	113
Fluxo de Caixa	114
Cálculo do VPL	114
Bibliografia.....	116

Imagens

Figura 1 - Diagrama conceitual do processo do produto com destaque para o seu diferencial.....	9
Figura 2 - Composição de preço (setor privado)	10
Figura 3 - Composição de preço (setor público).....	10
Figura 4 - Diagrama conceitual do processo do produto com destaque para o seu diferencial.....	14
Figura 5 - Blocos que compõem a abordagem do projeto.	14
Figura 6 - Regra de distância de obstáculos	17
Figura 7 - Esquema de cone de cobertura	17
Figura 8 - Equipamento Cemaden	18
Figura 9 - Pluviógrafo Standard	18
Figura 10 - Pluviógrafo Incoterm 4670	19
Figura 11 - Pluviógrafo La Crosse.....	19
Figura 12 - Matriz QFD.....	31
Figura 13 - Árvore do PRBC.....	32
Figura 14 - Função Global	36
Figura 15 - Primeiro Desdobramento	37
Figura 16 - Peças do longo do DFMA.....	46
Figura 17 - Símbolo internacional do plástico Polipropileno.....	49
Figura 18-Funil	52
Figura 19 – Corpo.....	53
Figura 20 - Báscula	54

Figura 21 - Suporte geral	55
Figura 22 - suporte painel solar	56
Figura 23 - Corpo - Vista explodida.....	57
Figura 24 - Corpo - vista fechada	58
Figura 25 - Esquemático da Eletrônica do Pluviógrafo	68
Figura 26 - Esquemático do subsistema de Alimentação	69
Figura 27 - Esquemático do subsistema de Captação de Dados	70
Figura 28 - Esquemático do Subsistema de Transmissão	71
Figura 29 - Esquemático das conexões com o chip da operadora de celular.....	72
Figura 30 - Esquemático da alimentação do circuito integrado SIM900.....	72
Figura 31 - Placa de Circuito Impresso do PRBC.....	73
Figura 32 - Dimensões da PCB do PRBC.....	74
Figura 33 - Logo da Micropress.....	78
Figura 34 - Logo da Cellcom.....	79
Figura 35 - Identidade visual da Gold Phoenix	79
Figura 36 - Logo da AllInsert	79
Figura 37 - Foto da planta.....	80
Figura 38 - Logo da Equitronic	80
Figura 39 - Logo da trace layout	80
Figura 40 - Sistemas do PRBC	82
Figura 41 - BoM do sistema de alimentação	82
Figura 42 - BoM do sistema mecânico.....	83
Figura 43 - BoM do sistema e subsistemas eletrônicos.....	83
Figura 44 - BoM do subsistema de captação de dados	84
Figura 45 - BoM do Módulo de transmissão via WiFi.....	85
Figura 46 - BoM do Módulo de transmissão via GSM	85
Figura 47 - BoM do Módulo de transmissão via Satélite.....	85
Figura 48 - BoM do Módulo de transmissão via ZigBee	85
Figura 49 - BoM do módulo VHF.....	86
Figura 50 - Diagrama funcional do PRBC	89
Figura 51 - Quantidade de pluviógrafos instalados ou a serem instalados no Brasil.	107
Figura 52 - Composição de preço (setor privado)	112
Figura 53 - Composição de preço (setor público).....	112
Figura 54 - Fluxo de caixa a valor presente	115

Tabelas

Tabela 1 - Custos do produto	10
Tabela 2- Classificação das funções.....	38
Tabela 3 - Custo GSM.....	43
Tabela 4 - Custo Satélite	43
Tabela 5 - Custo Wifi.....	44
Tabela 6 - Custo Zigbee.....	44
Tabela 7 - Custo VHF.....	44
Tabela 8 - Descrição do DFMA.....	46
Tabela 9 - Processos de fabricação.....	60
Tabela 10 - Discriminação de materiais usados.....	62
Tabela 11 – Ficha de processo do PRBC	64
Tabela 12 - Discriminação dos componentes do subsistema de captação	75
Tabela 13 - Discriminação dos componentes do subsistema de transmissão	76

Tabela 14 - Discriminação dos componentes do subsistema de alimentação presente.....	77
Tabela 15 - Discriminação dos componentes do subsistema de alimentação externo	77
Tabela 16 - Fatores de risco do FMEA	89
Tabela 17 - Ponderação do FMEA do PRBC	90
Tabela 18 - Distribuição de unidades a serem vendidas no decorrer de 4 anos.....	108
Tabela 19 - Custo de investimento	109
Tabela 20 - Custos fixos	110
Tabela 21 - Custos do produto	110
Tabela 22 - Demonstrativo de resultados do primeiro ano de atividade.....	113
Tabela 23 - Participação do setor público na margem de contribuição.....	113
Tabela 24 - Participação do setor privado na margem de contribuição	113
Tabela 25 - Resultado financeiro	114

Resumo Executivo

Descrição resumida do produto

O produto deve ser capaz de medir o volume de chuvas e comunicar-se com a central de informação do cliente, que monitorará os dados. Desta forma, o produto deverá possuir um sistema integrado interno. Este sistema deverá executar a obtenção e transmissão de dados.

O produto deve possuir autonomia, para conseguir executar suas funções sendo necessárias apenas manutenções periódicas. As informações fornecidas devem conter: Identificação do pluviômetro, Tempo de funcionamento, Tempo desde a verificação do início da chuva, Volume pluviométrico, e Taxa de volume pluviométrico no tempo.

O produto a ser desenvolvido com o pluviômetro será um sistema preparado para receber tais informações e sintetizá-las de forma simples, de forma que conclusões relevantes possam ser tiradas facilmente a partir dos dados fornecidos e que possibilitem tomadas de decisão mais eficientes pelos agentes responsáveis.

Portanto, para atender à necessidade identificada, o projeto objetiva a construção de um Pluviógrafo Remoto de Baixo Custo, tanto de aquisição quanto manutenção, que possa ser instalado em grandes quantidades para auxiliar as partes interessadas no monitoramento do volume pluviométrico em um maior número de pontos geográficos sem a necessidade de um especialista para coleta e análise de dados reduzindo assim também os custos relacionados à mão de obra especializada.

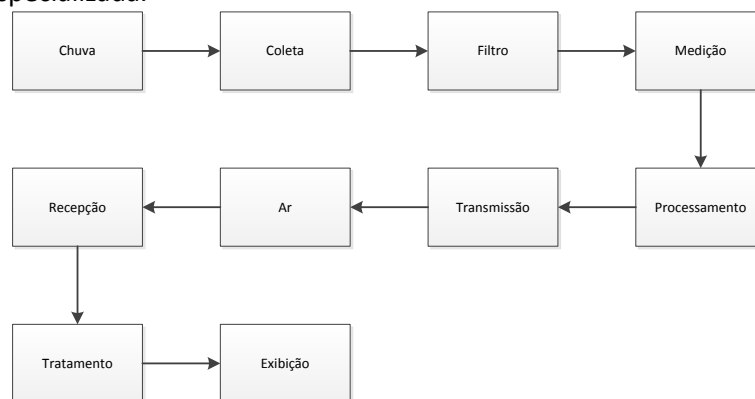


Figura 1 - Diagrama conceitual do processo do produto com destaque para o seu diferencial

Além das funções desempenhadas obrigatoriamente pelo pluviógrafo, o dispositivo a ser desenvolvido será capaz de transmitir os dados a um sistema de informação que exercera as funções de coletar, tratar, registrar e exibir as informações aos usuários.

Mercado-alvo do produto e canais de distribuição

A estratégia de entrada no mercado de pluviógrafos foi desenhada sobre dois pilares: o fim social e os meios econômicos

Tem-se como objetivo fornecer ao nosso cliente principal, a Defesa Civil, uma ferramenta excepcional para monitoramento de áreas de risco. Uma vez que o dispositivo mede o volume e intensidade de chuva em áreas sujeitas a inundações, enxurradas e/ou deslizamentos de terra e fornece dados em tempo real. O sistema de informação associado será capaz de disparar um alerta caso a intensidade da chuva em determinado local de uma cidade seja superior à sua capacidade de drenagem, indicando que um alagamento irá ocorrer, ou caso o volume de chuva em um morro esteja muito elevado, podendo levar a um deslizamento. Permitindo ação rápida assim que o sistema constate situação de perigo.

Para viabilizar a venda dos equipamentos a preço de custo para as instituições de interesse, sem perder a autonomia da empresa nem depender de subsídios, faz-se necessário

ter outra frente de vendas da qual provenham lucros, destinados a dar sustentabilidade ao negócio. Desta forma, foram levantados outros clientes em potencial:

- Emissoras de rádio, TV e sites que fornecem informações sobre as condições de trânsito e chuvas nas cidades, poderiam contar com dispositivos práticos que auxiliariam no fornecimento destes serviços.
- Proprietário rural de médio porte - que necessita apenas de uma forma prática de coleta e registro de informações relacionadas à chuva, que é de grande interesse para produtores.
- Hidrelétricas e complexos de abastecimento de água – a instalação de diversos pluviógrafos remotos de baixo custo permitiria monitorar a situação do rio e da represa de forma centralizada.
- Grandes obras de infraestrutura – obras que envolvem grande quantidade de recursos e longo tempo de execução podem beneficiar-se do sistema para monitorar as chuvas na região e criar um histórico, orientando trabalhos em médio prazo.
- Concessionárias de rodovias – acidentes nas estradas podem ser diminuídos por campanhas direcionadas e pelo fornecimento de informações em tempo real aos motoristas, por rádio e por sinalização, da situação do tempo à frente.

Valor mercadológico, preço e custos calculados

Conforme será apresentado nas seções de detalhamento da parte mecânica e eletrônica, Os custos do produto serão os seguintes:

Sistemas	Tipo de custo	Custo	Observação:
Alimentação	MP	R\$ 39.60	Placa solar e bateria
Eletrônica	MP	R\$ 41.42	Componentes
	Fabricação	R\$ 15.40	Solda e montagem terceirizada
Mecânica	MP	R\$ 26.56	MP e Corpo fabricado por terceiro
	Fabricação	R\$ 7.14	40 minutos por produto
	Montagem	R\$ 1.79	10 minutos por produto
		R\$ 131.91	

Tabela 1 - Custos do produto

Estimamos o valor de mercado (e não custos) dos materiais (excetuando sistema de informação e mão de obra indireta) em R\$ 14.551,00. Este valor alto ressalta que a margem de lucro sobre o produto (que é de baixo custo) é muito alta e há potencial para um alto lucro ou, no caso deste empreendimento de redução deste valor para maior acesso por parte do mercado.

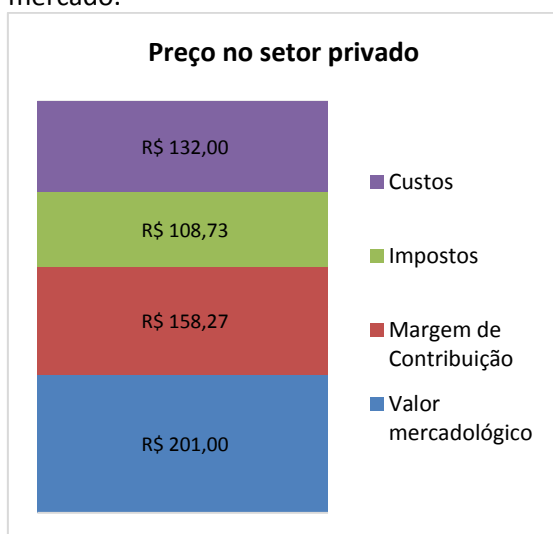


Figura 2 - Composição de preço (setor privado)

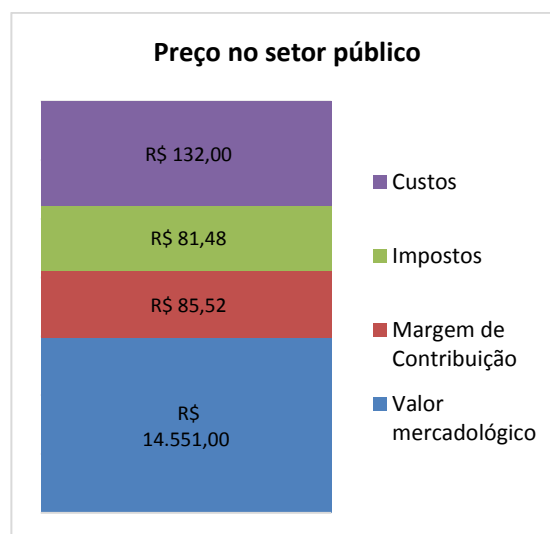


Figura 3 - Composição de preço (setor público)

Ressalta-se a diferença encontrada entre o preço do produto e o valor mercadológico encontrado no setor público, reflexo das premissas do projeto, que busca o desenvolvimento de pluviógrafos remotos e acessíveis para aplicação em larga escala.

Dados de produção

Escala

No item “Análise do problema do projeto”, será visto que, idealmente, venderemos para órgãos públicos, como a defesa civil, cerca de 10.500 pluviógrafos, e no mercado privado cerca de 10.000, ao longo do ciclo de vida dos mesmos. Com base nos concorrentes e conversas com técnicos, estimamos que nosso produto fique no mercado por 4 anos. Desta forma, estimamos que sejam vendidos, para órgãos públicos, 2625 pluviógrafos por ano, ou 219 pluviógrafos por mês, enquanto que para a frente privada esse número fica em torno de 208 pluviógrafos ao mês.

Processos principais (fabricação, montagem etc.)

Há dois processos básicos de fabricação: a modelagem plástica e a fabricação de placas de circuito impresso com SMD. Os dois componentes requerem extremo conhecimento dos processos produtivos e por isso o projeto dos moldes e fabricação das placas serão terceirizadas. Após isso, haverá a montagem das peças produzidas (que graças ao processo de DMFA) será muito simplificada e eficiente.

Fornecedores principais

Como a abordagem do desenvolvimento foi modular (Mecânica e Eletrônica), os fornecedores também são um por módulo. Eletrônica: Trace Lay-Out (produção de placas de circuito impresso SMD); e mecânica: Itaindustrial (modeladora plástica).

Pontos críticos principais para o sucesso do produto

- 1) Baixo custo, de modo a tornar o produto acessível a todos os perfis de clientes
- 2) Capacidade de distribuição (provar potencial do produto aos potenciais clientes).
- 3) A ampla variedade de modos de transmissão que o produto oferece, permitindo assim sua instalação em praticamente qualquer lugar ou região.

Principais dificuldades para desenvolver o produto

- 1) Funcionamento da parte eletrônica, principalmente no módulo de transmissão por GSM, por vários bugs que ocorriam.
- 2) Dificuldade com aspectos técnicos e com produto não de consumo ao público no geral.
- 3) Encontrar dados sobre transmissão de dados, e empresas que trabalham neste setor

Documentação das principais lições aprendidas pela equipe

- 1) Participar da elaboração de um projeto do início ao fim.
- 2) Multiplicidade de aspectos no desenvolvimento de um produto, muito além de definir suas especificações.
- 3) A falta de pluviômetros que existe no Brasil, um país com chuvas abundantes e com muitos problemas (deslizamentos) associados a isso. Acredito que nosso projeto realmente tenha potencial para se tornar realidade em um futuro próximo.

Introdução

Antes de haver homem já havia chuva. A chuva é um fenômeno natural e frequente com o qual a humanidade tem uma relação complexa, com impactos positivos e negativos de enorme significado: o homem, ao mesmo tempo, depende da chuva e tem sua vida afetada por ela, direta e indiretamente, todos os dias. Por isso, ao longo dos séculos, a humanidade se dedicou a estudar a chuva e desenvolver instrumentos para prever sua ocorrência e controlar suas consequências. Porém, em pleno século XXI, ainda sofre com seus efeitos.

A chuva tem relação profunda com diversos aspectos da existência humana: a alimentação, a agricultura que precisa ser irrigada, a habitação para se proteger das intempéries, a alta maré para navegação, a geração de energia nas usinas hidrelétricas, as cheias dos rios para fertilizar a terra, e assim por diante. Pensando particularmente nas grandes cidades da atualidade, a chuva tem importantes implicações sobre questões de mobilidade e habitação, principalmente relacionadas à impermeabilização do solo, à construção em áreas inapropriadas e aos engarrafamentos e acidentes de trânsito decorrentes da pouca visibilidade.

As cidades contemporâneas foram, em sua maioria, construídas de forma gradual e não planejada, com problemas inerentes de fluidez e habitação. Ruas estreitas, falta de estrutura de saneamento básico, moradias precárias, pouca arborização, alta densidade populacional e grandes obras em torno de rios são alguns dos fatores que contribuem para tornar um fenômeno por si só benéfico, a chuva, em uma questão de segurança pública. A ocupação do espaço urbano em si, substituindo por vezes áreas nas quais inundações eram naturais, representa uma contradição quando se discutem os efeitos nocivos da chuva sobre as cidades: na verdade, foi a cidade que ocupou o espaço dominado pela chuva.

As cidades são, no entanto, uma realidade e uma necessidade para o homem contemporâneo. Ou seja, o desafio atual é buscar um equilíbrio entre essa forma de vida e os efeitos climáticos, intensificados ainda pela ação do homem: um exemplo é o aumento na incidência de tsunamis, furacões, etc.

Diante desse panorama de relacionamento intenso com a chuva, o homem se preocupou em desenvolver formas de lidar com suas consequências.

Análise do problema do projeto

Em Dezembro de 2012 foi anunciado o projeto Pluviógrafos nas Comunidades. Neste momento o Centro de Monitoramento de Alertas e Desastres Naturais (Cemaden) contratou a aquisição de 1100 pluviógrafos semiautomáticos, a serem distribuídos em todas as regiões do país. Sendo que os municípios interessados deveriam se inscrever em um site para receber os equipamentos.

Os pluviógrafos medem o volume de chuva em áreas de risco, sujeitas a inundações, enxurradas e/ou deslizamentos de terra. Estes instrumentos denominados semiautomáticos devem ser operados por grupos locais especialmente treinados por equipes do Cemaden e da Defesa Civil. Então, agentes comunitários indicados pela prefeitura recebem orientações de como proceder em situações de alerta.

O projeto se insere no Plano Nacional de Gestão de Riscos e Resposta a Desastres Naturais, lançado pela presidenta Dilma Rousseff em 2012, e é conduzido em parceria entre o Cemaden e o Centro Nacional de Gerenciamento de Riscos e Desastres do Ministério da Integração Nacional (Cenad/MI).

O intuito do projeto é promover o engajamento nas comunidades, promovendo a participação ativa da população no processo e melhorando a capacidade local de lidar com situações adversas, de acordo com o Cemaden.

Atualmente, no entanto, o Cemaden monitora apenas 360 municípios brasileiros. Os dispositivos que existem atualmente são de alto custo, possuem tecnologia elevada, sendo preparados para fornecer dados para estudos, além de simples coleta e transmissão de dados.

No último trimestre do ano passado o governo investiu R\$ 50 milhões na aquisição e instalação de 2,8 mil pluviógrafos em antenas de celular. Inicialmente nos estados do Ceará, de Pernambuco, de Minas Gerais, do Rio de Janeiro e de São Paulo. Mostrando o alto investimento destas entidades nos pluviógrafos que atualmente existem no mercado (Mais de 50 mil reais por pluviógrafo.).

Nota-se assim a carência por um pluviógrafo de baixo custo de aquisição, que possa se comunicar facilmente com o cliente sem necessidade de um especialista para coleta de dados e com custos de manutenção reduzidos. Permitindo assim a utilização de um número muito maior de pluviógrafos que funcionem remotamente, fornecendo informações com autonomia, e contribuindo tanto com a eficiência do controle das áreas de risco quanto com a ampliação das áreas monitoradas.

Ainda no âmbito da aplicação do pluviógrafos nas pequenas e principalmente grandes cidades, constata-se como possíveis clientes emissoras de rádio e sites ou aplicativos em geral que fornecem informações sobre as condições de tráfego e poderiam passar a fornecer também informações relacionadas à chuva em diversos pontos de monitoramento na cidade.

Outra necessidade existente do dispositivo em questão se dá na agricultura. Atualmente, pluviógrafos para monitorar o volume de chuvas por hectare são pouco utilizados, pois os custos de aquisição e manutenção atuais são elevados, além da necessidade de especialistas para retirada e análise de dados nos pluviógrafos atuais, o que torna o produto não interessante para o agricultor que necessita apenas de uma forma prática de coleta e registro de informações relacionadas à chuva.

A necessidade de um produto que forneça informações de forma prática, que poderão ser utilizadas em estudos e acompanhamentos pluviométricos se estende a Institutos de meteorologia e geologia e universidades além das partes já mencionadas. Em particular, o IAG USP, ESALQ e CGE mostraram interesse no projeto e tem servido de apoio no desenvolvimento deste.

Proposta

Portanto, para atender à necessidade identificada, o projeto objetiva a construção de um Pluviógrafo Remoto de Baixo Custo, tanto de aquisição quanto manutenção, que possa ser instalado em grandes quantidades para auxiliar as partes interessadas no monitoramento do volume pluviométrico em um maior número de pontos geográficos sem a necessidade de um especialista para coleta e análise de dados reduzindo assim também os custos relacionados à mão de obra especializada.

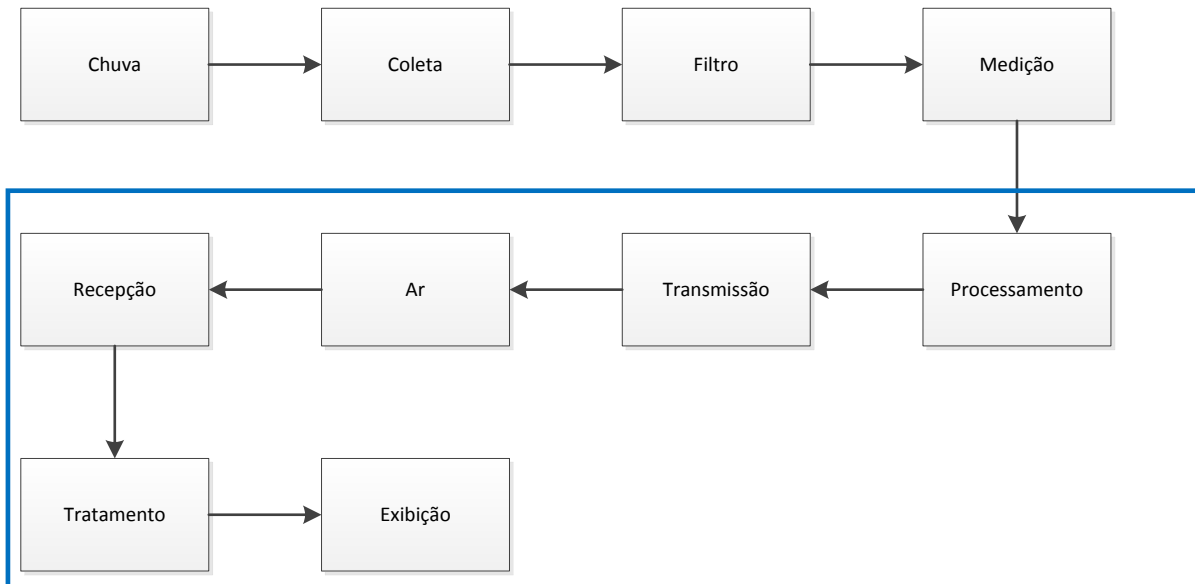


Figura 4 - Diagrama conceitual do processo do produto com destaque para o seu diferencial

Além das funções desempenhadas obrigatoriamente pelo pluviógrafo, o dispositivo a ser desenvolvido será capaz de transmitir os dados a um sistema de informação que exercera as funções de coletar, tratar, registrar e exibir as informações aos usuários.

A abordagem utilizada será dividida em quatro etapas iniciais, Escopo, Mercado, Viabilidade econômica e viabilidade técnica.



Figura 5 - Blocos que compõem a abordagem do projeto.

Faz-se necessário, portanto para início do projeto definir seu escopo.

Declaração do escopo do projeto

- Inclui:
 - Criação de um protótipo
 - Entrega de um projeto detalhado do produto.
 - Desenvolvimento de um sistema de informação que sintetize as informações fornecidas pelo aparelho.

- Não inclui:

- Comercialização do produto.
- Disponibilização de qualquer tipo de hospedagem para o sistema de apoio.

Entregas

- 1.Projeto informacional.
- 2.Projeto conceitual.
- 3.Projeto detalhado.
- 4.Protótipo.

Critérios de aceitação

- Cumprimento dos requisitos da disciplina.
- Funcionamento do protótipo.

Padrões e normas

Chuva é um fenômeno meteorológico que resulta da precipitação das gotas líquidas ou sólidas da água das nuvens sobre a superfície da Terra.

Durante o fenômeno da precipitação, gotas pequenas crescem por difusão de vapor de água. A seguir, elas podem crescer por captura de gotas menores que se encontram em sua trajetória de queda, ou por outros fenômenos. Quando duas pequenas gotas d'água se unem e com isto formam somente uma gota, que possui dimensões maiores, dizemos que ocorreu um fenômeno denominado *coalescência* (processo químico de união de duas ou mais parcelas de uma fase).

Nem toda chuva atinge a superfície: algumas se evaporam enquanto ainda estão a cair, num fenômeno que recebe o nome de *virga* (tipo de precipitação que cai de uma nuvem, mas evapora-se antes de atingir o solo enquanto está ainda a cair) e que acontece principalmente em locais ou períodos de ar seco. A chuva tem papel importante no ciclo hidrológico e pode alterar a sensação térmica do ambiente.

Medição

A medida da precipitação é denominada pluviosidade. Em outras palavras: quando a água das nuvens se aglutina e forma chuva, tem-se o fenômeno da precipitação, e quando se mede a quantidade de água da chuva que, devido à precipitação, acumulou-se em determinado local durante um determinado período de tempo, tem-se a "pluviosidade" ou "medida da precipitação".

No Sistema Internacional de Unidades, a unidade de pluviosidade (ou "unidade de medida de precipitação") é o milímetro (mm). Uma pluviosidade de um mm equivale ao volume de 1 litro (L) de água de chuva que se acumulou sobre uma superfície de área igual a 1m².

Para constatar que um mm de pluviosidade é o mesmo que 1L/m², observe esta demonstração matemática:

$$\frac{1L}{m^2} = \frac{1dm^3}{m^2} = \frac{(1dm)^3}{m^2} = \frac{(10^{-1})^3}{m^2} = \frac{10^{-3}m^3}{m^2} = \frac{10^{-3}m^3}{m^2} = 10^{-3}m = 1mm$$

Portanto, 1L/m² = 1 mm

A pluviosidade é geralmente medida com um instrumento denominado pluviógrafo. O funcionamento do pluviógrafo é bastante simples: a boca de um funil de área conhecida coleta as gotas de chuva e as acumula em um reservatório colocado abaixo do funil; então, a intervalos regulares (uma vez por dia, quatro vezes por dia etc.), um observador utiliza uma pipeta com escala graduada para coletar uma amostra e medir o volume d'água que foi acumulado no período. Por exemplo: ele pode medir e constatar que nas últimas 24 horas caíram 25 milímetros de chuva.

Quando se deseja registrar as variações da pluviosidade em função do tempo utiliza-se um instrumento denominado pluviógrafo, que nada mais é que um pluviógrafo dotado de um dispositivo de registro cronológico contínuo. Esses registros cronológicos são feitos em um gráfico denominado pluviograma, no qual a pluviosidade (em milímetros) é indicada em um dos eixos do gráfico e o tempo (em horas) é indicado no outro eixo. Essa "taxa de variação da pluviosidade por unidade de tempo" é dada em milímetros por hora (mm/h).

Como o volume de 1 litro de qualquer substância equivale a um decímetro cúbico, e tendo em vista que a densidade da água pura corresponde a um quilograma de massa por decímetro cúbico, conclui-se que um mm de pluviosidade corresponde a aproximadamente 1 kg/m², ou seja, 1 mm de pluviosidade significa que em cada metro quadrado de área da superfície haverá um quilograma de massa de água. Portanto, 1 mm = 1 kg/m²

Consequentemente, quando desejamos ler a pluviosidade não em função da altura da coluna d'água (em milímetros) mas sim em função da massa de água da chuva que se

acumulou em cada metro quadrado da superfície, calculamos a pluviosidade em quilogramas por metro quadrado (kg/m^2).

Quando se calcula a taxa de variação dessa massa pluviométrica por unidade de tempo, o valor da taxa é dado em quilogramas por metro quadrado e segundo (massa pluviométrica por unidade de tempo): $\text{kg}/\text{m}^2.\text{s}$.

Tem-se como requisito que dispositivos de medição não sofram deformação, não vibrem e que não sejam grandemente impactados por corrosão.

Instalação de pluviógrafos

1. Locais

São considerados três locais com possibilidade de instalação: terrenos ou pátios descobertos, instalação em paredes ou muros, e instalação em lajes de cobertura. Os requisitos para estas modalidades de instalação estão descritos abaixo.

1.1. Terreno ou pátios descobertos (área livre de obstáculos) – considerada melhor opção de instalação.

As estações pluviométricas automáticas e telemetrizadas deverão ser instaladas em terreno plano, seguro e livre de obstáculos com dimensões mínimas de 2×2 m. O piso do terreno poderá ser terra batida (com ou sem brita), vegetação rasteira, cimentado, cerâmica ou outro tipo de revestimento nivelado.

A superfície de captação do pluviógrafo deve estar num plano horizontal, não deve apresentar deformações e estar a uma altura mínima de 1,5 m acima do solo. Os obstáculos deverão estar a uma distância igual ou superior a duas vezes a altura do obstáculo com relação à superfície de captação dos pluviógrafos (ideal), conforme demonstra acima.

1.2. Instalação em lajes de cobertura (casas, edifícios) – considerada a segunda melhor opção.

Nesta opção o aparelho pode ser parafusado para ser fixado à laje ou por meio de adesivo epóxi para concreto. Não é necessário, portanto a furação da laje e não há risco de infiltrações no prédio. É importante que a laje ou cobertura não possua telhas e seja acessível por escada fixa ou por escada móvel de até 5 m de altura.

1.3. Instalação em alvenarias (muros ou platimbandas de telhados) – Considerada a opção menos adequada para instalação.

Neste caso o pluviógrafo será instalado por meio de suporte metálico com chapas parafusadas na lateral das alvenarias sejam elas de tijolo cerâmico ou blocos de concretos. O pluviógrafo deve obrigatoriamente ser instalado acima da cota do muro de forma a não prejudicar a captação da chuva pelo aparelho. Deverá haver um espaço no piso abaixo da parede ou muro de no mínimo $2 \text{ m} \times 2 \text{ m}$ a uma distância inferior a 10 m do topo do muro. A Altura do muro ou parede até o solo deve ser inferior a 5 m.

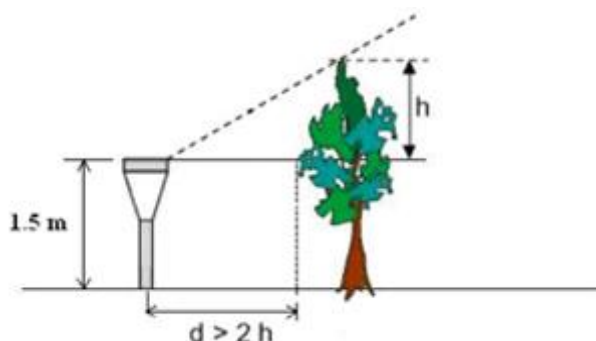


Figura 6 - Regra de distância de obstáculos

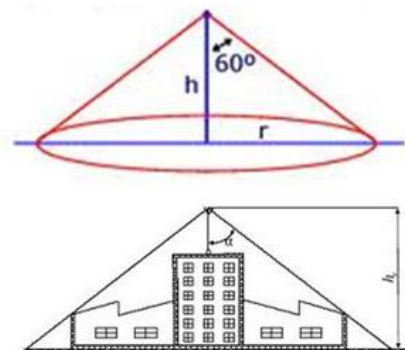


Figura 7 - Esquema de cone de cobertura

2. Aterramento

Cada aparelho deverá ser aterrado, podendo-se ou não aproveitar o sistema de

aterramento do local, se existir. Caso contrário, o aterramento será feito por meio da instalação de hastes de cobre aterradas em malha independente.

Nas instalações nos diversos locais os equipamentos poderão estar posicionados dentro do cone de proteção de para-raios existentes conforme ilustra a Figura 4, onde é dispensado o aterramento. Outra opção viável é que o pluviógrafo compartilhe o aterramento já existente de para-raios ou antenas, o que facilita a instalação.

Nos demais casos deverá ser efetuado um aterramento dedicado ao dispositivo, o que demanda a inserção de hastes de cobre no solo a uma distância de até 20 m do local onde o pluviógrafo foi instalado.:

Concorrência

Nossa pesquisa revelou basicamente dois segmentos diferentes de pluviógrafo existentes no mercado. O primeiro constitui-se de pluviógrafos de alto custo de aquisição e manutenção, que possuem alta precisão e incluem também custo de mão de obra especializada para coleta e análise de dados. A principal entidade a trabalhar com estes pluviógrafos é o Cemaden, a entidade parceira passará por um cadastro para solicitar o dispositivo.

Os equipamentos que são instalados pelo Cemaden enviam os dados de forma automática e não necessitam de energia elétrica para funcionar. Como a função do equipamento é coletar e medir a chuva, é necessário que seja instalado em locais descobertos onde não haja obstáculos (árvores, prédios altos, etc.) que possam interferir na quantidade de chuva captada.

A função da entidade parceira será fornecer o local para a instalação do equipamento, permitir acesso aos profissionais de manutenção (fornecidos pelo Cemaden), zelar pela conservação do aparelho e comunicar eventuais problemas. Vale observar que este pluviógrafo por tanto não é comercializado.



Figura 8 - Equipamento Cemaden

Ainda dentro do segmento de pluviógrafos de precisão, são comercializados produtos como o Pluviógrafo standard, por R\$ 832. Dispositivo de excelente exatidão, com o diferencial de uma caçamba auto-esvaziante que oferece precisão excepcional além de ser resistente à corrosão. No entanto o sensor necessita de outros equipamentos para efetuar a leitura dos dados, além de manutenções periódicas.

O segundo segmento de destaque observado no mercado de pluviógrafos consiste em pluviógrafos para uso doméstico, vendidos em sites como Mercado Livre.



Figura 9 - Pluviógrafo Standard

Estes pluviógrafos são vendidos a preços variando entre 200 e 300 reais. Consiste basicamente em um copo coletor wireless a ser posicionando em local aberto de acordo com especificações do produto que envia estas informações a um receptor wireless, utilizado para exibição das informações coletadas ao usuário.



Figura 10 - Pluviômetro Incoterm 4670

Incoterm 4760, comercializado a R\$ 231,20. Indicado para registrar a quantidade de precipitação ocorrida em um determinado espaço de tempo.

Transmissão sem fio da temperatura externa e quantidade de queda de chuva (433 MHz), distância até 30 m (campo livre) com indicador de temperatura e tendência;

Sensor de chuva com alarme; Indicação da quantidade total de queda de água, da última hora, das últimas 24 horas e da última chuva com hora e data de registro;

Indicação do gráfico de barra e histórico dos últimos sete dias, semanas e meses; Temperatura interna; Temperatura máxima e mínima; Alarme de temperatura programável; Relógio com data; Unidade receptora para montagem na parede ou para permanecer sobre uma mesa; Instalação muito simples, nenhum cabo necessário; Ideal para fins de jardinagem e agrícolas e para todos aqueles que querem saber mais sobre a natureza.

Especificações:

- Faixa de medição: Temperatura interna: -10...+50°C; Temperatura externa: -50...+70°C;
- Quantidade de queda de água: 0...9999 mm;
- Resolução Total: 1 mm;
- Exatidão Total: ± 5 mm;
- Baterias: 3 x 1,5 V AA para unidade principal e 2 x 1,5 V AA para transmissor (incluído)
- Dimensões Receptor: 122 x 94 x 24 mm;
- Dimensões Transmissor: 132mm (diâmetro);

Por R\$ 200,00 há também o pluviômetro La Crosse WS-9004U, apresentado ao lado:

- Auto-Esvaziamento do copo
- Transmissão sem fio até 100 metros
- Registra o total de chuva
- Registra a precipitação das últimas 24 horas
- Ícones indicativos de pouca chuva ou muita chuva
- Alarmes definidos pelo usuário
- Pode ser colocado sobre a mesa ou pendurado na parede
- Indicador de bateria fraca do receptor e do coletor
- Tecnologia IT+ - transmissão instantânea 915 MHz
- O conjunto funciona com quatro Pilhas AAA (não incluídas)
- Vida útil da bateria: + de 24 meses com pilhas alcalinas



Figura 11 - Pluviômetro La Crosse

Mercado

Um aspecto importantíssimo no desenvolvimento do produto é o entendimento profundo de como ele se relacionará com o ambiente externo. Esse entendimento se dá pelo estudo das diversas facetas do seu relacionamento com o mercado e com a realidade econômica e social, particularmente por meio do desenvolvimento e validação de abordagens pela análise de sua viabilidade econômica.

As discussões a seguir foram embasadas por um estudo de viabilidade econômica estruturado em cenários e na busca da melhor combinação de fatores. Esse estudo se está na última seção do presente relatório por questões didáticas, mas recomenda-se que este seja consultado durante a leitura como suporte na compreensão de diversas escolhas feitas pelo grupo ao longo dessa primeira etapa de definições.

Mercado atual e concorrentes

Hoje em dia, o que se pode encontrar no mercado brasileiro no ramo de pluviógrafos são os extremos: equipamentos muito caros e sofisticados, com indicações extremamente precisas e manutenção delicada, instalados em pontos estratégicos, ou então pluviógrafos muito básicos, de uso doméstico e que fornecem dados meramente indicativos.

Considerações

Os produtos identificados pelo grupo como potenciais concorrentes podem vir de uma ou outra categoria de pluviógrafos, já que algumas características do produto em desenvolvimento estão alinhadas com as alternativas mais caras, e outras com os pluviógrafos mais baratos. Segue abaixo uma breve análise das principais questões consideradas na identificação do nicho de mercado para nosso produto:

1. **Precisão** - a resolução da medida de um pluviógrafo é, conforme apurado junto aos *stakeholders* entrevistados, relativamente padronizada. Um produto melhor ou pior gerará, claramente, qualidades diferentes no resultado obtido, porém dentro da categoria de pluviógrafos não de uso doméstico, como é o nosso caso, existem orientações claras de área de captação, resolução do sensor de medida, modo de instalação, etc.
2. **Durabilidade** - considerando manutenção periódica adequada, um pluviógrafo de boa qualidade pode durar mais de 50 anos. Por esse motivo, os fabricantes trabalham com margens muito altas, buscando garantir sua sustentabilidade pelo ganho sobre cada unidade e não pelo volume. Ora, se um instituto de pesquisa adquire um pluviógrafo por um preço alto e o mantém em operação durante períodos tão longos pode-se dizer que o mercado para essa categoria de produtos não é muito dinâmico. Já para pluviógrafos mais simples, a qualidade é muito inferior, assim como a durabilidade; nesses casos, claramente, a medição é muito mais simples e se restringe ao volume de chuva em si, sem análises posteriores ou dados complementares como temperatura, pressão, etc.
3. **Facilidade de manutenção** - essa é uma das grandes dificuldades enfrentadas pelos compradores de pluviógrafos hoje, já que depende de mão-de-obra preparada e de certa logística, principalmente no caso de se possuir mais de um aparelho. Já os pluviógrafos simples não exigem manutenção, porém têm uma vida útil muito mais curta e não suprem as necessidades de um instituto de pesquisa ou de uma organização como a Defesa Civil.
4. **Transmissão** - a maioria dos pluviógrafos depende da ação de um funcionário para fazer a leitura dos dados. Em alguns casos, uma transmissão à pequena distância é realizada, mesmo naqueles mais básicos, para evitar que o usuário precise deslocar-se sob a chuva para fazer a leitura e o registro do nível da chuva. Porém, não existe hoje no mercado a possibilidade de comprar um pluviógrafo e transmitir os dados remotamente, ou de receber informações em tempo real sobre a chuva em diversas regiões simultaneamente sem a presença de intermediários.

5. **Preço** - os preços hoje partem de R\$200,00 e vão além dos R\$800,00, sendo que este último não tem mostrador nem registra ou transmite os dados, apesar de ser altamente preciso. Isso mostra que o mercado de pluviógrafos no Brasil não está consolidado em torno de um só formato e, mais do que isso, que o preço não é diretamente proporcional a uma ou outra característica, mas varia com uma dinâmica relacionada à alta durabilidade, aplicação concentrada em certos setores, altas margens e alta variação dos recursos presentes em cada produto.

Entrada no Mercado

Dado que um dos objetivos estabelecidos pelo grupo no desenvolvimento do pluviógrafo é fornecer auxílio no controle de tragédias, buscou-se uma abordagem de mercado que permitisse viabilizar uma venda a preço de custo para instituições ligadas a esse fim. Os clientes identificados nessa categoria seriam prefeituras, a Defesa Civil, ONGs instaladas em comunidades carentes, Corpo de Bombeiros, etc. Foi considerado essencial pelo grupo que essas organizações tivessem acesso facilitado ao produto desenvolvido, gerando assim uma contribuição social positiva.

Na busca por formas de financiamento, foram considerados diversos formatos. No entanto, visando a sustentabilidade do negócio, descartaram-se alternativas que gerassem dependência de recursos governamentais ou que se baseassem em iniciativas solidárias (doações) ou do tipo “*crowd funding*” (a população de uma região de risco se cotizaria para pagar a compra do equipamento.) Esses recursos, embora interessantes para absorver parte dos custos, não podem ser utilizadas como estrutura de financiamento quando o objetivo envolve o médio prazo e, como no nosso caso, exige uma continuidade de operação para gerar resultados significativos e gerar valor para o cliente.

Sendo assim, a estrutura de financiamento escolhida pelo grupo foi uma em duas frentes, ou dois grandes segmentos de clientes, com uma estratégia de entrada no mercado que atendesse as necessidades de ambas as partes.

Estratégia de entrada no mercado

A estratégia de entrada no mercado de pluviógrafos foi desenhada sobre dois pilares: o fim social e os meios econômicos. Para viabilizar a venda dos equipamentos a preço de custo para as instituições de interesse, sem perder a autonomia da empresa nem depender de subsídios, faz-se necessário ter outra frente de vendas da qual provenham lucros, destinados a dar sustentabilidade ao negócio. Nesse sentido, buscou-se identificar outros segmentos de clientes que estariam interessados no produto desenvolvido e dispostos a pagar pelos seus benefícios.

O levantamento desses segmentos, iniciada com um *brainstorm* e refinada por meio de pesquisa, gerou a seguinte lista de clientes potenciais para o produto, um pluviógrafo remoto de baixo custo, com transmissão de dados integrada e acesso a um sistema centralizado de informações pluviométricas em tempo real:

- **Estações de rádio e TV** – informações sobre a situação das chuvas no estado, e posteriormente no país, são de interesse para veículos de notícias, assim como no monitoramento de situações de trânsito e alagamentos, serviço oferecido por esse tipo de organização.
- **Propriedades rurais de médio porte** – a situação das chuvas na região e particularmente dentro da propriedade é de grande interesse para os produtores
- **Hidrelétricas e complexos de abastecimento de água** – a instalação de diversos pluviógrafos remotos de baixo custo permitiria monitorar a situação do rio e da represa de forma centralizada, inclusive comparando os dados com as demais instalações do tipo no país.
- **Grandes obras de infraestrutura** – novamente, obras que envolvem grande

quantidade de recursos e longo tempo de execução podem beneficiar-se do sistema para monitorar as chuvas na região e criar um histórico, orientando trabalhos em médio prazo.

- **Concessionárias de rodovias** – acidentes nas estradas podem ser diminuídos por campanhas direcionadas e pelo fornecimento de informações em tempo real aos motoristas, por rádio e por sinalização, da situação do tempo à frente.

A estrutura geral da abordagem de mercado é o repasse de todos os custos indiretos e das necessidades de lucro para as vendas voltadas a esse segmento, no qual há maior disponibilidade de recursos e em cujas operações não está presente o fim social objetivado pelo grupo. Ao mesmo tempo, seria possível praticar preços relativamente baixos para os demais clientes e dar ao negócio continuidade e oportunidades de crescimento sustentável.

Para estimar o volume de vendas para cada segmento, foi necessário desenvolver uma abordagem que levasse em conta ao mesmo tempo o número de potenciais clientes e os recursos disponíveis para investimento nessa área.

A segunda parte foi incorporada apenas no segmento com fim social, para o qual há dados de orçamento do Governo Federal para compra de pluviógrafos. O orçamento total de R\$50.000.000 foi dividido pelo custo máximo estabelecido pelo grupo, de R\$500,00 por unidade, resultando em 100.000 pluviógrafos a serem vendidos em quatro anos. No segmento de clientes ditos *privados*, considerou-se que qualquer preço abaixo do teto não seria um fator limitante para compra.

Em seguida, foi preciso entender quais são, em linhas gerais, as quantidades de pluviógrafos demandadas na conjuntura atual. Para o segmento de fim social, uma estimativa foi obtida considerando o número de favelas do estado de São Paulo - nossas "áreas de risco" - e uma média de um pluviógrafo para cada 40 famílias nessas regiões. Essa conta retornou uma demanda de 10.500 pluviógrafos, número menor do que a estimativa anterior. Já para o segmento privado, foram consideradas a princípio apenas as propriedades rurais do estado de São Paulo, descontadas aquelas de porte pequeno ou que não tivessem acesso à internet. Além disso, estabeleceu-se uma média de três pluviógrafos por propriedade, resultando em um total de 10.000 pluviógrafos a serem vendidos em quatro anos.

Essas aproximações possibilitaram estabelecer a viabilidade do negócio com preços de venda tentativos de R\$1500,00 para o segmento de fim social e R\$1000,00 para o segmento privado.

Além deste, outros elementos que podem auxiliar na redução do preço a ser repassado para os clientes são, conforme citado, subsídios governamentais, campanhas de doações e *crowd funding*. Seu uso, porém, deve ser como complementos e não como base, já que seus resultados e condições são incertos no tempo e submetidos a fatores como situação econômica e política.

Cite-se ainda como elemento importante na viabilização do projeto o apoio de instituições de ensino e ciência nas áreas técnicas relevantes durante o planejamento, sob a forma de parceria ou colaboração com o grupo desenvolvedor e como potenciais clientes do produto, além de *stakeholders* no seu desenvolvimento.

Tática de entrada no mercado

Uma vez traçadas as linhas gerais da entrada no mercado por meio da definição de uma estratégia, é necessário levantar alguns detalhes dos aspectos mais práticos desse processo, ou seja, os modos pelos quais se pretende atingir os objetivos de mercado traçados. Mais adiante, esses aspectos táticos serão detalhados até chegar ao nível de operação, definindo o passo-a-passo para concretizar nossa estratégia. Nessa etapa, limitar-nos-emos ao levantamento e à seleção de possíveis abordagens a serem futuramente exploradas.

Os principais aspectos e as respectivas táticas levantadas para enfrentá-los foram:

- **Marketing** - a propaganda para venda do produto ao segmento de clientes com fim social se dará pelo contato direto com os respectivos responsáveis dentro de prefeituras e órgãos relacionados à segurança pública, e não pelo anúncio em canais como TV, rádio, jornal, etc. Esses recursos serão utilizados na divulgação do produto para o segmento privado, por exemplo, proprietários rurais e profissionais envolvidos na construção e operação de grandes obras e eventos.
- **Canais de distribuição** - identificou-se como melhor canal para venda do pluviógrafo uma combinação de vendas pela internet e por telefone, em detrimento da loja física. Essa decisão levou em conta as características do produto e do público alvo, assim como os investimentos que seriam necessários para montar pontos de venda física. Formatos como franquia e consultores também foram descartados por não terem uma aderência tão boa com o conceito do produto quanto à compra a distância.
- **Canais de atendimento** - o atendimento ao cliente que deseja adquirir um pluviógrafo, tirar dúvidas ou agendar a manutenção se dará por telefone e pela internet, a princípio com a contratação desse tipo de serviço junto a uma empresa especializada. Em um segundo momento, pode-se estudar a conveniência de trabalhar com instalações e funcionários próprios, porém nessa etapa esses são custos muito significativos e poderiam comprometer a sustentabilidade do negócio.

É importante ressaltar que esses pontos são indicativos de linhas de ação a serem aprofundadas, e não devem ser vistos de forma alguma como limitadores.

Produção e vendas

Produção

Após a fase de definição dos requisitos do cliente e do produto, e tendo feito a escolha de quais seriam efetivamente incorporados e de que forma, surgiu a questão de como produzir o pluviógrafo de forma economicamente viável. Alguns fatores de produção precisavam ser determinados para prosseguir com a análise de custos da solução:

- **Fabricação x compra** – levando em consideração os custos de investimento em planta e recursos para fabricação e os valores de compra dos componentes (ou subsistemas) no mercado, assim como a realidade de demanda pelo produto, identificou-se como mais interessante comprar os itens necessários à confecção do pluviógrafo
- **Produto nacional x importado** – a principal comparação a ser realizada nesse quesito é a relação entre qualidade e preço, incluindo impostos e transporte. Dado que a qualidade dos componentes seria muito próxima em ambos os casos, mesmo considerando impostos de importação temos que o volume justificaria a escolha desse formato (geraria custos unitários menores).
- **Montagem própria x terceirizada** – levando em consideração os custos de implantação de uma fábrica e da mão-de-obra envolvida, poderia ser interessante a contratação de uma empresa terceirizada para fazer esse trabalho. Uma análise posterior poderá sugerir uma opção por esse formato, porém inicialmente foi estudada a viabilidade do negócio considerando a contratação de mão-de-obra e aluguel de espaço para esse processo.

Assim, dentre as muitas combinações possíveis, chegou-se a duas alternativas que se demonstraram mais alinhadas com as propostas do projeto:

1. Importação dos componentes e montagem própria
2. Importação dos componentes e montagem terceirizada

Conforme explicado acima, nessa etapa do desenvolvimento optou-se por um cenário de produção própria, porém essa escolha não está de forma alguma cristalizada e pode ser alterada conforme novos fatores e dados forem incluídos no estudo de viabilidade econômica.

Ciclo de vida

O pluviógrafo remoto de baixo custo desenvolvido deve posicionar-se no mercado de forma a ser uma alternativa viável e interessante aos concorrentes hoje disponíveis. Se, por um lado, pretende destacar-se por seu baixo preço junto a determinados clientes, por outro precisa manter as margens de lucro tão altas quanto possíveis junto ao segundo grupo, ambos descritos no item anterior.

Sendo assim, destacam-se determinadas características a serem incorporadas ao produto para torna-lo interessante, dentre as quais um ciclo de vida diferenciado e suficientemente longo para diluir os custos incorridos seja pelo cliente, seja pelo fabricante. As suas fases devem se estruturar de forma próxima à seguinte:

1. **Desenvolvimento** – terá duração aproximada de **seis meses**, coincidindo com o primeiro semestre letivo de 2014. Nessa fase, serão desenvolvidos o conceito do produto, suas características e um protótipo, assim como as estratégias de comercialização e acompanhamento do pós-venda. Nessa etapa estarão envolvidos, basicamente: os membros do grupo desenvolvedor, o professor e o monitor da disciplina e os stakeholders entrevistados.
2. **Fabricação** – essa etapa deverá iniciar-se logo após o fim de desenvolvimento e testes junto a stakeholders selecionados, e ter duração isolada (antes do início das vendas) de

- aproximadamente **seis meses**. Esse tempo leva em conta o contrato de fornecimento de componentes e a montagem dos produtos, a ser terceirizada para uma empresa fabricante por lotes.
3. **Venda/Uso** – o planejamento inicial indica permanência do pluviógrafo durante **quatro anos** no mercado, sem atualizações. Esse período está relacionado à vida útil do produto, às necessidades de manutenção e às potenciais mudanças no cenário político-econômico brasileiro a cada quatro anos, além do fato de ser essa a duração máxima dos contratos de fornecimento da Defesa Civil. Após esse período, a venda pode tanto ser descontinuada quanto mantida nos termos, preços e volumes anteriores, ou ainda ter parâmetros adequados à nova realidade.
 4. **Pós-venda e manutenção** – existem dois formatos possíveis para o fornecimento de acompanhamento pós-venda e manutenção do produto, conforme explicado no item “Pós-venda e manutenção” do presente relatório. De forma geral, a escolha depende das características de durabilidade e vida-útil do produto, assim como da estrutura de apoio passível de ser desenvolvida e estruturada – as opções de abordagem são: produto semi-descartável, porém reciclável, sem manutenção nem pós-venda, ou um produto mais durável com equipe especializada de atendimento. No segundo caso, o período de disponibilização desses serviços deverá girar em torno de **10 anos**.
 5. **Descontinuação** – a produção do pluviógrafo desenvolvido deverá continuar, com as devidas alterações ao longo do tempo, indeterminadamente. A tendência é que os problemas de deslizamentos decorrentes de chuva continuem a ocorrer, e assim requisitar prevenção; analogamente, as necessidades dos demais potenciais clientes em relação ao pluviógrafo são também de longo prazo. Temos ainda que a demanda por reposição de pluviógrafos, e conseqüente acesso ao sistema, deve continuar a movimentar as vendas mesmo que a demanda inicialmente prevista tenha sido atendida. Outras demandas podem ainda ser criadas e desenvolvidas nesse ínterim. Sendo assim, salvo causas de força maior, não há previsão para descontinuar a previsão do pluviógrafo remoto de baixo custo.

Licença de acesso ao sistema

Um dos diferenciais do produto a ser desenvolvido em relação a seus concorrentes é sua capacidade de transmitir os dados pluviométricos em tempo real e a grandes distâncias. Assim, a instalação de um pluviógrafo remoto beneficia duplamente o seu proprietário: de forma imediata, informando a situação da chuva naquela região e alertando para volumes alarmantes, e remotamente, fornecendo o panorama e o histórico construídos a partir dos dados enviados por todos os pluviógrafos desse tipo instalados.

Então, a transmissão dos dados não serve apenas para alertar uma determinada equipe da situação da chuva em um local específico de interesse, mas também para criar um banco de dados em tempo real para monitoramento de chuvas, inicialmente para o estado de São Paulo e posteriormente para todo o país.

O acesso a esse benefício se dará por meio de um sistema integrado, disponibilizado via internet para usuários cadastrados (clientes) e hospedado em um servidor terceirizado. O acesso aos dados compartilhados está condicionado à aquisição e instalação de um pluviógrafo remoto de baixo custo, aumentando assim a rede de dados, e dependerá do pagamento de um custo fixo mensal ou anual, doravante tratado como “licença de uso.”

A posse de uma licença de uso do sistema não é mandatária para o cliente que deseje ter acesso aos dados captados pelo seu pluviógrafo apenas. Nesse caso, uma vez adquirido o produto, o cliente não terá mais vínculo com o fabricante até o momento de realização da manutenção programada, a qual poderá inclusive ser realizada pela própria equipe do cliente, caso exista. Note-se que o pluviógrafo por ele instalado continuará enviando dados para o sistema central mesmo que o cliente opte por não adquirir a licença de acesso. A qualquer

momento, o cliente poderá adquirir a licença ou cancelar a assinatura, desde que respeitadas às condições de contrato.

Para o cliente que adquirir a licença, será desenvolvida uma interface intuitiva e completa, com possibilidade de filtrar as informações por área e data. As informações serão apresentadas já com algum nível de processamento, facilitando o entendimento e reduzindo a necessidade de mão-de-obra especializada na interpretação dos dados. Adicionalmente, o desenvolvimento do sistema buscará criar funcionalidades programáveis para que o usuário possa salvar suas preferências e personalizar a exibição de dados pelo sistema, escondendo aqueles que não lhe interessam.

O custo de manutenção desse sistema será composto basicamente de hospedagem e mão-de-obra, além dos custos para desenvolvimento e atualização periódica. Esses valores serão calculados em fases posteriores do desenvolvimento do produto. O preço a ser cobrado pela licença de uso deverá ser, a princípio, tão baixo quanto possível, reduzindo os custos para o cliente e contribuindo para a fidelização. Desde que economicamente viável, o objetivo deverá ser o fornecimento gratuito desse sistema para o primeiro segmento de clientes.

Pós-venda e manutenção

Conforme as necessidades levantadas junto aos potenciais clientes do produto, foi identificado que uma grande dificuldade enfrentada pelos atuais usuários é a frequência (e o custo associado) da manutenção preventiva. Para que funcione corretamente, um pluviógrafo tradicional precisa ser limpo aproximadamente a cada ano para retirada da poluição acumulada, assim como de eventuais folhas, insetos, etc. que tenham se juntado no coletor. Apesar de não ser um trabalho complexo, essa manutenção exige organização (principalmente no caso de múltiplos pluviógrafos) e mão-de-obra capacitada.

Tendo observado esse problema, o grupo levantou duas estratégias possíveis para contorná-lo, já que foi um requisito lembrado em todas as entrevistas realizadas e tornou-se um elo chave na definição do produto a ser desenvolvido. As alternativas elaboradas seguem abaixo:

- **Estrutura de produto semi-descartável**, sem manutenção preventiva ou corretiva: o pluviógrafo seria desenvolvido buscando tornar o conjunto reutilizável exceto pela bateria e pelo filtro tipo “ralo japonês”, os quais seriam trocados a cada ano ou biênio. A bateria e o ralo seriam reciclados, e não haveria necessidade de limpar o aparato entre uma troca e outra. Dessa forma, ficariam eliminados os custos de manutenção tanto da parte do cliente quanto da parte da empresa, que não precisaria manter uma equipe para esse fim.

- **Estrutura de produto duradouro**, com tempo entre manutenções maior do que nas opções atualmente existentes: nesse modelo, adotar-se-ia uma abordagem mais tradicional, no qual existem manutenções periódicas. O objetivo se torna, então, aumentar tanto quanto possível o intervalo entre essas intervenções, minimizando os custos associados. No entanto, faz parte dos objetivos no desenvolvimento do produto torná-lo acessível a um grande leque de clientes, diminuindo a dependência de um especialista para zelar pelo aparelho e processar os dados; sendo assim, é desejável que a empresa produtora do pluviógrafo tenha equipes especializadas para atender à demanda de manutenção.

Analisando as alternativas, o grupo optou pela segunda. As principais características do modelo de atendimento pós-venda e manutenção do pluviógrafo remoto de baixo custo serão:

1. **Manutenção:** mandatória, periódica e realizada pelo fabricante do produto.
2. **Periodicidade:** intervalos maiores do que aqueles atualmente encontrados no mercado (próximos a um ano)
3. **Custos:** o cliente arca com o custo da visita e do material de reposição, enquanto o fabricante mantém uma equipe especializada para esse fim, o estoque de materiais e a estrutura de agendamento.

4. **Descarte dos componentes substituídos:** serão reciclados por uma empresa terceirizada
5. **Tempo de atendimento após descontinuação das vendas:** dada a vida útil estimada de quatro anos para o produto, a estrutura de atendimento pós-venda será mantida inicialmente por quatro anos após o fim da comercialização. Durante esse período, a empresa venderá e instalará versões tecnologicamente atualizadas do produto original, o que ajudará a diluir os custos de manutenção da equipe de campo.

O custo a ser cobrado do cliente por visita de reposição dependerá de fatores a serem definidos mais à frente no desenvolvimento do produto, como dificuldade e tempo de instalação (do pluviógrafo completo e dos componentes trocados periodicamente), do custo desses componentes, do raio de distância coberto pela equipe e da periodicidade dessas visitas. Seguindo a estrutura de abordagem em duas frentes proposta para entrada do produto no mercado, o objetivo é realizar visitas a preço de custo – ou mesmo gratuitas – para o segmento de clientes voltado para um fim social, enquanto a manutenção oferecida aos demais daria sustentabilidade econômica a essa função do negócio.

Expectativas

Ao desenvolver um produto, deve-se ter em mente não apenas onde se quer chegar, mas como alcançar esses objetivos. A viabilização de um produto como o pluviógrafo remoto de baixo custo depende de um número alto de escolhas e do embasamento adequado dessas escolhas pelo estudo da necessidade a ser satisfeita, do mercado a ser explorado, dos potenciais clientes e dos custos envolvidos, dentre outros. Nesse contexto, o desenvolvimento da estratégia de mercado é uma ferramenta que, se bem utilizada e associada às demais frentes de trabalho, auxiliará o grupo no alcance de seus objetivos.

Além dos objetivos gerais do projeto, algumas metas dizem respeito particularmente à exploração do mercado, presente e futuro, de pluviógrafos. Dentre elas, destacam-se:

- A busca por parcerias na etapa de desenvolvimento e de início da produção, as quais podem ser estabelecidas pelo estudo exaustivo das necessidades de mercado, apresentando aos potenciais parceiros um panorama completo e aprofundado dos motivos pelos quais é interessante investir tanto fundos quanto capital humano no nosso projeto. A venda da ideia é indissociável da estratégia de mercado, já que investimentos estão vinculados à probabilidade futura de sucesso do produto.
- A concretização da abordagem proposta de duas frentes de venda, caracterizadas pelo segmento de clientes a serem atingidos: a frente “social”, objetivo principal do projeto, e a frente “privada”, que fornecerá a viabilidade econômica.
- A associação da marca a um fim social, de modo que toda divulgação do nosso trabalho tenha como efeito colateral a conscientização social para o problema das enchentes e dos deslizamentos nos morros, dentre outros.
- O foco, ao longo de todo o trabalho e por parte de todos os envolvidos, naquela que foi definida como motivação para o desenvolvimento do produto: a gravidade do problema a ser enfrentado com o auxílio do pluviógrafo. Esse alinhamento só pode ser obtido se todos os esforços forem orientados na mesma direção, e se as estratégias de comunicação externa levarem em conta esse valor.

Além destes, é objetivo dos esforços de mercado a venda do maior número possível de pluviógrafos, inclusive com *updates* tecnológicos e ulterior redução de custos ao longo do tempo, gerando continuidade para a empresa e contínuo aumento dos efeitos positivos sobre a sociedade.

Cientes e Parceiros

Ao longo desta fase inicial, o grupo fez contato com diversos clientes em potencial que se tornaram parceiros deste projeto. Este processo foi feito a partir de contatos diretos com as organizações (utilizando dados de contatos disponibilizados publicamente). O projeto foi bem aceito em todos os locais onde foi apresentado a clientes em potenciais que acabaram por se tornar colaboradores do projeto (seja por alinhamento de visão ou por vontade de realizar avanços científicos e técnicos em nossa sociedade), o que acabou por criar uma rede ampla de colaboração e que é supra-organizacional. Vamos citar estes colaboradores aqui, pois este conhecimento ajuda no entendimento e contextualização do escopo do projeto, bem como de seu potencial e abrangência.

Apresentamos a seguir os colaboradores envolvidos a partir de suas organizações para preservar identidades:

Instituto de Astronomia, Geofísica e Ciências Atmosféricas da Universidade de São Paulo (IAG)

O Instituto de Astronomia, Geofísica e Ciências Atmosféricas é um dos principais polos de pesquisa do Brasil nas áreas de Ciências Exatas e da Terra, com mais de 120 anos de atividades. No ensino, se destaca na formação de profissionais nas áreas de Astronomia, Geofísica e Meteorologia em nível de graduação e de pós-graduação.

Centro de Gerenciamento de Emergências (CGE)

O Centro de Gerenciamento de Emergências (CGE) é o órgão da Prefeitura de São Paulo responsável pelo monitoramento das condições meteorológicas na Capital. Espelhado em modelos preventivos existentes em outras metrópoles mundiais, foi criado em novembro de 1999, após uma inundação de grande proporção que tomou a região do túnel do Anhangabaú em março do mesmo ano.

Em parceria com a Coordenadoria Municipal de Defesa Civil (Comdec), no período chuvoso, que compreende os meses de novembro a abril, o Centro se dedica ao Plano Preventivo de Defesa Civil (PPDC), através da "Operação Chuvas de Verão", realizada em parceria com outros órgãos para prevenir os efeitos danosos provocados pelas fortes chuvas registradas no período. Neste trabalho, o CGE exerce a função de notificar e manter informados os órgãos participantes sobre as condições meteorológicas previstas, pontos de alagamento, acumulado das chuvas, entre outros.

Em seus 12 anos de funcionamento, o CGE formou um vasto histórico de dados meteorológicos, dados estes que auxiliam não só os órgãos ligados à Prefeitura, mas também a estudantes, pesquisadores, imprensa, municípios em geral e demais outros meteorológicos nacionais.

Secretaria Municipal de Coordenação das Subprefeituras

A Secretaria Municipal de Coordenação das Subprefeituras (SMSP), antiga Secretaria de Implementação das Subprefeituras (SIS), tem como função dar apoio gerencial e administrativo às decisões do Prefeito sobre o desempenho das Subprefeituras e suas solicitações; realizar o acompanhamento gerencial das metas e atividades das Subprefeituras; criar indicadores para dimensionar os recursos humanos e materiais para as Subprefeituras, a partir de padrões de qualidade e da realidade de cada região; propor ao Prefeito e articular soluções para o bom desenvolvimento de relações intersetoriais e institucionais mantidas pela Subprefeitura; e avaliar o cumprimento das diretrizes gerais e setoriais na ação, no planejamento e na gestão regional exercida pelas Subprefeituras.

Instituto de Pesquisas Tecnológicas

O Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo (IPT) foi fundado em 1899 como Gabinete de Resistência dos Materiais da Escola Politécnica da USP. Localiza-se na Cidade Universitária Armando de Salles Oliveira, na cidade de São Paulo, e conta com um Centro Tecnológico em Franca e outro em São José dos Campos. Possui mais de 100 anos de atuação nas áreas de pesquisa, educação e tecnologia e é uma das maiores instituições de pesquisa científica e de desenvolvimento tecnológico do país.

É vinculado à Secretaria de Desenvolvimento Econômico, Ciência, Tecnologia e Inovação do Estado de São Paulo e oferece apoio tecnológico à indústria e às políticas públicas.

Departamento de Águas e Energia Elétrica

O Departamento de Águas e Energia Elétrica- DAEE é o órgão gestor dos recursos hídricos do Estado de São Paulo. Para melhor desenvolver suas atividades, e exercer suas atribuições conferidas por lei, atua de maneira descentralizada, no atendimento aos municípios, usuários e cidadãos, executando a Política de Recursos Hídricos do Estado de São Paulo, bem como coordenando o Sistema Integrado de Gestão de Recursos Hídricos, nos termos da Lei 7.663/91, adotando as bacias hidrográficas como unidade físico - territorial de planejamento e gerenciamento.

Em São Paulo, se localizam, além da sede central do Departamento de Águas e Energia Elétrica, as Diretorias de Apoio, como a Diretoria de Engenharia e Obras, a Diretoria de Recursos Hídricos, o Centro Tecnológico de Hidráulica, a Diretoria de Administração e Sistema e a Diretoria Financeira, bem como outras unidades de apoio, à disposição do usuário.

Fundação Centro Tecnológico de Hidráulica

A FCTH foi instituída em 1986, com o duplo objetivo de revigorar o Centro de Tecnologia de Hidráulica (CTH), que havia sido criado 16 anos antes, e de fortalecer os trabalhos cooperativos que a Escola Politécnica e o Departamento de Águas e Energia Elétrica (DAEE), órgão do governo do Estado de São Paulo, realizavam desde 1957. A gestão do CTH cabe ao Departamento de Engenharia Hidráulica da Poli.

Estes parceiros são os que colaboraram para o entendimento do contexto no qual o produto será desenvolvido. Devido à natureza técnica e restritiva do produto, pesquisas qualitativas, visitas técnicas e reuniões foram realizadas com estes parceiros e nos permitiram começar a conceber este projeto. Com o uso de técnicas, foi possível, de forma objetiva e clara traçar diretrizes para este projeto. A ferramenta e resultados gerados citados neste processo são apresentados na seção seguinte.

Desdobramento da Função Qualidade – QFD (*Quality Function Deployment*)

Teoria

O QFD (Quality Function Deployment – Desdobramento da Função Qualidade) é uma das ferramentas da qualidade que foi criada na década de 60 pelo japonês Yoji Akao e que tem como objetivo principal permitir que a equipe de desenvolvimento do produto incorpore as reais necessidades do cliente em seus projetos de melhoria.

A primeira indústria a aplicá-lo foi a Mitsubishi Heavy em 1972. Em 1983 o método chega aos EUA sendo amplamente divulgado a partir dos anos 80. As pioneiras americanas a adotar o método foram a Ford e a Xerox.

Podemos dizer que o QFD é uma ferramenta que possibilita “ouvir” a voz do cliente e ordená-la de modo a facilitar a análise de suas necessidades que são transformadas em requisitos para a melhoria do produto na forma de especificações técnicas do mesmo.

Na prática, o QFD corresponde a quatro matrizes onde é feito o planejamento do produto e que costuma ser chamada genericamente de “casa da qualidade”. A partir dos requisitos dos consumidores, que podem ser captados através de pesquisas, reclamações, etc., que geralmente são coletados na forma de ideias vagas ou conceitos generalizados, a equipe de projeto traduz estas ideias ou conceitos em requisitos de projeto que podem ser mensuráveis e, portanto, transformados em características efetivas do produto (conceitos).

A técnica original desenvolvida por Akao sofreu algumas adaptações ao longo do tempo, havendo, portanto, algumas variações da matriz QFD, a saber: “QFD das Quatro Fases”, foi criada por Macabe, Don Clausing e pela American Supplier Institute (EUA); “QFD – Estendido”, criado por Don Clausing a partir da versão anterior; “QFD das Quatro Ênfases”, criado por Akao e Mizuno a partir da JUSE (Union of Japanese Scientists and Engineers); “A Matriz das Matrizes”, criada por Bob King, é uma extensão da versão anterior.

Utilização

Seguindo a teoria estudada em sala de aula e a bibliografia, a “casa da qualidade” deste projeto foi montada. Para isto contamos com nossos colaboradores e com o material gerado em entrevistas qualitativas, bem como com a experiência dos membros desta equipe.

Nestas entrevistas tivemos contato com profissionais com larga experiência no desenvolvimento e utilização de materiais pluviométricos. Desta forma, pudemos compreender como funciona o mercado brasileiro e internacional de venda de pluviometria; aspectos técnicos específicos de pluviógrafos; legislação e normatização destes equipamentos, bem como sugestões de melhorias e necessidades que ainda não foram atendidas. Cabe ressaltar que estes contatos se encontram em diversas regiões geográficas do Brasil (foram entrevistados profissionais de Belém – PA, São Paulo – SP, Pelotas – RS e Recife – PE). Outra fonte de diversidade são as posições que estes entrevistados ocupam: Governamentais, técnicas, acadêmicas, e científicas.

O resultado é exibido na Figura 12 - Matriz QFD:

Viabilidade Técnica

Tendo agora a matriz QFD e os esboços conceituais do produto, podemos passar às análises limitantes do projeto. A primeira delas será a análise de viabilidade técnica, que conta com a concepção geral do produto, análise de tecnologias disponíveis e necessárias e culmina com a análise do custo técnico do produto.

Árvore de Projeto do PRBC - Pluviógrafo Remoto de Baixo Custo

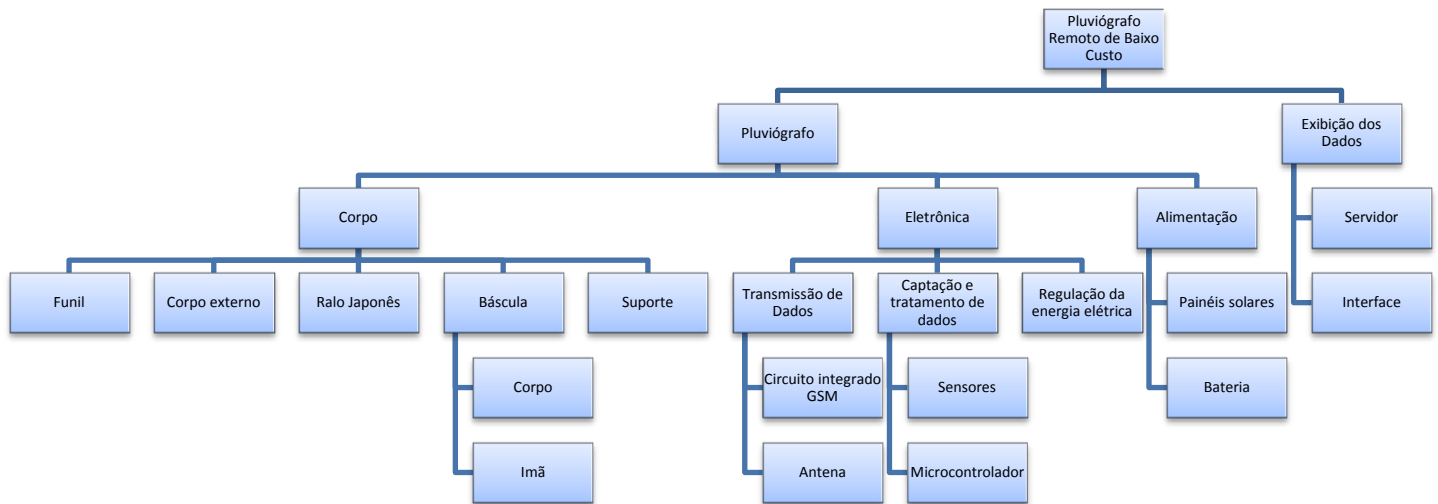


Figura 13 - Árvore do PRBC

1. **Corpo** – É a parte externa do pluviógrafo e deverá ser confeccionado com polímero com baixo índice de absorção de água, com o acréscimo de aditivos para torná-lo resistente a radiação ultravioleta ou ser revestido com material impermeável.
 - 1.1. **Funil** – Responsável por captar a água da chuva e encaminhá-la para a báscula. As bordas do funil devem possuir um ângulo agudo, para promover a quebra do pingo de água e não afetar a precisão do pluviógrafo, pela entrada de respingos.
 - 1.2. **Corpo externo** – É a parte externa do pluviógrafo, que dá suporte ao funil, báscula, circuitos eletrônicos, painel solar e bateria.
 - 1.3. **Ralo japonês** – é um sistema de filtragem, que impede a entrada de sujeiras na parte interna do pluviógrafo.
 - 1.4. **Báscula** – é um elemento mecânico móvel, composto por duas cavidades dispostas em uma gangorra, que permite o registro da quantidade de chuva através do movimento da gangorra. Possui também um ímã acoplado, que permitirá ao sensor detectar quantos movimentos realiza.
 - 1.5. **Suporte** – peça na qual o pluviógrafo será fixado. Deverá ter o tamanho de aproximadamente 1,5m, para promover a leitura correta da temperatura.
2. **Eletrônica**
 - 2.1. **Captação e tratamento de dados** – Sistema composto por um microcontrolador e sensores hall (que registrará a quantidade de chuva, através do número de movimentos da báscula), de temperatura e pressão. O microcontrolador efetuará a leitura dos sensores e promoverá o tratamento dos dados no protocolo necessário para sua transmissão.

- 2.2. **Transmissão de dados** – sistema responsável por receber os dados do microcontrolador e transmiti-lo ao servidor, via GSM. Para tal, é composto de um circuito integrado GSM e de uma antena de celular.
- 2.3. **Regulação de energia elétrica** – sistema responsável por receber a energia elétrica gerada nos painéis solares estabilizá-la na tensão correta e promover a recarga das baterias de forma segura.
3. **Alimentação** – composto por painéis solares e uma bateria, responsável por captar a energia solar e pelo armazenamento na bateria.
4. **Exibição dos dados** – sistema responsável por armazenar os dados em um servidor, e mostrar ao usuário a leitura registrada no pluviógrafo.

Análise de tecnologias disponíveis e necessárias

Para o desenvolvimento da parte eletrônica do projeto, é necessária a utilização de uma plataforma de desenvolvimento, na qual é possível a elaboração e teste de um projeto eletrônico digital.

Existem diversas plataformas de desenvolvimento no mercado, mas entre elas a que mais se destaca é a Arduino, que é open-source e possui uma imensa comunidade mundial de desenvolvedores, bem como diversos shields, que são hardwares eletrônicos implementados, que permitem funcionalidades específicas, como comunicação por GSM, Ethernet, controle de motores, entre outros. Isto faz com que o desenvolvimento seja muito mais rápido e fácil.

Dessa forma é possível a elaboração de um protótipo funcional, que pode ser fisicamente testado, confirmando as especificações projetadas.

A transmissão de dados via GSM é a mais adequada no escopo do projeto, tendo em vista a abrangência deste tipo de serviço e por não ser necessária a utilização de infraestrutura extra, como no caso da comunicação via wireless ou Bluetooth.

Após a realização do protótipo, é necessária a elaboração do projeto de uma placa de circuito impresso, que possua todos os circuitos projetados, visando a manufatura e comercialização da placa. Para tal, existem softwares de projeto de placas eletrônicas, como Proteus, KiCad e Eagle.

Com a placa de circuito impresso finalizada, é necessária a soldagem dos componentes na placa. Atualmente, como grande parte dos componentes eletrônicos utiliza a tecnologia SMT (Surface Mount Technology), onde os componentes eletrônicos são montados sob a superfície da placa eletrônica, a montagem manual torna-se muito difícil, devido ao tamanho reduzido dos componentes, sua sensibilidade e alta precisão necessária na montagem. Dessa forma, torna-se necessário o emprego de máquinas inseridoras de componentes (pick and place) durante o processo de produção.

Existe um grande número de empresas no mercado, que realizam a terceirização da montagem de placas eletrônicas, devido à alta demanda do mercado.

No projeto será necessário o uso de uma bateria, para armazenar a energia elétrica oriunda dos painéis solares. No mercado, existem diversas tecnologias, como a Lítio Íon (Li-Íon), Níquel-Metal Hydride (NiMH), Níquel Cádmio (NiCad), bateria de chumbo, entre outras. Como no projeto a redução do preço da bateria é muito mais importante do que a redução do peso e volume, as baterias mais indicadas são as baterias de chumbo estacionárias, que tem grande durabilidade e baixo custo. O termo estacionária indica que foi desenvolvida para fornecer baixa corrente elétrica por longo período de tempo, para manter um dispositivo funcionando.

O corpo do pluviógrafo deverá utilizar um polímero de baixo custo, que possa ser moldado com facilidade, tenha uma baixa absorção de água e seja resistente à radiação ultravioleta, já que este tipo de radiação é responsável pela ruptura das cadeias moleculares, e consequentemente a degradação e perda das propriedades mecânicas do polímero.

Para a obtenção dessas características, principalmente a resistência ao ultravioleta, pode ser necessário o uso de aditivos absorvedores de UV, como o negro de fumo e benzofenoma. Pode ser interessante também a adição de aditivos antifúngica para promover uma maior durabilidade do produto.

Para a moldagem das partes plásticas do pluviógrafo para a elaboração do protótipo, é interessante o uso da impressão 3D, que possibilita a rápida fabricação, baseando-se somente num modelo em CAD.

Para a fabricação em maiores quantidades, é necessário o uso de outras tecnologias, como a injeção de termoplásticos, na qual uma injetora preenche um molde com um polímero fundido sob pressão, produzindo rapidamente uma peça, com boa precisão dimensional. Uma das desvantagens deste tipo de tecnologia é o alto custo dos moldes, que pode ser inviável para a fabricação em baixas quantidades.

Outra possibilidade é a confecção das peças plásticas com polímeros termofixos, que são mais fáceis de serem moldados por serem líquidos no início do processo, com a polimerização ocorrendo dentro dos moldes. O preço dos moldes é muito menor, sendo viável para menores quantidades.

Desenvolvimento da Análise Funcional

A partir das pesquisas de mercado obtidas pelo grupo, verificamos que a principal função do produto é "Transmitir dados pluviométricos" e a partir daí, escolhemos por meio do método de desdobramento da função global chegar às diversas funções desempenhadas pelo produto.

Inicialmente, utilizamos a função global e identificamos que as entradas para o sistema serão:

- **Energia** - o pluviógrafo necessitará de energia para realizar suas funções, provavelmente será armazenada em uma bateria por captação da energia solar.
- **Água** - captação da água da chuva para medição do volume e intensidade pluviométricos.
- **Informações do usuário** - haverá parâmetros iniciais ao funcionamento do dispositivo, tais como sua localização e identificação.
- **Sólidos** - Resíduos sólidos indesejados que podem interferir no sistema.

E as saídas, por sua vez, serão água, sólidos, energia e o sinal transmitindo os dados.

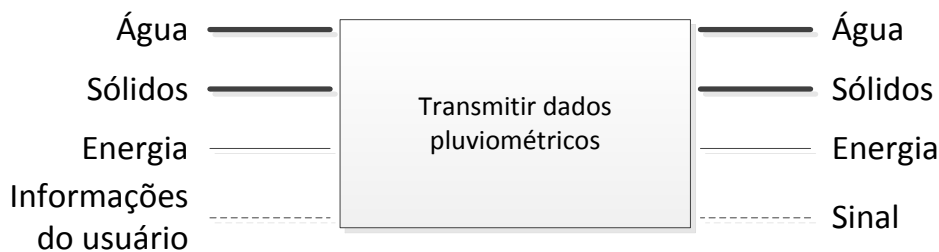


Figura 14 - Função Global

Logo em seguida, somos capazes de gerar um dos processos existentes, e no caso, o mais essencial, que é:

- **Captação** - basicamente, a água da chuva deve entrar no interior do pluviógrafo, por meio da função de captação, e ser direcionada pelo corpo deste ao instrumento físico de medição.
- **Medição** - o líquido direcionado corretamente ao instrumento de medição permitirá que este desempenhe a sua função. O volume e intensidade da chuva, então, serão reconhecidos por meio de um sistema de registro de dados, que deve transformar uma informação física fornecida pelo instrumento utilizado para medição em dados que possam ser transmitidos.
- **Transmissão** - Transmitirá os dados pluviométricos registrados pelo sistema de registro de dados a uma central onde serão mantidos históricos e feitas futuras análises.

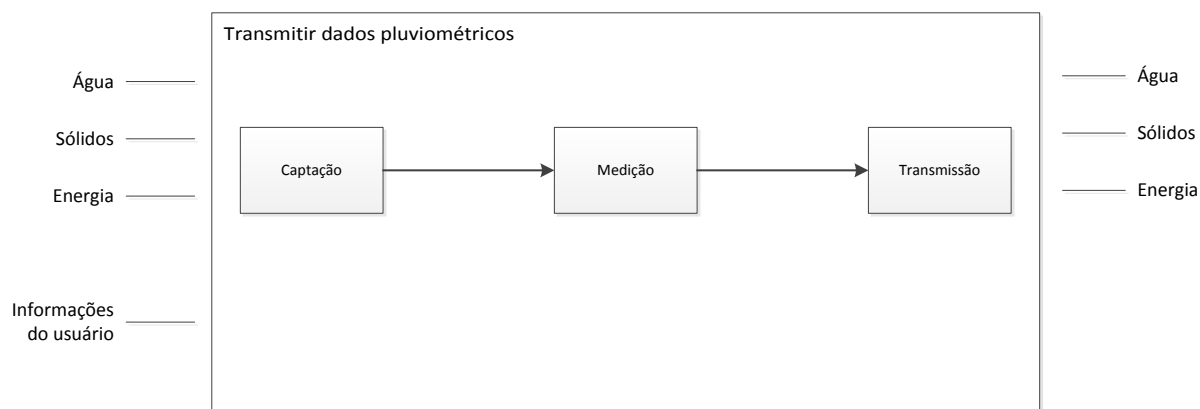


Figura 15 - Primeiro Desdobramento

Em seguida, podemos destrinchar a função de captação em três etapas distintas. A primeira delas é a função de captar em água em si, realizada pelo local de entrada de água no dispositivo, que será uma espécie de funil. A segunda etapa é o filtro, onde os resíduos sólidos ficarão retidos, tais como folhas e sujeira que são transportados pelo ar e podem cair diretamente na entrada de água do dispositivo, onde será necessária, portanto a função de filtragem. A terceira etapa é o direcionamento do escoamento, realizado pelo corpo do pluviômetro, pois é por onde a água irá passar antes de ter seu volume medido.

A função de medição então também pode ser separada em medição de volume e intensidade e registro de dados. A medição será executada por um sistema de balança, que será preenchida pela água que for captada e escorrer pelo corpo do dispositivo. A balança funcionará semelhantemente a uma gangorra e cada vez que tiver um lado cheio com volume determinado de água, irá tombar, despejando a água enquanto o lado oposto passa a ficar mais alto e receber a água que está sendo captada.

O registro da frequência e do número de movimentações da balança será feito por um sistema de captação e registro de dados, que preparará esses dados para serem enviados. Em seguida a transmissão será executada por um sistema de transmissão de dados, que receberá os registros e os enviará para uma central.

Tanto o sistema de captação quanto transmissão terão como entradas informações dos usuários relacionadas à identificação do dispositivo e sua localização, além de parâmetros fundamentais relacionados aos valores medidos tais como a área de captação, e o volume necessário para tombamento da balança, de forma que se possa obter a partir dos movimentos da balança os dados na unidade utilizada para a medição de chuvas (mm/m^2). Os dados de saída serão, portanto, além da identificação do dispositivo e o local em que está localizado, os dados de volume e intensidade pluviométricos medidos.

Enfim, a energia entrará no sistema por um sistema de captação de energia solar e será armazenada em uma bateria para ser utilizada pelo sistema de captação e de transmissão de dados, já considerando que parte da energia será perdida tanto nas etapas de captação quanto armazenamento de energia.

O desdobramento funcional completo pode ser observado na Figura 3 abaixo.

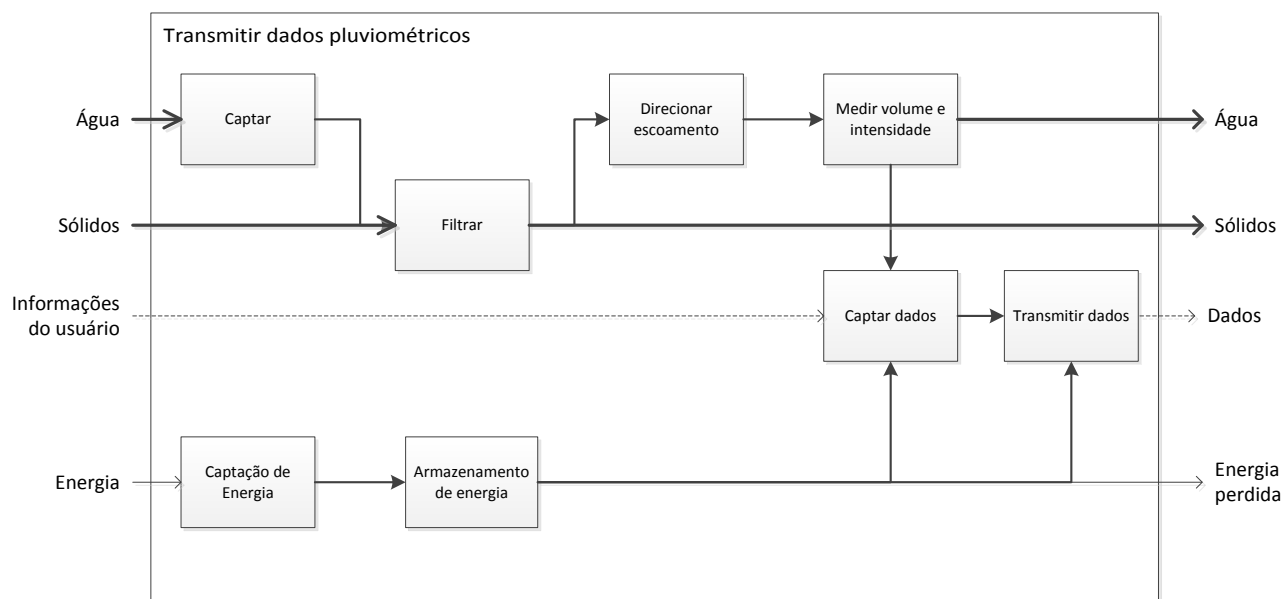


Figura 3 - Desdobramento Funcional Completo

A partir destas informações reunidas, temos agora as funções que o dispositivo deverá realizar e devemos então partir para como essas funções serão realizadas a partir dos desenvolvimentos de soluções possíveis para tal. Entretanto, podemos de maneira preliminar, já agrupar as funções de acordo com a classificação de global, básica ou secundária, e também podemos identificar de maneira inicial que tipo de componente do pluviógrafo será responsável por quais funções. Esta análise segue na tabela 1.

Componentes	Função	Global	Básicas	Secundárias
Captador	Captação da água	X		
Filtro	Filtrar sólidos		X	
Corpo do pluviógrafo	Direcionar escoamento		X	
Sistema de báscula	Medir volume e intensidade		X	
Sistema de captação de dados	Captar e registrar dados		X	
Sistema de transmissão de dados	Transmitir dados		X	
Painel solar	Captar energia			X
Bateria	Armazenar energia		X	

Tabela 2- Classificação das funções

Estudo de Diferenciação

O PRBC tem como função coletar a água da chuva, medir o volume precipitado e transmitir esses dados a um sistema centralizado, ao qual o cliente terá acesso mediante a aquisição de uma licença de uso. Assim, além de consultar os dados coletados localmente, o usuário poderá monitorar uma região maior, seja pela instalação própria de mais de um pluviógrafo, seja pelo acesso às informações fornecidas por outros pluviógrafos conectados à rede.

Os atuais produtos, devido ao longuíssimo ciclo de vida do produto, acabam por ter um alto custo aos seus usuários. Além disso, não há a oferta de soluções nos moldes de serviço, e o usuário acaba tendo que adquirir diversos produtos (medidor, transmissor, base de dados, etc.) o que lhe custa dinheiro e principalmente dinheiro, já que o usuário não ficará concentrado na sua atividade fim que é tomar decisões a partir dos dados gerados pelo sistema.

Além disso, este tipo de equipamento é normalmente utilizado por órgãos públicos, o que acaba exigindo o processo de licitação individual para cada um dos componentes que o usuário se propõe a montar. Um sistema único seria vantajoso inclusive neste momento, no qual o usuário contrataria um serviço e não diversos produtos.

Por fim, um sistema não concebido como tal (e sim “improvisado da união de vários recursos”), necessita de muita mão-de-obra envolvida em todas as etapas até que o dado da ponta se transforme em informação para o usuário final. O PRBC é um sistema desenvolvido e concebido como tal. Assim sendo, ele poupa muitos recursos além dos financeiros. Este ponto é prioritário em pequenos municípios nos quais, além da limitação de verba, a máquina pública não conta com um grande corpo técnico e administrativo, como é o caso dos grandes centros como São Paulo.

Por fim, o Sistema PRBC apresenta o seu principal diferencial que é uma quebra e paradigma na área de pluviometria: A escalabilidade. Devido aos altos custos e dificuldade de tratamento de dados, nunca foi uma demanda criar uma malha de captação. Hoje em dia, não é possível fazer verificações isoladas em pontuais em áreas como encostas, pois os equipamentos de medição estão extrapolados para a área de bairros e subprefeituras.

Com o advento do PRBC, será possível a medição pontual no pé e no cume de encostas (por exemplo), devido ao seu baixo custo e capacidade de assimilação dos dados. No fim, ao invés de medições pontuais, haverá uma superfície de precipitação com possibilidade de tratamento estatístico de correlação e será possível o tratamento preventivo ao invés do corretivo.

Portanto, os diferenciais desse produto são, além do sistema de transmissão e consolidação de dados, a redução na necessidade de manutenção especializada e uma precisão superior àquela atualmente encontrada no mercado, sem perder de vista o preço competitivo.

Elaboração da Escala Vertical e Determinação do Valor Mercadológico

Questionário enviado aos parceiros

Boa tarde Sr. _____






Somos alunos do curso de Engenharia de Produção da Escola Politécnica da USP e estamos realizando um trabalho de desenvolvimento para um Pluviógrafo Remoto de Baixo Custo (PRBC), a ser produzido e comercializado com o objetivo principal de servir à prevenção de tragédias decorrentes do grande volume de chuva.





O PRBC tem como função coletar a água da chuva, medir o volume precipitado e transmitir esses dados a um sistema centralizado, ao qual o cliente terá acesso mediante a aquisição de uma licença de uso. Assim, além de consultar os dados coletados localmente, o usuário poderá monitorar uma região maior, seja pela instalação própria de mais de um pluviógrafo, seja pelo acesso às informações fornecidas por outros pluviógrafos conectados à rede.

Os diferenciais desse produto são, além do sistema de transmissão e consolidação de dados, a redução na necessidade de manutenção especializada e uma precisão superior àquela atualmente encontrada no mercado, sem perder de vista o preço competitivo.

Sendo assim, contamos com sua colaboração na identificação do preço que o mercado está disposto a pagar pelo produto que estamos desenvolvendo. Essa etapa é de extrema importância para garantir que se chegue à sustentabilidade econômica do produto – ou seja, para que se tenha a certeza de que os custos incorridos na produção poderão ser cobertos com as vendas, ou ainda para que se realizem as mudanças necessárias no planejamento.

A pergunta que lhe fazemos é a seguinte:

TENDO EM VISTA OS SEGUINTE PRODUTOS (SIMILARES AO PRBC EM MATÉRIA DE FUNÇÃO REALIZADA), ENTRE QUAIS ITENS DA LISTA O SENHOR COLOCARIA O PRBC, EM RELAÇÃO AO SEU PREÇO?				
Item	Imagem	Nome	Preço (R\$)	Marcação
1		Garrafa PET	5	
2		Incoterm 4760 – uso doméstico (231)	230	
3		Pluviógrafo Standard (832)	800	
4		Ville de Paris	1200	
5		Cunha	1400	

6		Hellmann Fuess	7000	
7		Pluviômetro de Caçamba com fio	11000	
8		Estação meteorológica remota (Referência: Davis)	20000	
9		Estação meteorológica de superfície	65000	

Desde já agradecemos imensamente sua colaboração nessa etapa de nosso trabalho, e ficamos à disposição para esclarecer qualquer dúvida ou receber todo tipo de crítica ou sugestão. Atenciosamente, *Equipe DECA de desenvolvimento de produtos e processos.*

Análise das respostas coletadas

Enviamos os questionários aos nossos contatos em cada uma das instituições parceiras, pedindo para que eles enviassem a colegas de trabalho e pessoas em seu círculo profissional capazes de realizar uma avaliação consistente.

Obtivemos 21 respostas com uma alta concentração de resultados. Devido à grande experiência e uniformidade de conhecimento técnico dos parceiros, não ponderamos os resultados entre si. Porém, recebemos observações de que não há condições de comparar o sistema como um todo e apenas o equipamento físico, já que um serviço deste tipo é uma inovação e não há referências para colocação de mercado.

Entre 6 e 7 = 2

Entre 7 e 8 = 18

Como segunda fonte de dados, utilizamos dados internos de licitações realizadas por dois de nossos parceiros para aquisição dos diversos materiais que formam hoje o mais próximo do que seria um sistema como o do PRBC e que é utilizado pelo governo do estado de São Paulo. Os órgãos fornecedores de dados pediram para que não fossem citados como fonte destas informações

Com isso, estimamos o valor de mercado (e não custos) dos materiais (excetuando sistema de informação e mão de obra indireta) em R\$ 14.551,00. Este valor alto ressalta que a margem de lucro sobre o produto (que é de baixo custo) é muito alta e há potencial para um alto lucro ou, no caso deste empreendimento de redução deste valor para maior acesso por parte do mercado.

Estudo Aproveitamento Técnico

Captação de água

A captação da água será feita com um simples funil, mas com borda afiada, formando um ângulo de 45 graus, para ter uma área de captação mais exata e, assim, maior qualidade nos dados obtidos. De acordo com as normas pesquisadas, o diâmetro do funil de captação será de 18 cm. O funil será feito a partir de injeção de plástico por uma empresa terceirizada. Detalhes sobre as dimensões do funil, a empresa e os custos são dados no tópico de montagem.

Filtro da água

Para esta etapa do produto foi decidido que trabalharemos com um modelo semelhante a um ralo japonês. Um ralo japonês de pia custa por volta de R\$ 5,00, mas ele não apresenta as dimensões ou as bordas que desejamos para o nosso produto. Devido ao alto custo, foi decidido que fabricaremos nosso próprio filtro a partir de tecido de talagarça, que é muito mais barato, com eventuais trocas periódicas. Assim como o funil descrito acima, detalhes sobre dimensões e custos do filtro serão dados no tópico de montagem.

Corpo do pluviômetro

O pluviômetro estará sujeito a desgaste proveniente das condições ambientais, e por isso ele deve ser formado por um plástico resistente fisicamente e quimicamente, e por este motivo foi escolhido o plástico PVC (detalhes sobre o plástico são dados no tópico sobre materiais neste relatório).

O corpo do pluviômetro deverá estar fixado em um lugar alto e possuir coloração neutra, a fim de não chamar a atenção. A fixação em lugares altos, além de ser benéfica para a captação de água, dificulta possíveis atividades de vandalismo. O problema da altura foi resolvido com a fabricação de um suporte específico, de 1,8m de altura, para o pluviômetro.

Sistema de báscula do pluviômetro

Não existem no mercado muitas empresas que vendam um sistema de básculas para pluviômetros (por esta ser a parte mais complexa do pluviômetro, as empresas que conseguem montar um bom sistema de básculas preferem vender o produto pronto a apenas o sistema de funcionamento). Foi decidido, assim, que será contratada uma empresa terceirizada que criará, por meio de injeção de plástico, uma báscula específica para o nosso pluviômetro, com dimensões e material especificados. Nos desenhos técnicos é possível verificar todas as dimensões da mesma, e no tópico de fabricação o material está definido.

Sistema de captação de dados

A captação de dados se dará a partir da contagem de movimentos da báscula. Isso será medido por um sensor, que nós compraremos já prontos (terceirizado), uma vez que, após análise, esta era a opção mais economicamente viável. Detalhes sobre o sensor, seu custo, fornecedor e dimensões estão definidos no decorrer deste relatório.

Sistema de transmissão de dados

Nosso produto terá a opção de transmitir dados por 5 sistemas diferentes, a serem definidos a partir do cliente e da viabilidade da área de atuação. Esses sistemas são: transmissão via satélite, transmissão GSM, transmissão por WiFi, transmissão por Zigbee e transmissão por VHF.

GSM

Antenas GSM, normalmente, devem ser relativamente pequenas, e precisam ter um ganho de 8dBi. Para uma antena funcionar como GSM, ela deve ser capaz de receber as bandas GSM normais e estendidas, de 880 a 960 MHz.

Antenas GSM podem ser helicoidais ou direcionais, As antenas helicoidais recebem informações de várias direções, enquanto que as direcionais recebem informação de apenas de uma pequena área, mas por isso apresentam maior qualidade de transmissão.

Existem 3 tipos de antenas GSM. Entre elas:

- **Antenas monopólo:** São antenas formadas por uma pequena peça metálica posicionada sobre uma base plana de metal ou sobre uma série de fios provenientes da peça. Esta antena é omnidirecional.
- **Yagi-UDA:** Esta antena é formada por um elemento dipolo, prato refletor e um ou mais elementos diretores. É uma antena complexa e, normalmente, mais cara.
- **Multibanda:** Esta antena, como o próprio nome já diz, é usada quando se precisam receber muitos sinais diferentes de GSM. Ela trabalha com frequências de mensagens de 800 e 1900 MHz, normalmente. Existem diferentes tipos de antenas multibandas, como as duo-banda (recebe 2 faixas e sinal) e tri-banda (3 faixas).

A seguir será apresentada uma tabela com os preços de antenas.

Nome do produto	Empresa	Preço (R\$)	Ganho (dBi)	Frequência (MHz)
Kit Antena Rural 900 MHz 14dbi GSM 3g Inclina Até 15 Graus	EldTec	129,90	14	900
Antena Celular 3G GSM	Empório k	159,90	22	1800, 1900, 2100
Lançamento, Kit Completo Repetidor 850mhz GSM/3G LCD	Empório k	699,00	50	850
Antena GSM	R Solutions	34,99	7	800, 900, 1800, 1900
Kit Antena Celular Rural GSM Quadriband	PRO Electronic	189,00	15	800, 900, 1800, 1900

Tabela 3 - Custo GSM

Satélite

Comunicação via satélite é caracterizada pelo envio de micro-ondas do transmissor ao satélite e do satélite a outro equipamento terrestre. Para o satélite ser geoestacionário – isto é, para ele sempre estar sobre o mesmo ponto da terra – ele deve estar a aproximadamente 36.000km da superfície terrestre. Na tabela a seguir, são apresentadas algumas opções de comunicação via satélite de empresas que cobrem o Brasil:

Empresa	Tamanho da transmissão	Custo de transmissão	Custo mensal, 1 mensagem/dia (U\$)	Custo mensal, 1 mensagem/hora (U\$)
Iridium SBD	<340 bytes	13/mês + 0,0015/byte	14,24 (30 bytes)	31,48 (30 bytes + tarifa)
Isat M2M	25 bytes	0,06 por 10 bytes ou 0,12 por 25 bytes	5	89,28 (25 bytes)
Argos	32 bytes	21/mês + 3,5/6 horas	124	437
Orbcomm	<200 bytes	60/mês	60	60
Globalstar simplex	<36 bytes	30/mês por 100 mensagens de 9 bytes	30 (9 bytes)	165 (36 bytes + tarifa)

Tabela 4 - Custo Satélite

Wifi

O WiFi é classificado como um meio de transmissão de dados que opera em faixas de frequências específicas. Frequências não necessitam de autorizações especiais para serem usadas (são de graça para os usuários), e por isso o Wifi é tão usado no mundo, mas os

aparelhos que permitem a navegação na internet normalmente necessitam ser avaliados e ganhar um certificado de homologação, a fim de que sejam usados de maneira lícita.

Esta opção de transmissão será, a seguir, avaliada a partir dos custos de módulos de Wifi existentes no mercado, disponíveis na tabela a seguir:

Nome do produto	Empresa	Preço
Módulo Xbee Wifi	Xbee	(R\$) 190,00
WiFi PROTO	MikroEletronika	(U\$) 54,00
CC3000	Texas	(U\$) 12,50
Módulo WiFi	Eletric IMP	(U\$) 25,00

Tabela 5 - Custo Wifi

Zigbee

Zigbee representa um conjunto de especificações que permitem a comunicação wireless entre componentes eletrônicos. Este método é voltado a ambientes que exijam baixa potência de operação, e que não precisem de alta taxa de implantação de dados. Além disso, este método normalmente apresenta custos menores no que concerne a sua implantação.

Nome do produto	Empresa	Preço (R\$)
Módulo Digi Xbee ZB	Xbee	96,00
junde módulo Zigbee	Junde Technology	(U\$) 20,00
Módulo Zigbee	Ubee Wipe	69,00
XB24-Z7WIT-004	Maxstream	115,00
Placa Zigbee	Cerne	249,00

Tabela 6 - Custo Zigbee

VHF

VHF significam frequências muito altas (very high frequencies). Normalmente usada em rádios e televisões, esta forma de transmissão de dados pode ser usada para grandes distâncias, uma vez que não sofre muito com interferências da ionosfera, e desta forma os dados são transmitidos com maior segurança. Na tabela a seguir, é possível ver os custos de alguns módulos VHF disponíveis hoje no mercado.

Nome do produto	Empresa	Preço (R\$)
Antena Diamante Capte	Capte	199,00
Antena VHF	Náutica Confiança	270,00
Antena Digital Externa	Aquário	59,89
KYL-600M	KYL	193,66

Tabela 7 - Custo VHF

Captação de energia

Trabalharemos com sistema de captação de energia solar, com a ajuda de placas solares. Este sistema foi escolhido devido ao fato de ser autossustentável (não necessita que o usuário troque regularmente a bateria, por exemplo) e, conseqüentemente, diminui a necessidade de mexer no aparelho diretamente, o que pode aumentar a vida útil do mesmo. O preço de uma placa solar fotovoltaica de 2,4 Watts é na faixa de R\$ 30,00, enquanto que uma placa de 20 Watts é na faixa de R\$ 180,00. A escolha do painel poderá variar, dependendo do tipo de transmissão que se deseje fazer.

Armazenamento de energia

O armazenamento dessa energia será feito por baterias. O armazenamento é necessário para garantir o funcionamento à noite ou em dias muito nublados, quando não há luz suficiente.

Análise de Adequação do Processo para Manufatura e Montagem

Design for Manufacture and Assembly (DFMA)

O DFMA promove um procedimento sistemático para analisar um design proposto do ponto de vista da manufatura e da montagem. Esse procedimento resulta em produtos mais simples e mais realizáveis, que são menos custosos para montagem e manufatura. Além disso, a redução do número de peças produz um efeito bola de neve nos custos diminuindo estoque, muitos fornecedores etc.

Ao longo de todo o desenvolvimento do produto, o grupo sempre teve em mente buscar a maior facilidade possível de fabricação, dado que este é um parâmetro determinante na estrutura de custos do produto e, portanto na sua viabilidade mercadológica. Ainda assim, o grupo lançou mão da técnica do DFMA, que busca, a partir de um conjunto de princípios, tornar mais eficiente o processo global de fabricação de uma maneira estruturada e consistente. Os princípios considerados, bem como o resultado de sua observação, estão listados abaixo.

Simplificar, integrar e reduzir o número de peças.

Projetar produtos modulares

Pensando na facilidade de fabricação o projeto da base é desenvolvido em dois módulos: o superior e o inferior. Tal divisão auxilia na fabricação, pois os módulos podem ser tratados de maneira diferente e, além disso, torna possível a utilização dos módulos para projetos futuros. Além disso, facilita a manutenção e também a troca dos módulos eletrônicos em caso de manutenção ou decisão de troca de modo de transmissão, bem como a troca do funil (elemento mais exposto e sujeito a danos mecânicos).

Projetar para um número mínimo de peças

Nessa análise, busca-se transformar em peças únicas aqueles componentes que não possuem movimento relativo entre si e que não precisam ser de materiais diferentes. Assim, esse procedimento se deu pela troca da forma de fixação entre as diferentes carcaças, que seriam realizadas por parafusos ou solda e que agora, realizar-se-ão através de roscas. Diminuindo o número de componentes.

Projetar peças para usos múltiplos

Pensando nessa regra de projeto, transformamos elementos estruturais em elementos de suporte e apoio aos elementos funcionais.

Projetar as peças para fácil fabricação

Buscando-se facilitar a fabricação opta-se por uma geometria mais fácil de ser usinada. Analisando esse conceito, define-se, como demonstrado na arquitetura, um produto de forma cilíndrica, que além de não deixar cantos vivos, fato que facilita a limpeza, é simples de ser usinado em tornos.

Promover a montagem com “uma só mão”

Esse princípio pode ser considerado para a montagem das macro-partes do PRBC, ou seja, para a junção das peças maiores. Entretanto, para a montagem de componentes menores, esse princípio dificilmente poderá ser cumprido de maneira completa, uma vez que há processos de precisão como a montagem dos circuitos e a balança.

Evitar a utilização de ferramentas

A utilização do sistema de rosca para a fixação diminuiu a necessidade da utilização de parafusos para a fixação. Dessa forma há uma diminuição significativa do número de ferramentas. Além disso, a construção em uma geometria única, cilíndrica, faz com que apenas uma ferramenta, torno, seja utilizada na fabricação macro do produto.

Projetar para montagem de baixo para cima

A montagem da base é feita respeitando o princípio da montagem de baixo para cima, evitando assim que o operador tenha dificuldades em acessar um ponto específico durante a montagem, havendo a parte inferior e parte superior que serão fechadas ao fim com o princípio de rosca.

Comparação do número de peças ao longo da evolução do projeto

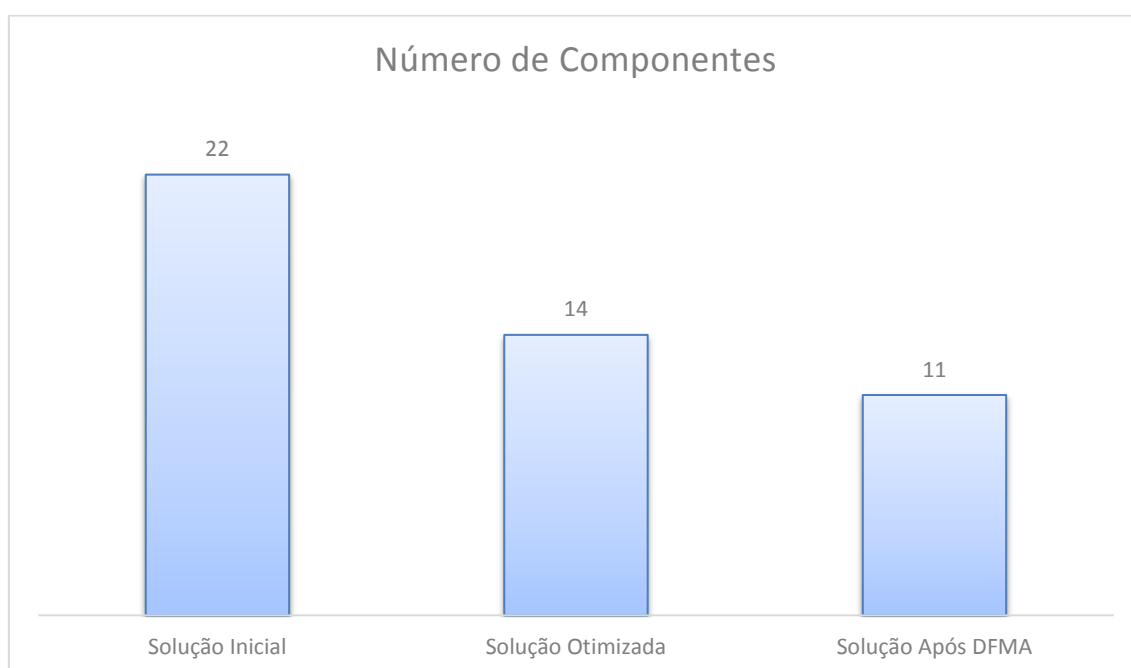


Figura 16 - Peças do longo do DFMA

A partir dessa análise, é possível montar a tabela abaixo de melhorias propostas pelo DFMA.

Situação Anterior	Aplicação do DFMA	Benefícios
Eixo transversal para movimento rotacional da báscula	Eixo encaixado por snaps	Reduo do tempo de montagem, de uso de ferramentas e de número de peças
Sistema de encaixe da macro-peça superior com a macro-peça inferior através de solda e parafusos	Sistema de encaixe da macro-peça superior com a macro-peça inferior por rosca	Reduo do tempo de montagem, de uso de ferramentas e de número de peças
Calos calibráveis da báscula de parafusos	Modelagem da peça de forma que no haja necessidade de calibragem	Reduo do tempo de montagem, de uso de ferramentas e de número de peças

Tabela 8 - Descrio do DFMA

Apresentação do projeto detalhado

No projeto detalhado, analisou-se a forma geométrica do produto, fez-se a seleção dos materiais e execução do desenho de conjunto. Nessa etapa é necessário executar alterações no desenho de conjunto, fazer a reavaliação ergonômica, detalhar o produto e planejar os processos de fabricação, montagem e embalagem.

Por razões didáticas e pela natureza do produto propiciar, a abordagem será feita em duas etapas. Primeiro será detalhada a parte mecânica do produto e em seguida a parte eletrônica. Por fim, apresentamos o FMEA do produto que foi feito de forma integrada entre estes dois grandes blocos funcionais.

Esta fase foi feita em paralelo com o desenvolvimento do protótipo, o que colaborou para a adequação e evolução do produto proposto nesta fase final, bem como o alinhamento entre os dois blocos funcionais.

Mecânica

Materiais

Polipropileno

Este plástico é um termoplástico, o que significa que ele pode ser moldado usando apenas aquecimento. Levando em consideração que nosso pluviômetro não estará sujeito a altas temperaturas na sua condição normal de uso, não há grandes riscos das peças usadas com este material sofrerem deformação.

O polipropileno possui fórmula molecular $(C_3H_6)_x$ e pode ser identificado em materiais através do símbolo triangular de reciclável, com um número "5" por dentro e as letras "PP" por baixo, como mostra a imagem a seguir:



Figura 17 - Símbolo internacional do plástico Polipropileno

Algumas das principais propriedades do material, retiradas da fonte <http://reciclabrasil.net/pp.html>, são:

- Baixo custo;
- Elevada resistência química e a solventes;
- Fácil moldagem;
- Fácil coloração;
- Alta resistência à fratura por flexão ou fadiga;
- Boa resistência ao impacto acima de 15 °C;
- Boa estabilidade térmica;
- Maior sensibilidade à luz UV e agentes de oxidação, sofrendo degradação com maior facilidade.

Devido a sua maior sensibilidade à luz UV, este plástico não é recomendado para as peças que serão expostas diretamente à luz solar. Sua densidade é 0,946 g/cm³.

PVC

O PVC, ou policloreto de polivinila, é um dos plásticos mais usados do mundo devido ao seu preço, seu peso (leve) e sua resistência mecânica e química. Ele é um plástico não 100% derivado do petróleo, e sua decomposição térmica só acontece com temperaturas acima de 180 graus Celsius.

- Leve (1,4 g/cm³), o que facilita seu manuseio e aplicação;
- Resistente à ação de fungos, bactérias, insetos e roedores;
- Resistente à maioria dos reagentes químicos;
- Bom isolante térmico, elétrico e acústico;
- Sólido e resistente a choques;
- Impermeável a gases e líquidos;
- Resistente às intempéries (sol, chuva, vento e maresia);
- Durável: sua vida útil em construções é superior a 50 anos;
- Não propaga chamas: é auto extingüível
- Versátil e ambientalmente correto;

- Reciclável e reciclado;
- Fabricado com baixo consumo de energia.

Dadas essas propriedades, o PVC é o material ideal para as peças externas, já que estas sofrerão desgaste constante com sol, chuva e agentes biológicos. Sua densidade é 1,38–1,40 g/cm³.

ABS

Este plástico, cuja sigla significa “acrilonitrila butadieno estireno”, é um plástico composto pelos materiais que formam seu nome. Ele também é um termoplástico rígido e leve, e sua deformação é feita a temperaturas acima de 100 graus Celsius. Este plástico possui como característica baixa absorção de água, e por isso ele apresenta elevada estabilidade dimensional.

Este plástico caracteriza-se pela sua resistência e dureza, e é relativamente mais caro que outros plásticos como o PVC. Ele é recomendado para peças da balança.

- Algumas de suas principais características são:
- Boa resistência mecânica
- Boa resistência ao impacto
- Boa resistência à tração
- Alta dureza

Devido ao fato desta resina plástica ser formada por outros plásticos em proporções não fixas, suas características mecânicas e químicas apresentam variação. Sua densidade é 1,01 - 1,05 g/cm³.

Análise dimensional das peças empregadas

A partir dos desenhos das peças, foi calculado o volume de cada uma. Usando a densidade do material escolhido, o peso líquido e bruto foi então calculado.

Funil de captação

A peça 1 possui aproximadamente $36151,87 \text{ mm}^3$, ou $36,15 \text{ cm}^3$. Esta peça ficará exposta diretamente, recebendo desgaste de chuva, sol e outras condições ambientais. Por este motivo, é necessário que um plástico resistente seja escolhido para esta peça. Assim, foi escolhido o plástico PVC, cujas características de resistência química, física e térmica, além do baixo custo, se mostraram benéficas para esta peça.

Levando em consideração que a densidade do PVC é, em média, $1,38\text{--}1,40 \text{ g/cm}^3$, esta peça terá peso de 50g.

A empresa escolhida para a fabricação da peça será a *Itaindustrial*, que é especializada em injeção de peças em PVC.

Corpo

A segunda peça é, essencialmente, um cilindro totalmente aberto de um lado e furado do outro com um segundo cilindro de diâmetro menor no seu interior, e algumas áreas retangulares extrudadas.

Ele será fabricado por injeção pela empresa *Itaindustrial*, assim como o funil de captação. A peça possui volume aproximadamente 210 cm^3 . Usa-se para esta peça também o plástico PVC, o que lhe dá um peso bruto aproximado de 270g. O peso líquido será um pouco diferente, visto que torneamento será necessário para garantir a área rosqueável.

As dimensões do corpo estão mostradas no desenho técnico.

Báscula

A fabricação da báscula será terceirizada pela mesma empresa, e terá volume total de $2719,635 \text{ mm}^3$, ou $2,72 \text{ cm}^3$. O material dela será polipropileno, uma vez que este plástico é leve e não apresenta alta absorção de água. Assim, seu peso será de 3g.

Suporte geral

O suporte geral consistirá num cilindro que será encaixado no corpo, por meio de um sistema rosqueável. O cilindro será comprado da empresa Newnoom, e terá altura de 1,8m e diâmetro de 18 cm. Como ele é de PVC, seu peso será de, aproximadamente, 3,9 kg.

Suporte do painel solar

Os suportes de painel solar terão formato de “U” e dimensões mostradas no desenho técnico. Devido ao formato cilíndrico do corpo externo, os suportes serão pregados no mesmo, e formarão um ângulo de 30 graus entre eles. Eles serão feitos na própria fábrica, a partir de uma chapa de polipropileno. O peso estimado de cada par de suportes é de 54g (volume de 57 cm^3), e o material escolhido é o polipropileno, devido a sua leveza. Ele será revestido com resina, a fim de proteger mais estas peças.

Desenhos de execução

A seguir, alguns desenhos técnicos, com as respectivas medidas das parte, serão apresentados.

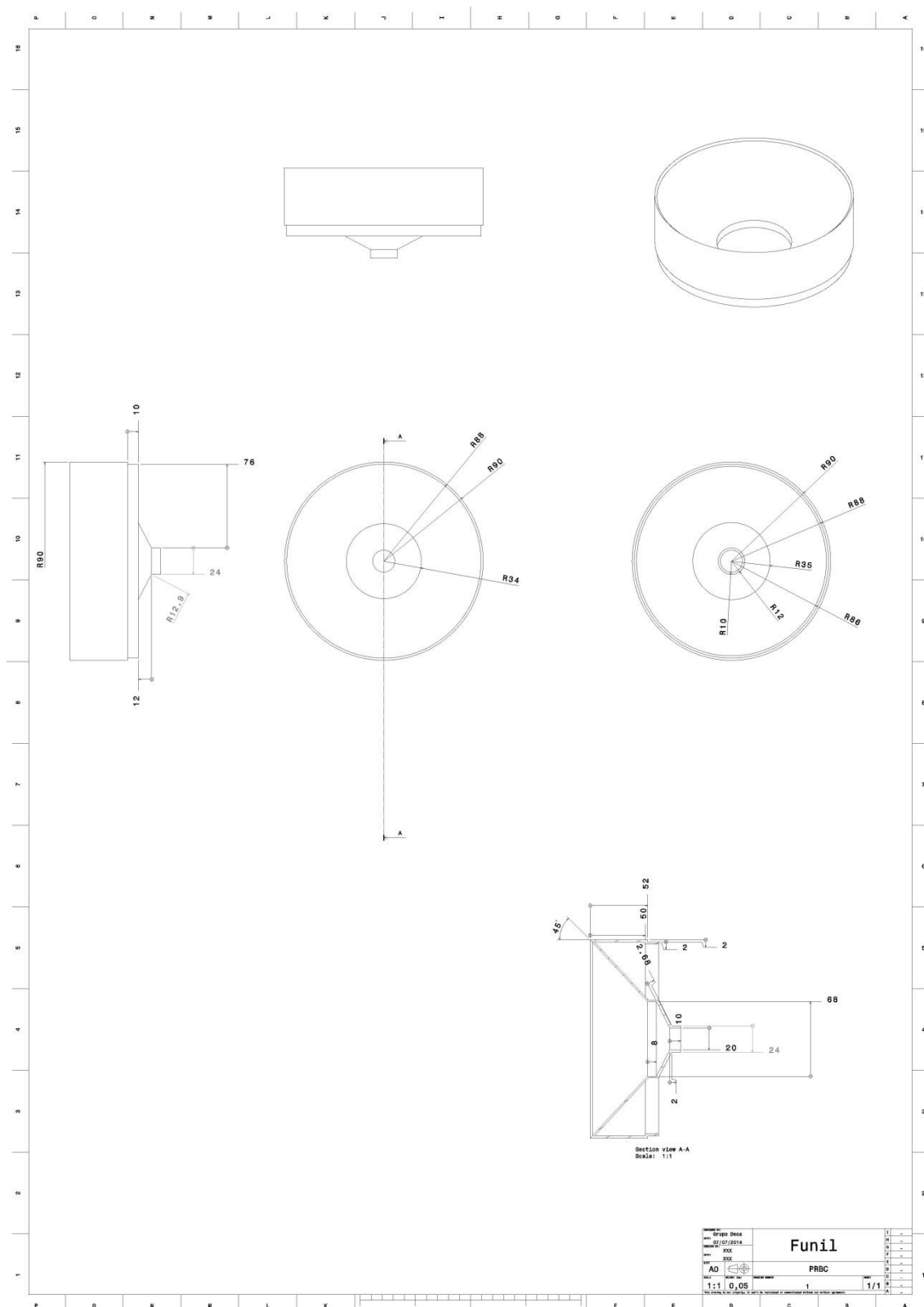


Figura 18-Funil

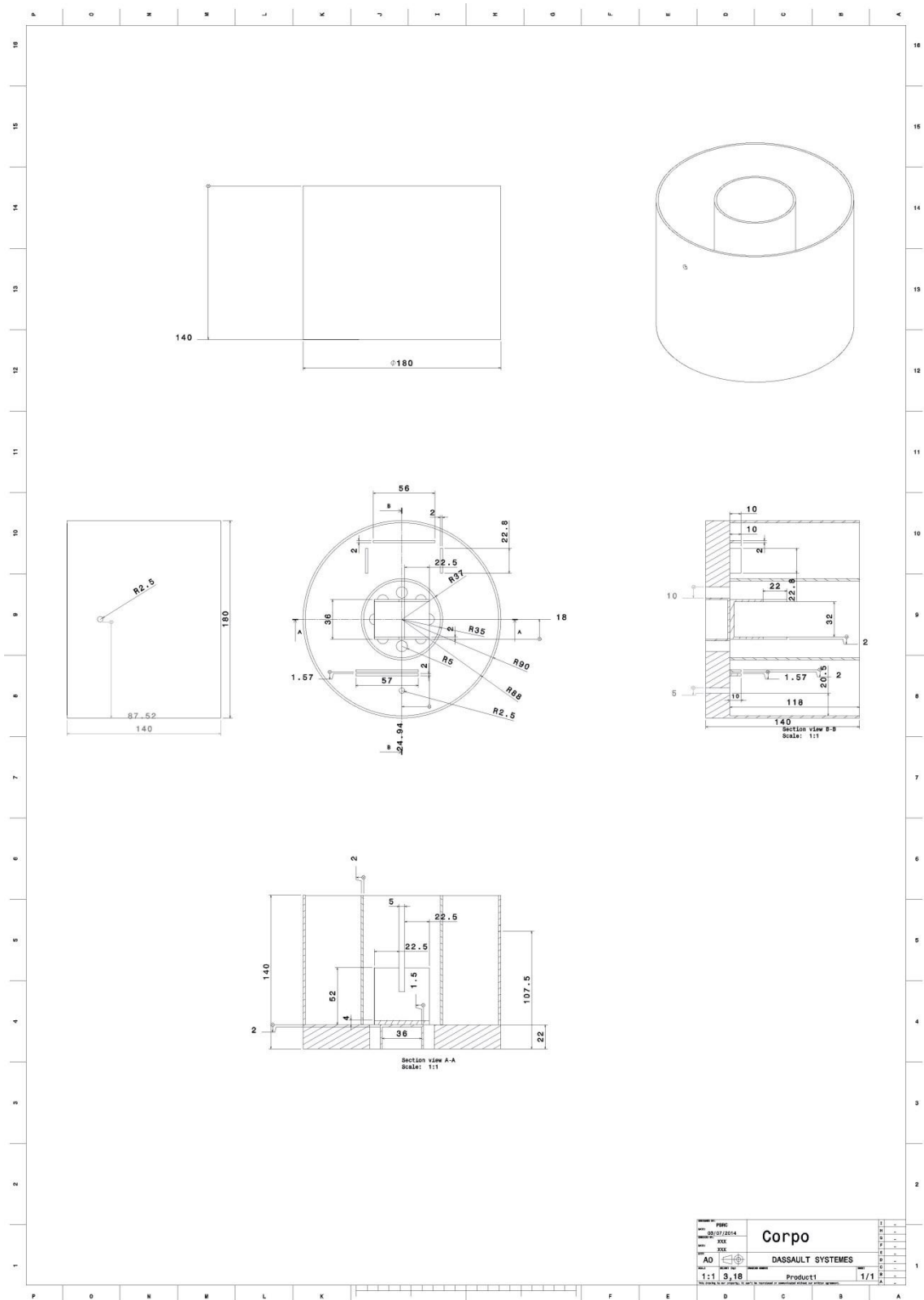


Figura 19 – Corpo

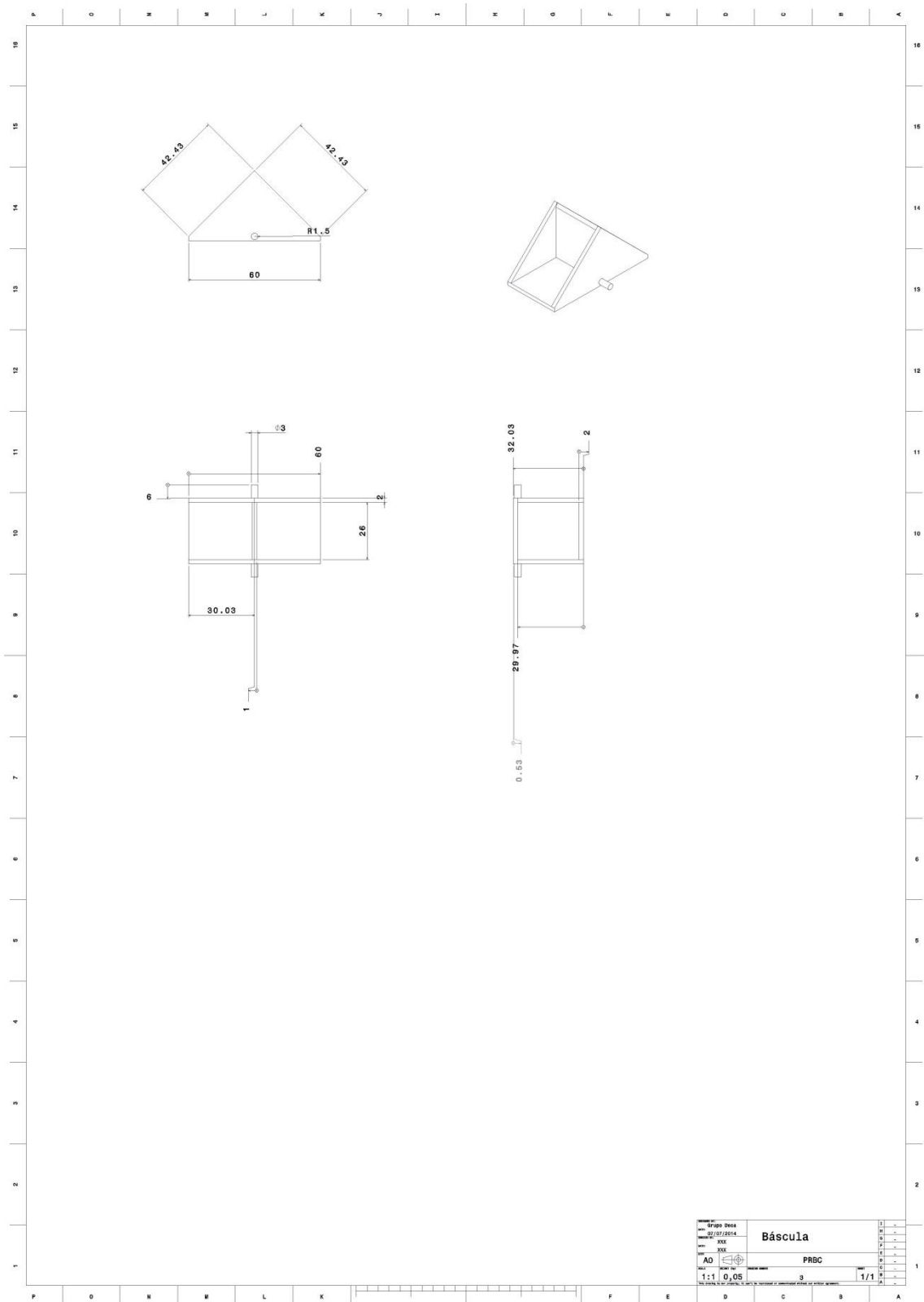


Figura 20 - Báscula

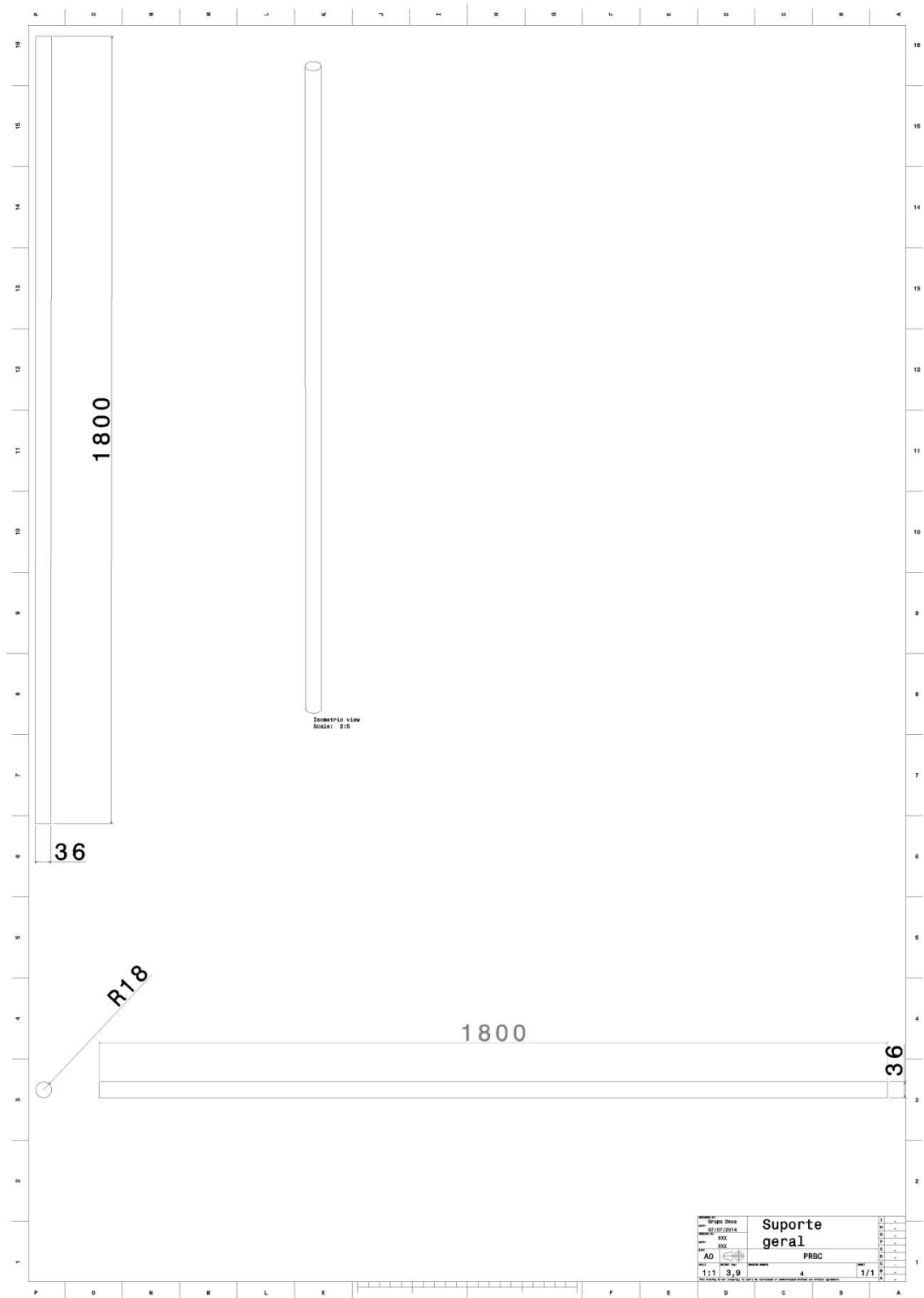


Figura 21 - Suporte geral

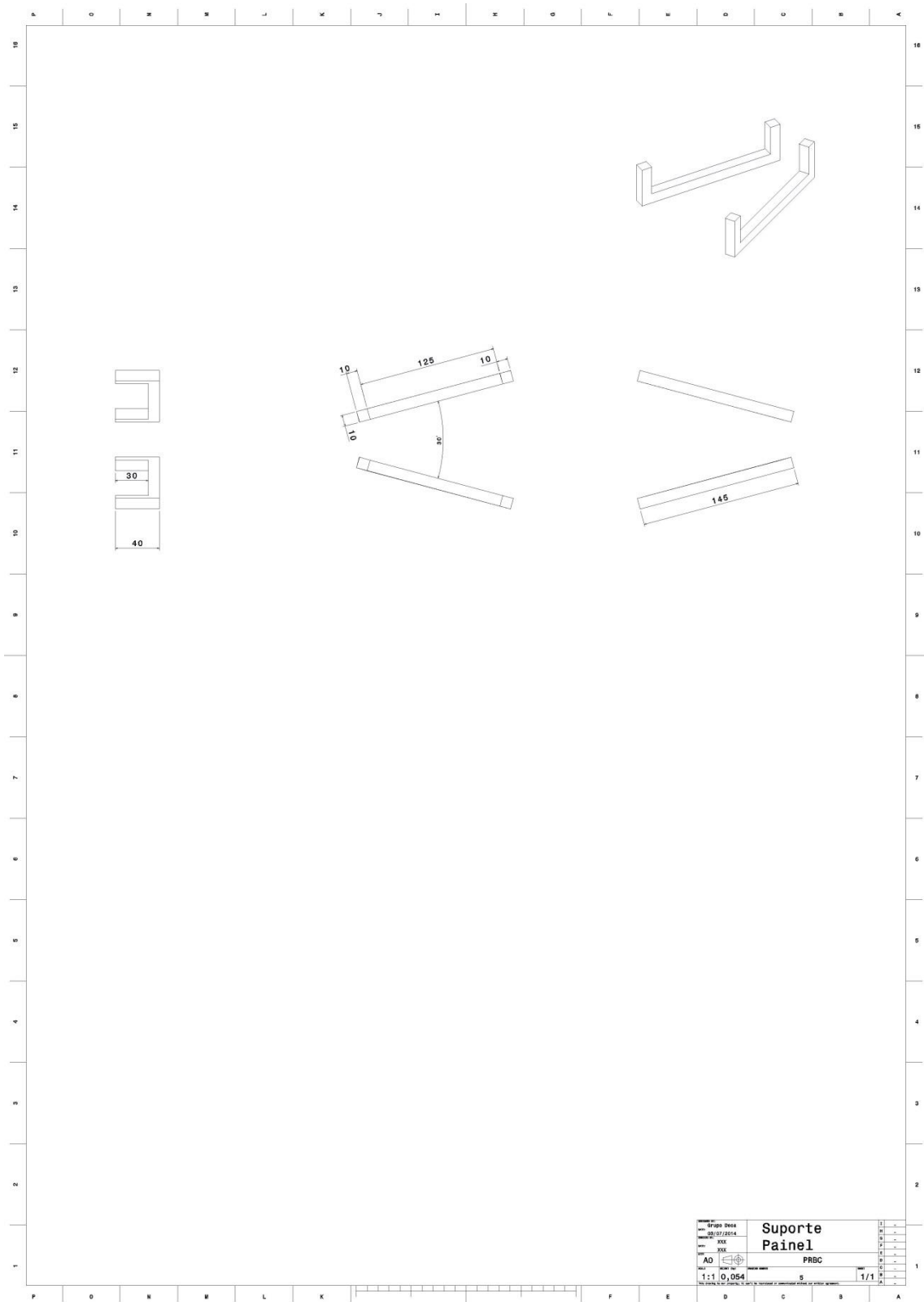


Figura 22 - suporte painel solar

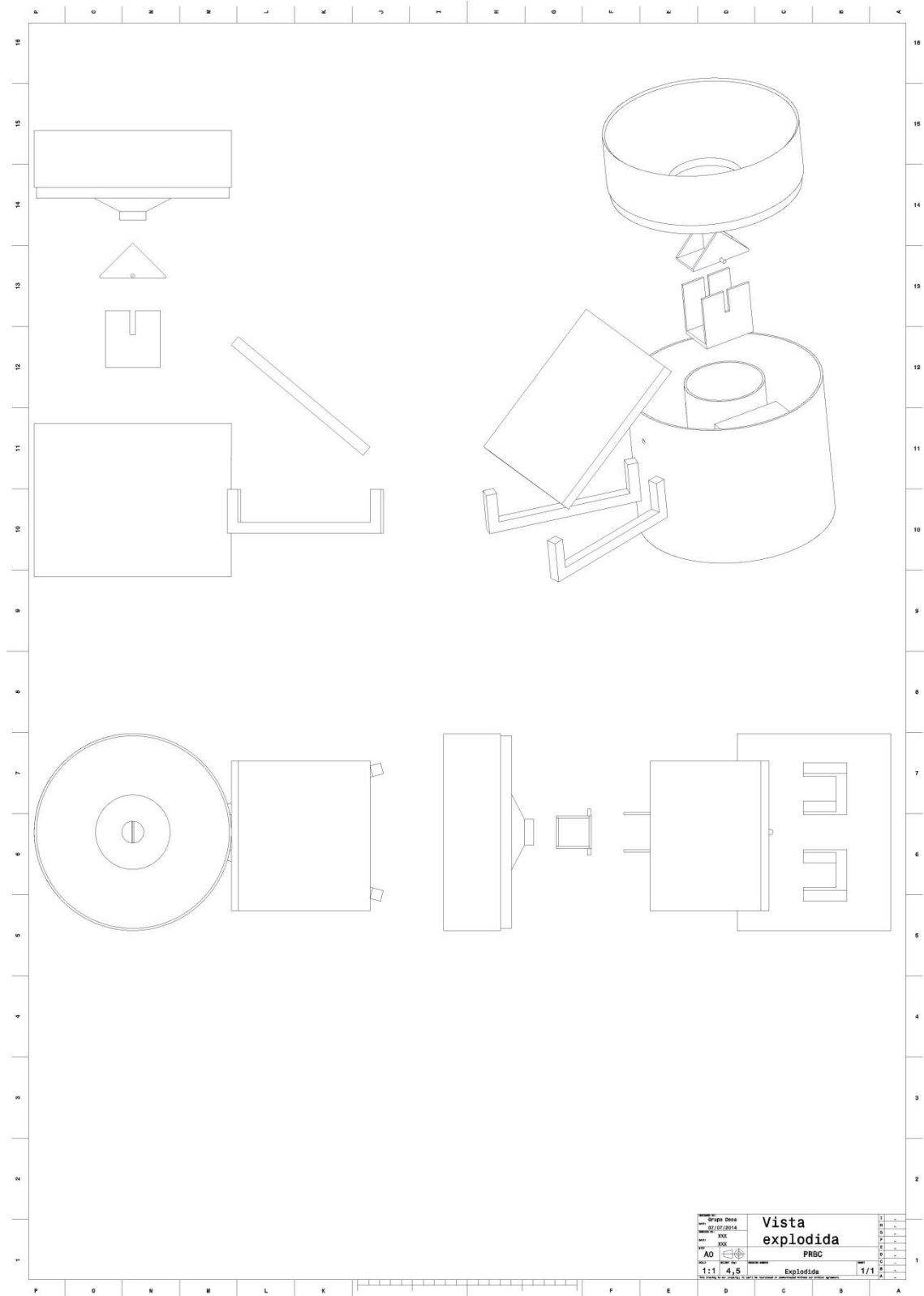


Figura 23 - Corpo - Vista explodida

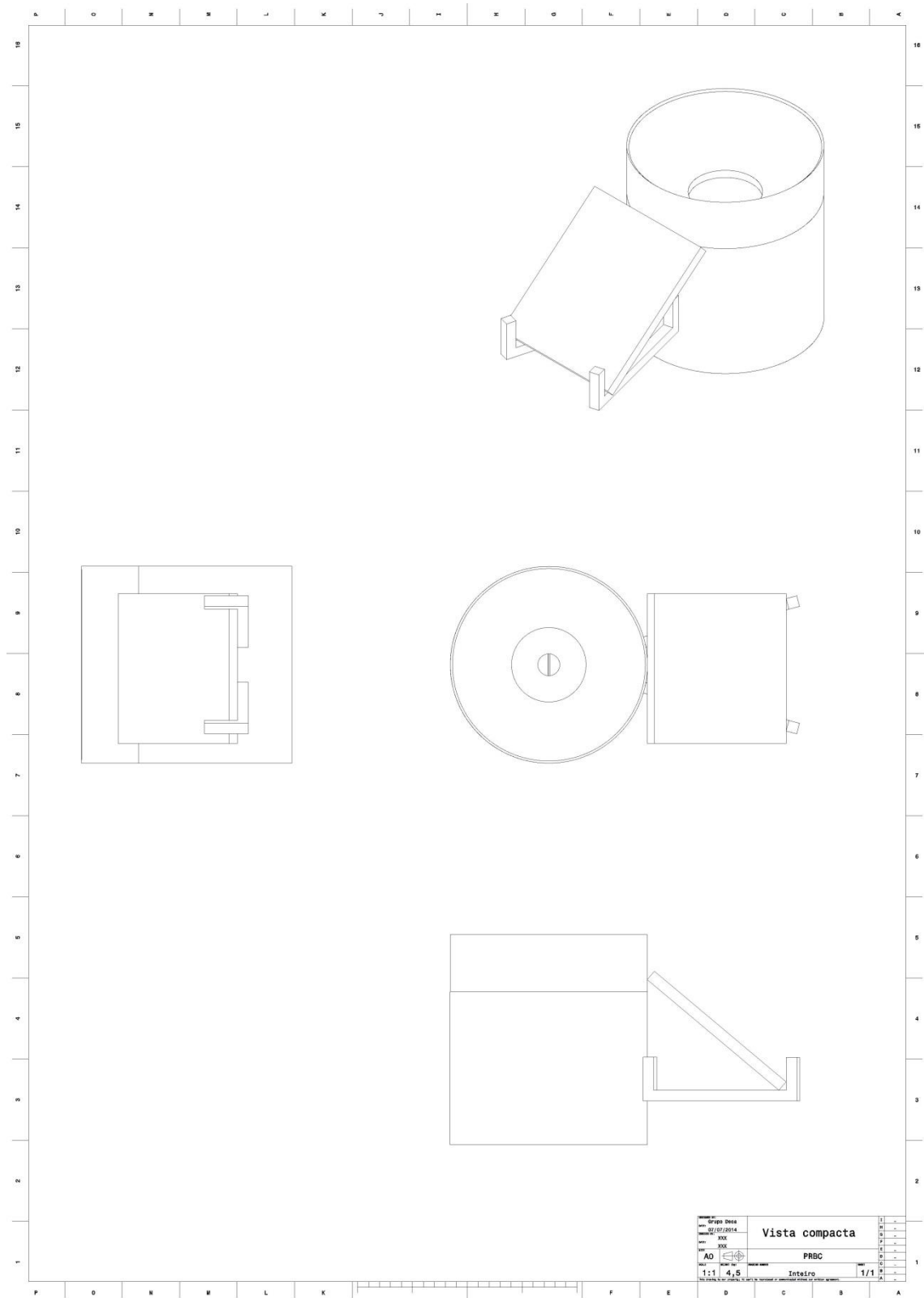


Figura 24 - Corpo - vista fechada

Fabricação

Funil de captação

A peça não requer muita fabricação, visto que ela será adquirida diretamente de uma empresa terceirizada. No entanto, a área rosqueável será feita na nossa empresa, uma vez que desejamos seguir um padrão para todas as áreas rosqueáveis (mesmo passo), e assim usaremos sempre o mesmo programa na máquina de torno.

Os tempos e máquinas necessários para isso estão na tabela abaixo. A operação a ser feita é descrita pela operação ID 01.

O ralo japonês deverá ser acoplado ao funil de captação. Foi escolhido fazer esse filtro com tela de talagarça, que será feito a partir do corte de um pedaço da peça (ID 02) e a colagem desse tecido no funil (ID 03)

Corpo

Assim como o funil de captação, esta peça também será terceirizada. No entanto, três áreas rosqueáveis deverão ser preparadas, uma no cilindro externo, uma no interno e uma na parte inferior, a fim de garantir uma boa junção com o funil de captação e com o suporte, respectivamente.

Telas de talagarça deverão ser cortadas e coladas sobre os furos de diâmetro 10 mm, a fim de não permitir a passagem de insetos ou qualquer outro objeto.

Além disso, um prego deverá ser encaixado de dentro para fora, de forma que a área rosqueável do mesmo aponte para fora. Ele deverá então ser colado nessa posição.

As máquinas e tempos solicitados estão presentes na Tabela 9 - Processos de fabricação.

Báscula

A báscula será terceirizada, e não há nenhum passo extra de fabricação para ela.

Suporte

O suporte consiste em um cilindro com área rosqueável de um dos lados. Sua fabricação consiste basicamente no corte do mesmo na medida certa (1800 cm) e preparação da área rosqueável. A Tabela 9 - Processos de fabricação, mostra detalhes sobre isso.

Suporte painel solar

Ambos os suportes de painel solar serão feitos na fábrica. Com a ajuda de uma máquina de corte manual, as peças serão obtidas a partir de uma chapa de polipropileno, de espessura 10 mm. As peças, em formato de “U”, serão cortadas com a ajuda de moldes.

Uma vez montados, estes suportes deverão ser pregados no corpo externo, de forma que fiquem a 40 mm de distância da base do mesmo, e formem um ângulo de 30 graus entre eles. Eles deverão ser simétricos em relação ao furo com prego existente na parede do corpo externo.

ID	Peça	Operação	Máquina / Equipamento	Tempo de execução (min)		
				Preparação	Execução	Limpeza / Cooldown
1	Funil de captação	Preparar área rosqueável na superfície mostrada no CAD	Torno	0,2	2	0,2
2		Corte de pedaço de tecido da tela de talagarça	Máquina de corte de lâmina giratória manual	0,2	0,5	0,2
3		Colagem do tecido no funil	Cola	0,1	0,5	0,2
4	Corpo	Cortar tela de talagarça	Máquina de corte de lâmina giratória manual	0,2	1,5	0,2
5		Colar tela sobre os furos	Cola	0,1	1	0,5
6		Colar parafuso que passa no furo	Cola	0	0,5	0,2
7		Preparar área rosqueável na superfície do cilindro externo mostrada no CAD	Torno	1	3	1
8		Preparar área rosqueável na superfície do cilindro interno, como mostrado no CAD	Torno	1	3	1
9	Suporte	Preparar área rosqueável na base do corpo	Torno	1	3	1
9		Corte do cilindro na altura adequada (1800 mm)	Máquina de corte de lâmina giratória manual	0,5	2	0,5
		Lixar superfície da área recém cortada	Lixadeira	0,2	1	0,2
11		Preparar área rosqueável na extremidade do cilindro	Torno	01	4	1
10	Suporte	Corte das duas peças em formato de "U"	Máquina de corte de lâmina giratória manual	1	3	1
11	do painel	Lixar superfície das áreas recém cortada	Lixadeira	0,5	1	0,2
12	solar	Pregar ambos os suportes no corpo externo	Martelo	0,2	1	0,2

Tabela 9 - Processos de fabricação

O tempo total de fabricação de peças, por pluviómetro, é assim 41 minutos, aproximadamente.

Vale notar que, para as atividades com o corte de tubos, um molde será usado a fim de economizar tempo na preparação da máquina (colocação e fixação do cilindro na posição certa). Atividades relacionadas ao corte da tela de talagarça ou o corte dos suportes do painel solar também serão auxiliadas com moldes.

Fornecedores

Na Tabela 10 - Discriminação de materiais usados, será mostrada uma relação dos materiais usados em cada peça, sua origem (fornecedor) e seu custo. O custo por unidade representado é o custo por unidade de pluviômetro, isto é, se o fornecedor vende um tubo de 14 metros e precisamos de tubos de 4 metros, por exemplo, o tubo serviria para a fabricação de 3 peças, e o preço por peça é 1/3 do preço do fornecedor.

Peça	Dimensões	Empresa	Custo Total (R\$)	Custo por unidade (R\$)	Material não aproveitado
Funil de captação	CAD	Itaindustrial	Sob orçamento	Sob orçamento	0%
Corpo	CAD	Itaindustrial	Sob orçamento	Sob orçamento	0%
Tubo PVC	Diâmetro de 18 mm * 1.8m	Newboom	4.40	4.40	3%
Tela Talagarça	1*1,40 m	Clickfios	23,69	0.01	24%
Placa de polietileno (suportes do painel solar)	10*250*350 mm	Parque das embalagens	16,65	4,16	42%

Tabela 10 - Discriminação de materiais usados

Outros Custos

Sobre o custo das peças que serão feitas por injeção, ambas possuem geometria simples – isto é, sem superfícies irregulares, compostas de diversas nervuras e reentrâncias, e de pequenas dimensões. Além disso, a espessura das peças é pequena, o que permite um menor custo do processo. Outro fator importante é que o material PVC é facilmente manipulável, o que acarreta menores custos. Por último, vale citar que não há grandes demandas no que se refere ao acabamento superficial da peça, fator que de acordo com as empresas pesquisadas encarece muito a produção. Todos estes fatores, aliados ao dado que haverá uma grande demanda por estes pluviômetros, implicam em um custo reduzido de injeção das peças.

Considerando que, em média, 427 pluviômetros por mês serão vendidos (219 no setor público e 208 no setor privado) e que a empresa Itaindustrial cobra, em média, R\$ 50,00/hora máquina mas que, com um volume grande de produção como o nosso, ela cobrará R\$ 36,00 hora/máquina, e que cada peça (funil + corpo + balsa) precisa em média 30 minutos para ficar pronta, o conjunto corpo + funil custará em média R\$ 18,00.

Desta forma, o preço da parte mecânica por unidade será de R\$ 26,60.

Especificação das máquinas

Temos, no total, 4 equipamentos a serem utilizados durante a fabricação. A seguir, serão apresentadas as características deles.

Torno

O torno será mecânico do tipo horizontal, pois este torno permite uma ampla possibilidade de trabalho com peças. Para nosso produto, usaremos um torno de avanço (e não de corte), isto é, neste equipamento a ferramenta cortante se desloca horizontalmente e o corpo, fixo no equipamento, gira conforme a velocidade programada.

O torno deverá possuir um motor de potência entre 5,5 e 5,8kW, e RPM de 1 até 6000.

Lixadeira

A lixadeira será fixa, e consistirá em uma lixa sendo movimentada por polias (a lixa deverá ser trocada periodicamente). Como características técnicas, pode-se dizer que ela terá uma frequência de 1 a 3000 RPM, e potência de 1250 Watts.

Máquina de corte de lâmina giratória manual

Esta máquina deverá possuir potência na ordem de 5000 Watts, e RPM até 7000, a fim de permitir corte das peças.

Martelo

Esta ferramenta, muito comum em qualquer oficina. Como ele será usado para pregar pregos essencialmente, foi escolhido usar um martelo do tipo estofador.

Montagem

Uma vez que a fabricação está pronta, a montagem consiste nos seguintes passos:

1. Encaixar o chip no suporte (ID 01).
2. Encaixar a bateria no suporte (ID 02).
3. Encaixar o corpo e o funil de captação por meio de encaixe por rosqueamento (ID 03).
4. Encaixar o painel solar na parte externa do cilindro. Isto será feito dependendo do ambiente em que o pluviógrafo for instalado, podendo o painel ser colado na lateral do cilindro ou em local próximo, dependendo de onde a luz solar será mais intensa (ID 04)
5. Conectar a fiação do painel solar na bateria usando o furo existente na base no corpo externo (ID 05).
6. Encaixar o pluviógrafo no suporte, por meio de rosqueamento (ID 06)

ID	Peças envolvidas	Atividade	Tempo de execução (min)
1	Chip e corpo externo	Encaixe do chip no corpo externo	0,5
2	Bateria e Corpo Externo	Encaixe da bateria no suporte	0,5
3	Corpo Interno, Corpo Externo e Funil	Encaixe das 3 peças por rosqueamento	1
4	Painel Solar e Corpo Externo	Encaixe do Painel	1
5	Painel Solar e badeira	Conexão dos fios usando o furo feito na base no pluviômetro	6
6	Corpo e suporte	Encaixe do sistema no suporte por meio de rosqueamento	1

Tabela 11 – Ficha de processo do PRBC

O tempo total de montagem é, assim, 10 minutos.

Para o encaixe do painel solar no suporte, ele deverá estar apoiado nos 2 suportes em formato de “U” e encaixado no parafuso colado.

Controle da qualidade

Necessidades

O controle de qualidade na fabricação dos aspectos mecânicos do PRBC tem níveis diferentes de importância conforme a peça considerada. Enquanto considerações de dimensão e tolerância são bastante relevantes para a balança, desvios nas medidas do corpo externo, por exemplo, têm impacto menor sobre a qualidade do produto e podem, dentro de certos limites, ser aceitas sem perda de eficiência.

Para os componentes a serem adquiridos, optar-se-á por empresas confiáveis e preferencialmente certificadas de forma a minimizar os gastos com inspeção do material recebido. Novamente, para essas peças a preocupação com tolerâncias é limitada, o que permite um controle menor. Um plano de verificação periódico por amostragem deve ser estabelecido para os primeiros lotes, sendo que os intervalos podem ser aumentados conforme crescer a confiança na empresa fornecedora.

Já para os componentes a serem produzidos, eles se dividem em dois grandes grupos:

- **Itens sensíveis (balança):** estarão sujeitos a um duplo controle, aquele da empresa terceirizada responsável pela fabricação propriamente dita, e o nosso. Nesse caso o controle de qualidade ganha importância pois interfere na precisão da medição realizada e, portanto, no desempenho do produto
- **Demais itens (corpo externo e interno, suporte e ralo):** esses itens serão produzidos a partir de produtos intermediários e montados pela nossa equipe, sendo que a necessidade de precisão é menor do que nos casos anteriores

Por fim, será necessário um controle de qualidade para o produto acabado.

Quanto ao sistema eletrônico, o controle é realizado nos próprios fabricantes, que validam a montagem e o funcionamento de todas as placas.

Vale ressaltar a importância da precisão de fabricação e montagem de um item especificamente: o funil direcionador da água recolhida para a balança. Apesar de simples, esse componente é de grande importância pois deve garantir que toda a água coletada seja efetivamente medida. Assim, é necessário particular cuidado ao controlar sua qualidade, conforme descrito a seguir.

Métodos

O controle de qualidade para os componentes adquiridos e para aqueles produzidos que não requerem grande precisão será feito por amostragem, selecionando aleatoriamente amostras de cada lote. Essa inspeção é feita visualmente (buscando defeitos visíveis a olho nu) e por meio de medições com o auxílio de um paquímetro.

Para os componentes fabricados sensíveis (balança e funil direcionador) a inspeção envolverá amostras maiores, já que nesse caso não há o controle prévio do fornecedor. É importante salientar que esse controle será focado nas dimensões definidas na produção própria, ou seja, o maior controle se aplica apenas aos pontos de corte, roscas, etc. e não a itens como raio do tubo.

Já o controle de qualidade do produto acabado será feito, num primeiro momento, peça por peça. O volume inicialmente proposto permite esse nível de inspeção, a ser realizada pelos próprios técnicos de instalação. Por ser a contratação da nossa equipe de instalação obrigatória quando da aquisição do PRBC, é possível fazer o controle do funcionamento completo do equipamento no ato da entrega, sendo que a equipe terá sempre uma disponibilidade de produtos acabados superior à contratada de forma a proceder com as operações no caso de encontrar um defeito.

Diversas técnicas podem ser empregadas para validação das placas de circuito impresso. Basicamente, por medição de varias impedâncias da placa, através da conexão da placa a diversas agulhas conectadas a medidores para esse fim. Caso haja algum software, este também é utilizado para testar a placa de forma simples. No caso do circuito a ser empregado, conectando-se todos os conectores a um equipamento de testes é possível testá-la inteiramente.

Nessa etapa, que pode ser realizada após o teste elétrico ou antes dele, detecta-se se a está tudo OK com o funcionamento da placa. Essa etapa pode ser bem cara pra determinados equipamentos e, dependendo da necessidade, é realizada apenas por amostragem ou por lote.

Instrumental

Os instrumentos necessários ao controle da qualidade são simples:

- Paquímetros, para conferir as dimensões dos componentes
- Ferramentas básicas de eletrônica para testes no momento da instalação

Em ambos os casos, a mão-de-obra empregada será aquela já diretamente envolvida nos processos (fabricação e instalação), a qual tem já o treinamento necessário para lidar com os componentes e produtos em questão.

Com relação à eletrônica pode realizar a validação através de conexão JTAG, ou por um software de teste, caso se aplique. Uma ferramenta muito comumente aplicada é a Jiga de teste que tem duas funções básicas: checar as voltagens aplicadas e as correntes presentes em cada parte do circuito.

Normas

Devido à simplicidade dos processos empregados não existe a necessidade de empregar normas técnicas no controle da qualidade dos componentes mecânicos do PRBC. A maior parte das dimensões tem uma tolerância considerável e pequenos desvios não afetarão o funcionamento do produto.

No caso da balança, o componente mais sensível às limitações técnicas, o cuidado é ainda na questão das dimensões, e envolverá uma maior atenção do operador, mas não procedimentos específicos de testes.

Eletrônica

Desenhos de execução

O esquemático do sistema eletrônico é dado pela **Error! Reference source not found.** Nela, estão indicados os componentes e as conexões que estarão no produto final. Visando melhores esclarecimentos em relação ao funcionamento do produto, cada subsistema será explicado mais detalhadamente a seguir.

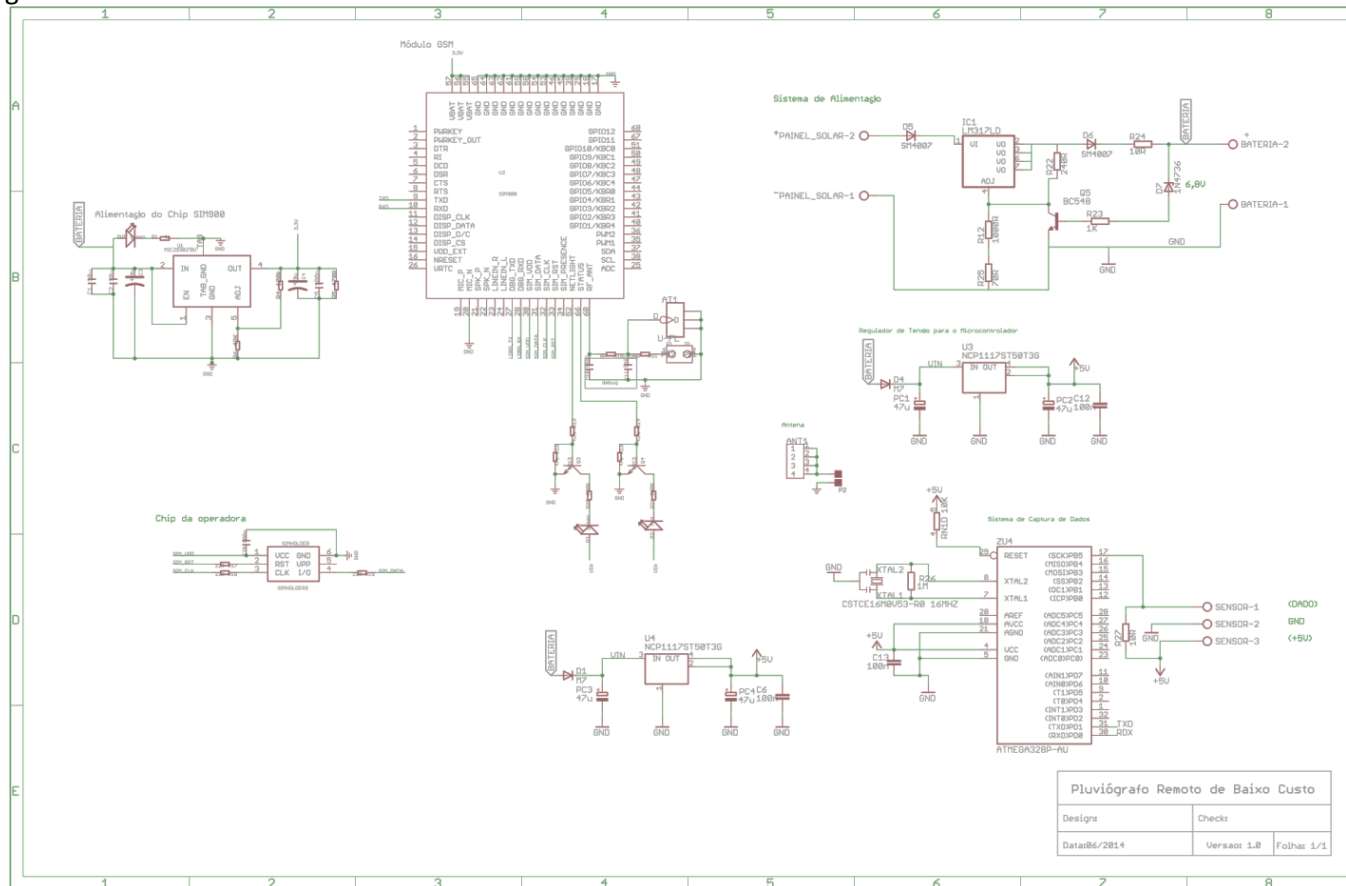


Figura 25 - Esquemático da Eletrônica do Pluviógrafo

Pluviógrafo Remoto de Baixo Custo	
Designs:	Check:
DatasB6/2814	Versao: 1.0 Folhas: 1/1

Subsistema de Alimentação

O Sistema de alimentação solar é dado pela Figura 26 - Esquemático do subsistema de Alimentação.

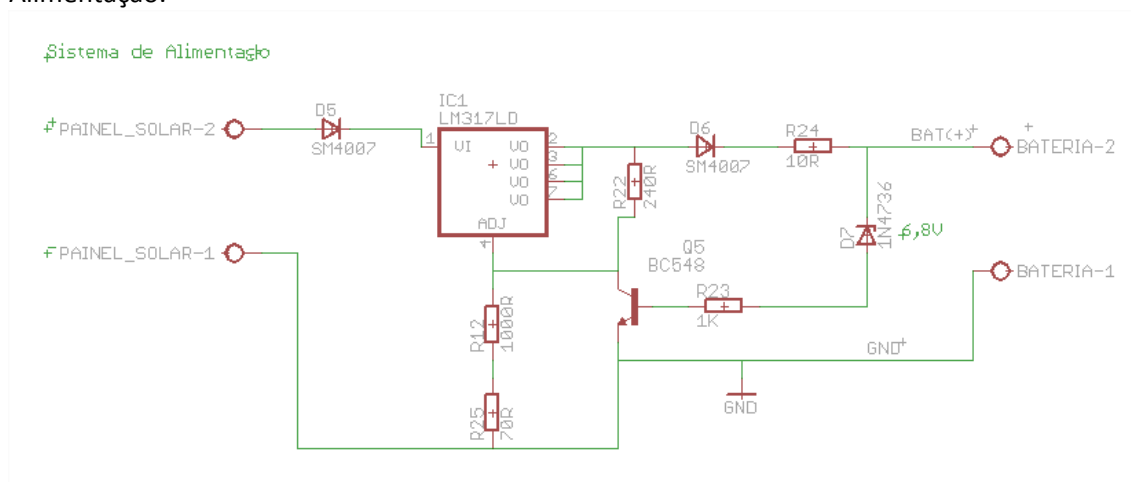


Figura 26 - Esquemático do subsistema de Alimentação

Este subsistema é composto pelo painel solar, bateria, e regulador de tensão. O componente LM317 é um regulador de tensão variável, no qual através dos componentes R22, R12 e R25 é possível regular a voltagem de saída. Os componentes foram ajustados de tal forma que a tensão de saída seja de 6,85V, que é a tensão ideal para a recarga da bateria, valor este recomendado pelo fabricante. É interessante frisar que os resistores R25 e R12 estão em série, para que o valor adequado de resistência seja obtido, tendo em vista que não existem resistores comerciais com resistência de 1070ohm. Estes componentes devem ser de precisão, com tolerância de 1%.

O resistor R24 limita a corrente para a bateria e o diodo D6 impede a sua descarga de corrente. O transistor IC1 e o diodo Zener D7 agem como um interruptor de corte quando a bateria está carregada. Quando a tensão no terminal da bateria sobe acima de 6,8 volts (que indica que a bateria está carregada), o diodo Zener fornece a corrente para a base do transistor que passa a conduzir corrente. Em seguida, ele faz o aterramento da saída do LM317, que interrompe o carregamento da bateria. Este subsistema é importante para que a bateria seja desligada quando fica totalmente carregada, para evitar danos a mesma por excesso de carregamento.

Subsistema de captação de dados

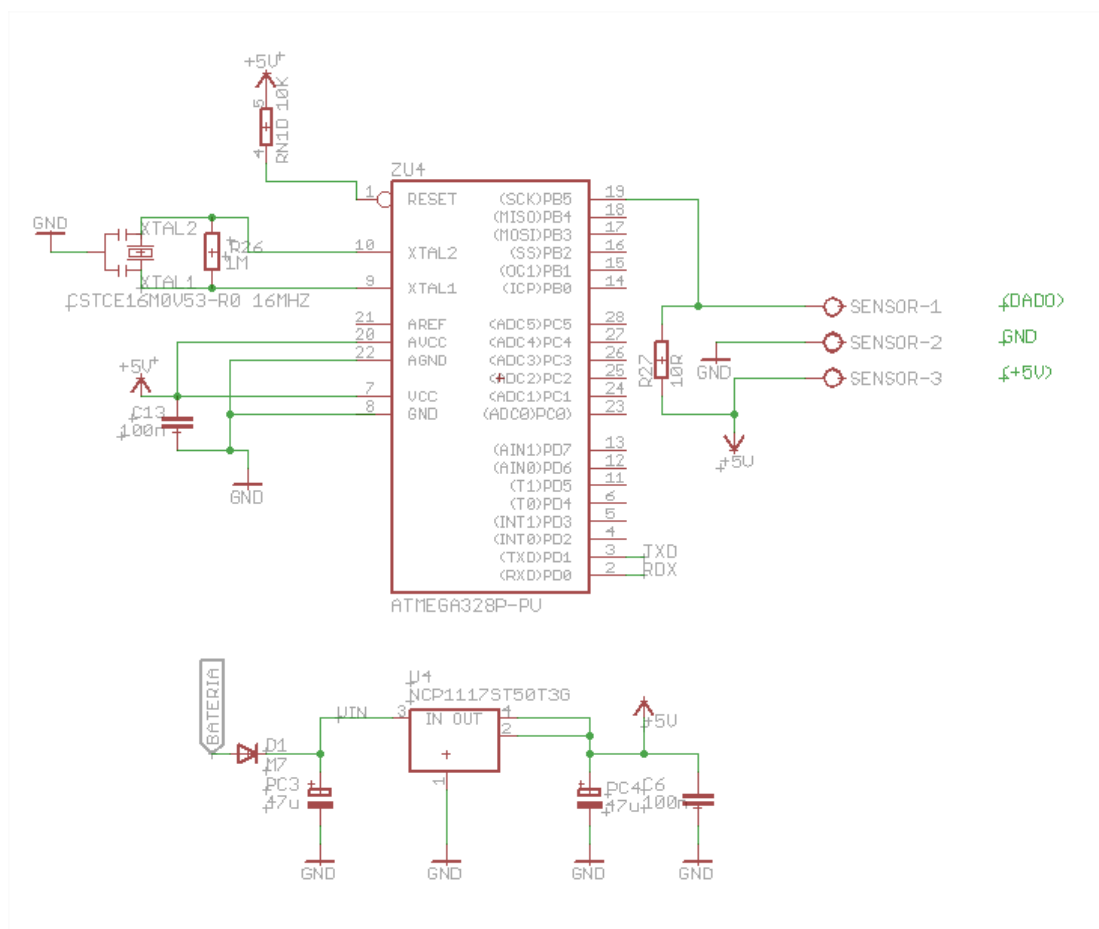


Figura 27 - Esquemático do subsistema de Captação de Dados

O sistema de captação de dados é composto por um microcontrolador ATMEGA328-P-PU, ressonador, regulador de tensão e um sensor hall. O microcontrolador é o componente que tem a função de efetuar a leitura do sensor, e caso receba algum sinal, deve fazer com que o sistema de transmissão envie o dado para um servidor.

O cristal ressonador CE16MV gera um sinal de clock para que o microcontrolador possa funcionar corretamente. Como o microcontrolador é alimentado por uma tensão diferente da bateria (alimentado com 5V), é necessário um regulador de tensão para que a tensão fique correta. Tal componente é mostrado logo abaixo do microcontrolador na figura acima.

Subsistema de Transmissão

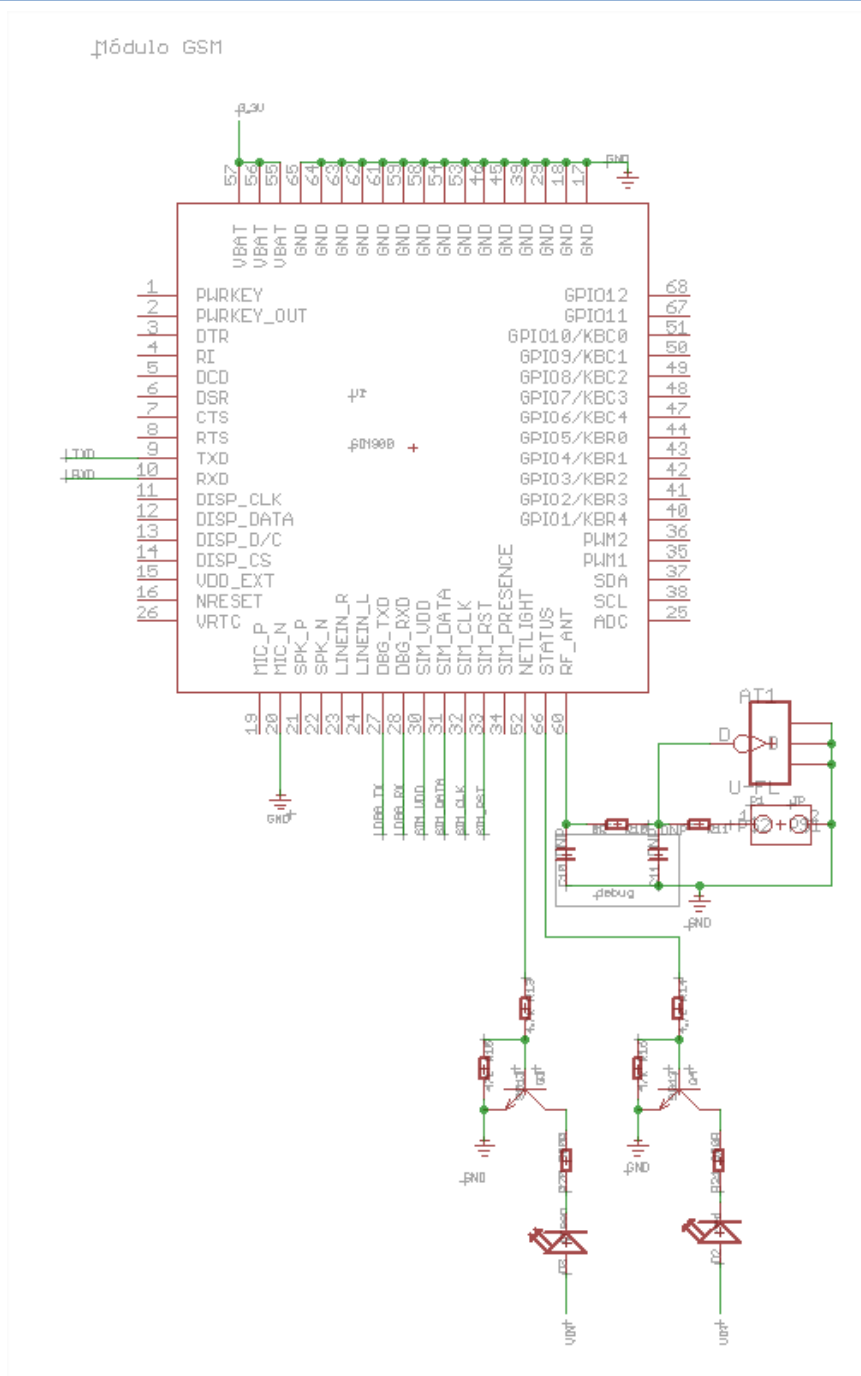


Figura 28 - Esquemático do Subsistema de Transmissão

O principal componente do sistema de transmissão é o circuito integrado SIM900, que promove a comunicação do microcontrolador ATMEGA328 com o servidor remoto. Este chip tem uma porta serial que está conectada com a porta serial do microcontrolador, promovendo a transmissão de dados entre eles. No pino 60, está conectada uma antena GSM, específica para este chip, para a transmissão dos dados.

Há um LED conectado no pino 52, que mostra o status da rede GSM. Se a rede estiver operacional, o LED acende por um curto espaço de tempo e em seguida fica 3 segundos desligado. Caso o chip esteja procurando rede, ele fica piscando intermitentemente.

Entre os pinos 27 e 33, está conectado o chip da operadora de celular, onde ficam armazenados os dados para a comunicação do modem com a operadora, como se pode observar na Figura 28 - Esquemático do Subsistema de Transmissão.

Subsistema de chip da operadora celular

O chip SIM900 deve ser alimentado com 3,2 Volts até 4,2Volts, que não é a mesma tensão da bateria. Dessa forma é necessário a utilização de mais um regulador de tensão, que suporte picos de corrente de até 2A, para que o chip funcione de maneira correta. O circuito é dado pela Figura 29 - Esquemático das conexões com o chip da operadora de celular.

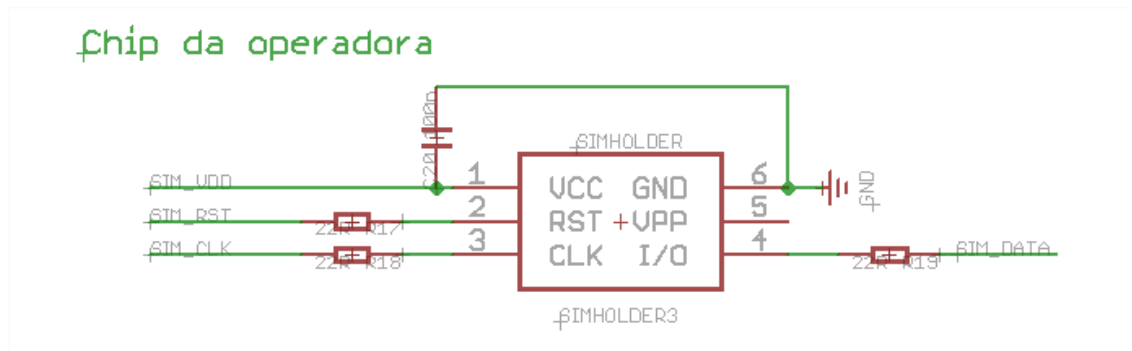


Figura 29 - Esquemático das conexões com o chip da operadora de celular

Note-se que o chip será posicionado de forma isolada no centro do circuito, e não são permitidos outros componentes nas imediações dele. Estas medidas se fazem necessárias devido a possíveis interferências com demais componentes

Subsistema do CI SIM900

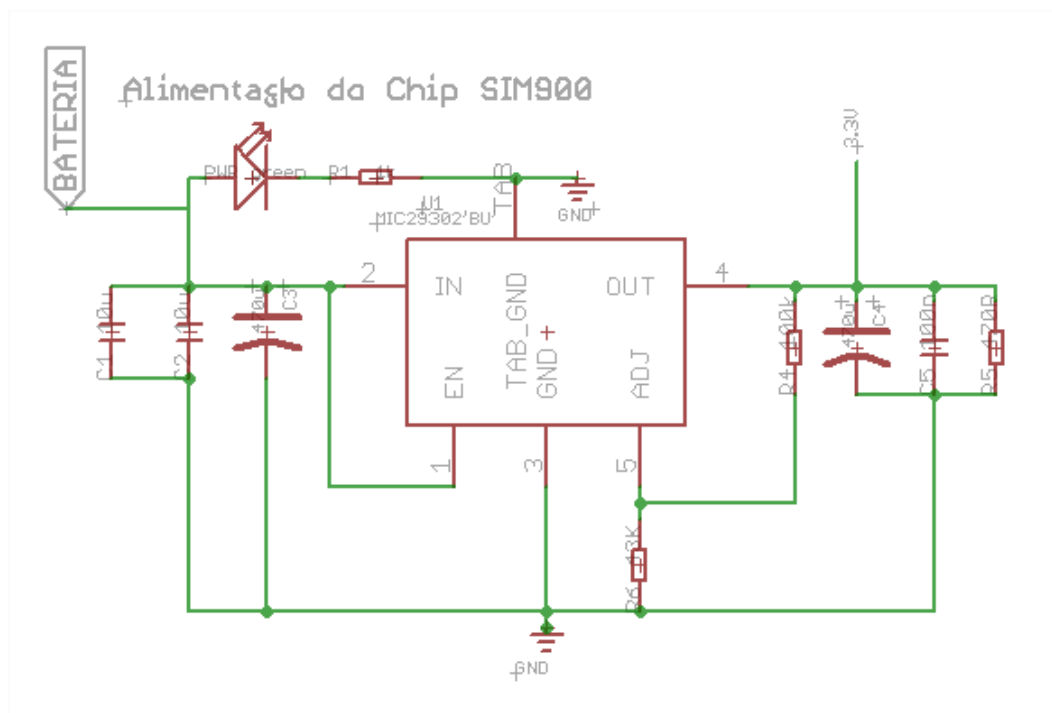


Figura 30 - Esquemático da alimentação do circuito integrado SIM900

Considerações Gerais do Projeto

Todos os componentes usados são de tecnologia SMD, para permitir a montagem automática por máquinas.

A bateria foi dimensionada para que descarregue diariamente apenas 20%. Desta forma, de acordo com o fabricante, com ciclos de 20% a durabilidade da bateria será entre 1800 e 2000 ciclos, tendo em vista que a amplitude de descarga é o principal fator que afeta a vida útil de baterias. Pela quantidade de ciclos estima-se o tempo a vida útil do sistema de alimentação entre 4,5 e 5 anos.

Através do software Eagle, foi realizado o projeto de uma placa de circuito impresso para o pluviógrafo.

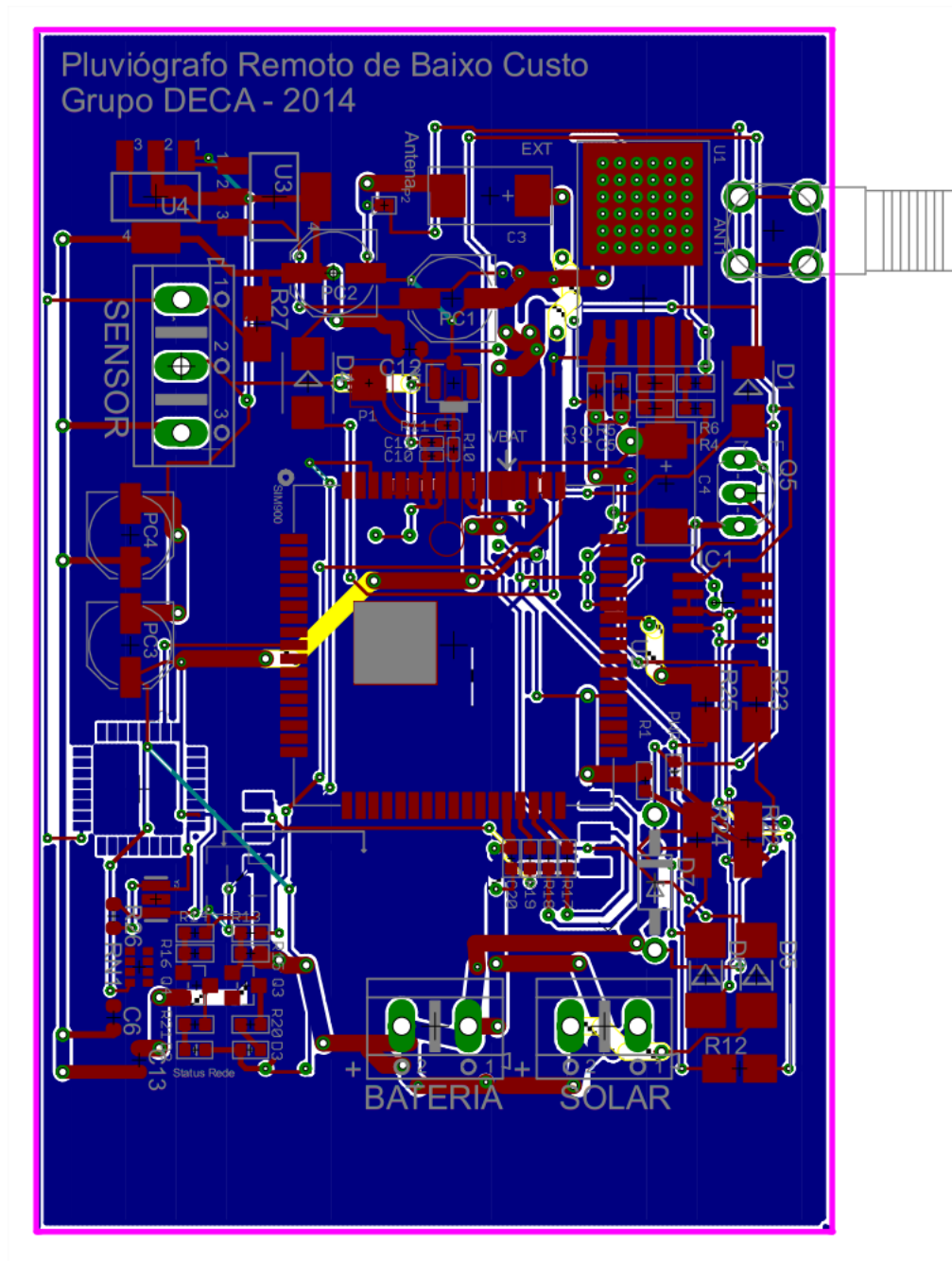


Figura 31 - Placa de Circuito Impresso do PRBC

No projeto da placa de circuito impresso, pode-se notar os três conectores para a conexão da placa solar, da bateria e do sensor. Nesta placa estão integrados os sistemas de captura de dados, transmissão e alimentação.

Na Figura 32 - Dimensões da PCB do PRBC, são indicadas as dimensões finais da placa (90mm x 60mmx1,57mm).

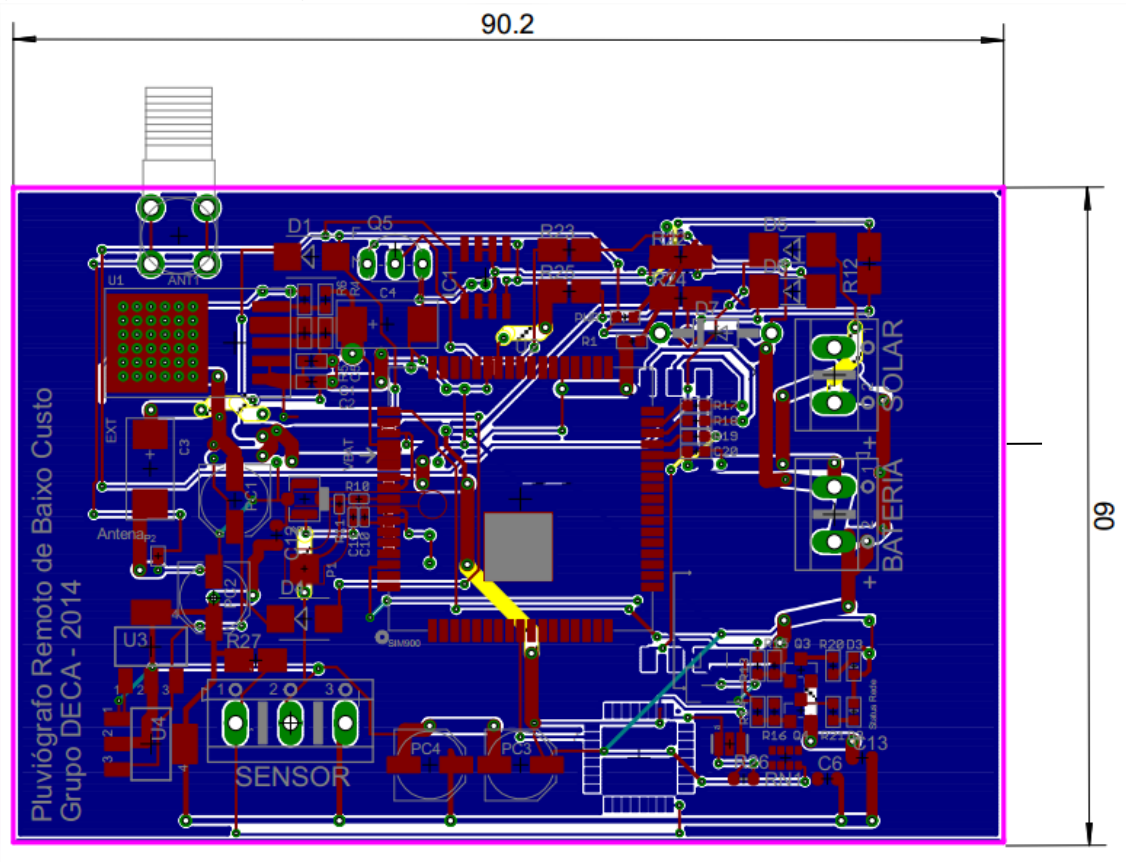


Figura 32 - Dimensões da PCB do PRBC

Destaca-se que no processo de montagem será necessário conectar o painel solar e a bateria na placa de circuito impresso, para depois fixá-lo dentro do pluviógrafo. Por motivo de fixação a placa será aumentada longitudinalmente de 75mm de comprimento para 90mm, deixando espaço vazio na extremidade inferior para encaixe em dois apoios contrapostos.

Documentação Técnica

Sistema Eletrônico

Abaixo serão listados os componentes contidos nos sistemas a serem solicitados ao fornecedor, embora a decisão seja de não fabricar o sistema eletrônico internamente, levantaram-se também os custos dos componentes que seriam necessários para a montagem do sistema eletrônico do produto.

Os únicos itens que serão comprados além do sistema que será comprado de um fornecedor serão a bateria e o painel solar, que serão apresentados a seguir:

Subsistema de captação





	Componente	Qtd	Vendedor	Preço Unitário		Total	
				1	1000	1	10000
	Atmega 328p-pu	1	Mouser	2,95	1,68	2,95	1,68
	Regulador de tensão 5V	1	Mouser	0,69	0,212	0,69	0,212
	Cristal 16 Mhz	1	Mouser	1,05	0,389	1,05	0,389
	capacitor 22pF	2	Mouser	0,43	0,24	0,86	0,48
	Regulador de Tensão MIC29302	1	Mouser	1,26	0,575	1,26	0,575
	Placa de Circuito Impresso 2 layers, 50x50mm	1	Gold Phoenix PCB (China)	100	1,8	100	1,8
	Imã de Neodímio	1	Mundo do Imã	0,10	0,10	0,10	0,25
	Sensor Hall	1	Mouser	1,24	1,17	1,24	1,17
TOTAL						106,81	5,136

Tabela 12 - Discriminação dos componentes do subsistema de captação

Subsistema de transmissão

	Componente	Qtd	Vendedor	Preço Unitário		Total	
				1	1000	1	10000
	Circuito integrado GSM SIM 900	1	GREAT WALL Electronics Co., Ltd. (China)	7,68	7,68	7,68	7,68
	Capacitor 220nF	1	Mouser (EUA)	0,05	0,013	0,05	0,013
	Capacitor 100nF	2	Mouser (EUA)	0,01	0,004	0,02	0,008
	Capacitor 470uF 6,3V Eletrolítico	2	Mouser (EUA)	0,13	0,09	0,26	0,18
	Resistor 15 ohm	2	Mouser (EUA)	0,06	0,015	0,12	0,03
	Resistor 10k ohm	4	Mouser (EUA)	0,06	0,015	0,24	0,06
	Resistor 4,7k ohm	3	Mouser (EUA)	0,06	0,015	0,18	0,045
	Resistor 330 ohm	1	Mouser (EUA)	0,06	0,015	0,06	0,015
	transistor BC548	3	Mouser (EUA)	0,22	0,031	0,66	0,093
	slot SIM-card	1	Mouser (EUA)	3,2	1,52	3,2	1,52
	antena MMCX 90°	1	Shenzhen CAIZHIXING Electronic Co., Ltd (China)	1,7	1,7	1,7	1,7
TOTAL						14,17	11,344

Tabela 13 - Discriminação dos componentes do subsistema de transmissão

Subsistema de alimentação

Componentes presentes no circuito:






	Componente	Qtd	Vendedor	Preço Unitário		Total	
				1	1000	1	10000
	Diodo 1N4007	2	Mouser (EUA)	0,15	0,07	0,3	0,14
	Resistor 1kOhm	4	Mouser (EUA)	0,1	0,05	0,4	0,2
	regulador de tensão - LM317	2	Mouser (EUA)	0,5	0,176	1	0,352
	capacitor 47uF - 35V	1	Mouser (EUA)	1,32	0,41	1,32	0,41
	capacitor 470uF - 20V	1	Mouser (EUA)	0,63	0,171	0,63	0,171
TOTAL						4,65	2,17

Tabela 14 - Discriminação dos componentes do subsistema de alimentação presente

Componentes externos ao circuito:



	Componente	Qtd	Vendedor	Preço Unitário		Total	
				1	1000	1	10000
	Painel Solar 4w - 12V	4	Shenzhen Hopesun Technology Co., Ltd. (China)	1,9	1,9	7,6	7,6
	Bateria Estacionária 6v - 2,8Ah - Unipower	1	Rei das Baterias (Brasil)	32	-	32	32
TOTAL						39,6	39,6

Tabela 15 - Discriminação dos componentes do subsistema de alimentação externo

A soma de todos dos custos de todos estes componentes totaliza, excluindo o painel solar e a bateria, totaliza US\$125,63 (R\$ 276,38) na compra em baixa quantidade e US\$18,83 (R\$ 41,42) na compra acima de 1000 unidades.

Processo de Fabricação

A montagem completamente SMD automatizada traz vantagens em vários aspectos – é mais confiável, pode-se verificar que a qualidade após ajuste do processo é garantida pois existe um grau de repetitividade que não é possível em outros tipos de montagem. Além disso, diminui-se o valor do custo da lista de materiais, pois diversos componentes menores são também mais leves, o que diminui o frete.

Do ponto de vista de durabilidade da placa, é indiscutível que o processo de solda SMD com máquina possui um grau de contaminação muito abaixo do que se obtém com o ferro de solda e o contato frequente com os componentes diminui a vida útil do componente, pois pode haver pequenas descargas de ESD. Dispositivos que são tirados de seus recipientes corretos para montagem com braço mecânico também possuem umidade, fator que pode alterar na confiabilidade da solda depois de um determinado tempo de vida do aparelho. O custo de mão de obra é menor, o que é compensado pelo investimento alto necessário para aquisição dos equipamentos que realizam a montagem SMD.

Fornecedores

Visto que a indústria nacional de eletrônicos é ainda muito pouco desenvolvida quando comparada a de outros países, os custos envolvidos na fabricação de circuitos eletrônicos personalizados são muito elevados. Dessa forma, é recomendado terceirizar esse subsistema para uma empresa especializada, há diversos fornecedores nacionais e internacionais.

Os benefícios da terceirização são diversos. Do ponto de vista da confiabilidade as empresas especializadas oferecem: Inspeção ao final de todas as etapas do processo de montagem. Inspeção microscópica ao término da produção. Revalidação do projeto a cada produção. Conferência na entrada dos materiais, garantindo a qualidade e adequação.

Com relação ao produto e ao negócio a terceirização oferece facilidade de controle, maior e melhor cumprimento dos prazos e especificações do produto, profissionalismo na produção e facilidade na apropriação dos custos na formação do preço de venda.

Assim sendo a escolha de terceirização propiciam redução de despesas administrativas, custos operacionais, e melhor qualidade no resultado do trabalho. Alguns fornecedores de placas de circuito estão listados a seguir:

Micropress Circuitos Impressos



Figura 33 - Logo da Micropress

Fundada em 1986, a Micropress é a empresa líder no mercado nacional de protótipos urgentes e pequenos a médios lotes de produção. Há algum tempo, tornou-se também uma referência em Estêncil a Laser no Brasil, com a aquisição dos mais modernos equipamentos do mundo.

A Micropress atua em âmbito nacional, com tecnologia avançada, pioneirismo, agilidade e qualidade. Possui uma ampla carteira de clientes composta por mais de 2500 empresas atendidas, atuantes nos mais diversos segmentos do mercado: desde a indústria do entretenimento, até as aplicações de altíssima confiabilidade, como as indústrias de equipamentos médico-hospitalares, militares, aeronáuticos e espaciais.

Web Site: <http://micropress.com.br/pt/>

Cellcom Brasil



Figura 34 - Logo da Cellcom

Fundada em 2000 na Coreia do Sul. A Cellcom iniciou suas atividades no Brasil no ano de 2005, na cidade de Campinas.

Especializada em prestações de serviços para empresas do ramo eletrônico, a Cellcom possui uma infraestrutura moderna com máquinas sofisticadas e têm como política construir uma empresa na qual o cliente possa confiar, além disso, conta com profissionais extremamente capacitados atuando sempre de maneira responsável em prol do comprometimento.

Web Site: <http://www.cellcombrasil.com/servicos/montagem-e-soldagem-smd>

Fornecedores internacionais

A exceção da Gold Phoenix, estes fornecedores deverão enviar as placas com circuitos impressos a os fornecedores responsáveis pela montagem e soldagem de componentes SMD (surface-mount devices).

Além disso, há fornecedores que realizam todo o processo produtivo do Sistema eletrônico, desde a placa de circuito impresso até a montagem final como a Equitronic.

Gold Phoenix PCB



Figura 35 - Identidade visual da Gold Phoenix

Gold Phoenix PCB Co., Ltd. é uma fábrica de líder na fabricação de Circuitos impressos na China. Destaca-se pela rapidez, qualidade e capacidade tecnológica a custo inferior ao das concorrentes nacionais.

Web site: <http://www.goldphoenixpcb.com/>

Allinsert



Figura 36 - Logo da Allinsert

A Allinsert criada em 2005 com uma experiência anterior de seus associados bastante ampla na área de montagem e desenvolvimento de placas para outras empresas.

A dificuldade encontrada pelos fabricantes no crescente mercado de produtos eletrônicos está na transformação da matéria-prima até o produto final que envolve o processo como um todo.

Para estes clientes a Allinsert oferece os serviços de montagem deixando de forma transparente todo o processo.

Web Site: <http://www.allinsert.com.br/>

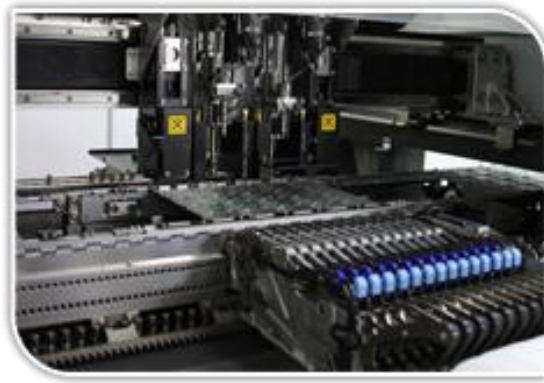


Figura 37 - Foto da planta

Equitronic



Figura 38 - Logo da Equitronic

Contando com uma mão-de-obra altamente capacitada, a Equitronic presta serviços de terceirização de linhas de montagem, tanto de Placas Eletrônicas quanto de Painéis Elétricos e de Comando, para as mais diversas áreas.

Outra especialidade da Equitronic é o desenvolvimento de Lay-Outs de "Circuito Impresso" para a confecção de Placas

Web site: <http://www.equitronic.com.br/>

Trace Lay-Out Com. Ind. e Serv LTDA



Figura 39 - Logo da trace layout

Empresa de engenharia e montadora eletrônica, com estruturas ágeis e eficientes, capazes de oferecer soluções completas para necessidades de Layout de PCB, prototipação, montagens de lotes piloto, montagem seriada, integração de produto e desenvolvimento; atuam no mercado há mais de 19 anos, atendendo empresas dos mais diversos segmentos (bilhetagem eletrônica, automobilística, telecomunicações, biomedicina, metroviários, iluminação, conversores de energia, linha branca e etc).

Com uma área de aproximadamente 900m², com instalações modernas e atendendo as mais rigorosas normas, contam com Printer SMP200, Pick and Place CP45FV, forno de refusão 7AC (7 zonas superior e 7 zonas inferior), solda por dupla onda M300D, lavadora por ultrassom, estufas, entre outros.

Web site: <http://www.tracelayout.com.br/>

Screaming Circuits

Empresa de Montagem de placas eletrônicas e fabricação de circuitos impressos. Está situada em Milwaukee, Wisconsin, Estados Unidos, fundada em 1954. Destaca-se pela facilidade de produção de pequenos e médios lotes.

Web site: <https://www.screamingcircuits.com>

Escolha do fornecedor

Devido à experiência no mercado, e à experiência anterior com o fornecedor, e a participação em todas as etapas do desenvolvimento do sistema eletrônico incluindo lotes de teste, o grupo optou pelo fornecedor Trace Lay-Out.

Como verificado anteriormente, em grande quantidade, os componentes necessários para fabricação do sistema eletrônico do PRBC custará R\$41,42.

Para a montagem dos componentes eletrônicos na placa de circuito impresso, fez-se um orçamento para a montagem de 2.000 placas com o fornecedor Screaming Circuits, obtendo-se o valor de US\$ 5,82 (R\$ 12,84) por placa. É importante frisar que neste valor já estão inclusos todos os custos de ajustes de maquinário, produção de stencil SMD, entre outros.

Por consultas em fóruns de eletrônica e profissionais do setor, estimou-se que o custo de montagem da placa no fornecedor nacional seja 20% superior ao fornecedor americano. Desta forma, estima-se que o custo de montagem da placa no Brasil seja de R\$ 15,40 por placa.

Somando-se com o custo da bateria e do painel solar (R\$39,6), conclui-se que o custo total da parte eletrônica do PRBC será de R\$ 96,42.

Bill of Materials

Conclui-se assim que o PRBC será dividido em 3 sistemas. Sistema de alimentação, responsável por captar e fornecer energia ao sistema. Sistema eletrônico, que desempenhará as funções de captação e transmissão de dados. E sistema mecânico, que é responsável pela sustentação, por captar a água, e por filtrar e direcionar o escoamento ao sistema de balança que é a ferramenta de medição. Logo:

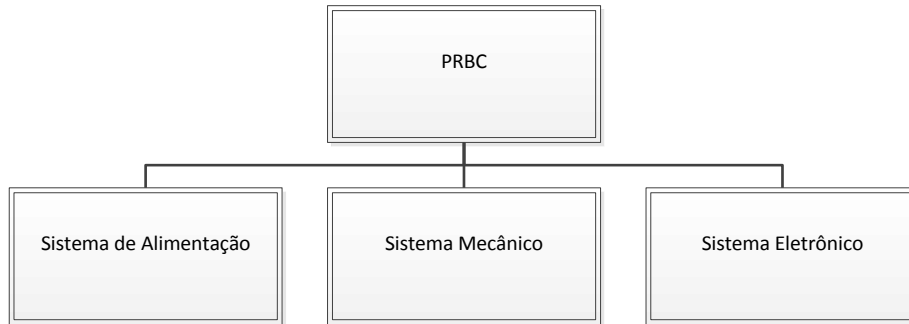


Figura 40 - Sistemas do PRBC

A partir de então cada um destes sistemas pode ser destrinchado nos seus subsistemas e componentes.

Sistema de Alimentação

O sistema de alimentação será composto de 3 subsistemas relacionados às funções desempenhadas, são eles: captação de energia, armazenamento de energia e regulação de energia. O projeto em concepção mostra as seguintes necessidades de materiais.

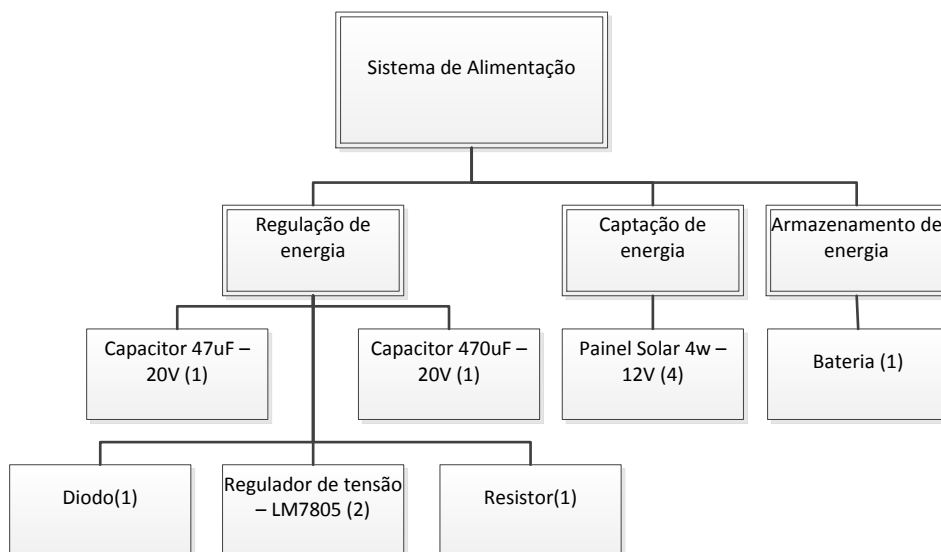


Figura 41 - BoM do sistema de alimentação

Sistema Mecânico

O sistema mecânico, por sua vez apresenta como subsistemas o suporte, que sustenta e protege o dispositivo, o sistema de captação que capta, filtra, e direciona a água da chuva ao terceiro sistema, a Balança, que permitirá a medição do fluido captado. A concepção do projeto revela as seguintes necessidades de materiais:

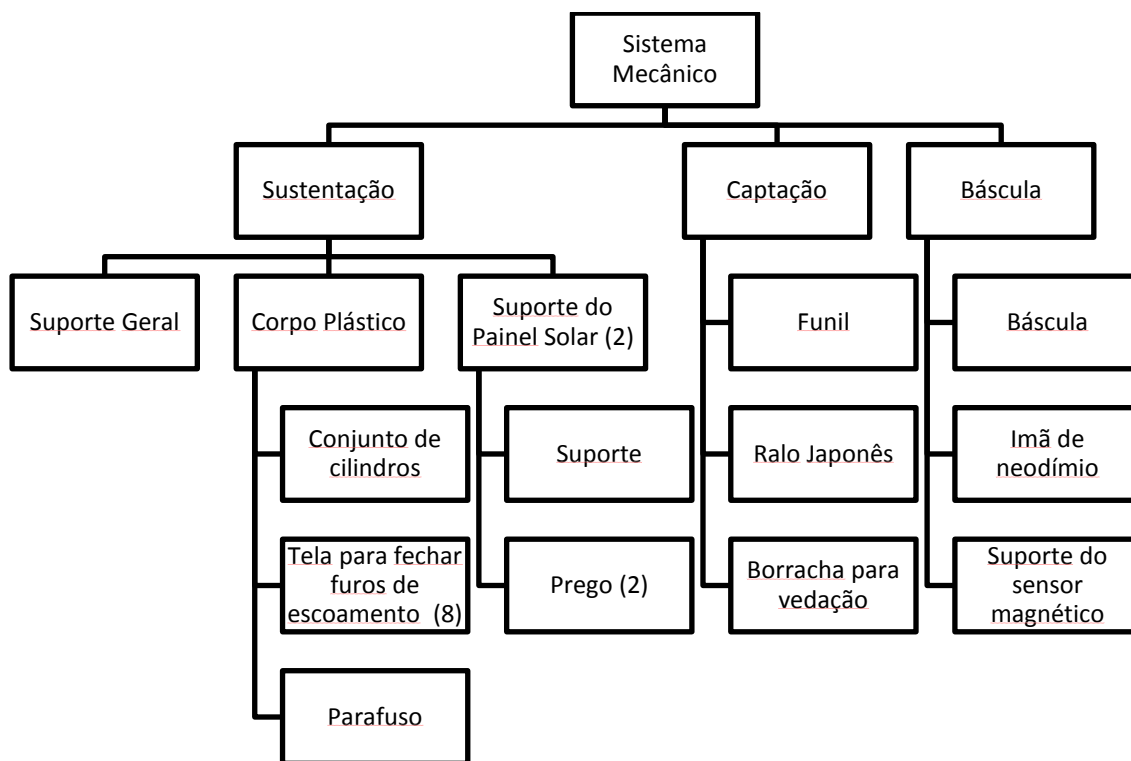


Figura 42 - BoM do sistema mecânico

Sistema Eletrônico

Enfim o sistema eletrônico é o mais complexo. Apresenta como subsistemas os módulos de captação de dados e transmissão de dados. O subsistema de captação de dados será o mesmo para todos os produtos e haverá modalidades diferentes de subsistemas de transmissão de dados de acordo com o tipo de transmissão desejada.

Desta forma o Sistema eletrônico e os dois subsistemas são representados da seguinte forma:

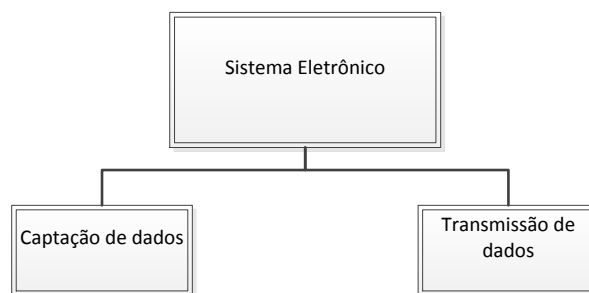


Figura 43 - BoM do sistema e subsistemas eletrônicos

O sistema de captação de dados será o mesmo para todos os tipos de pluviômetros, e apresenta a seguinte lista de materiais:

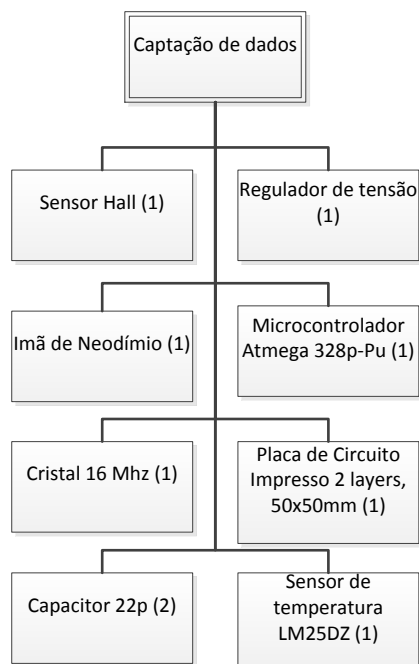


Figura 44 - BoM do subsistema de captação de dados

Enfim, haverá listas de materiais distintas para cada tipo de transmissão de dados a ser feita. As tecnologias disponíveis e utilizadas para transmissão serão: WiFi, GSM, Satélite, Zig-Bee e VHF. E as necessidades de materiais de cada um dos diferentes módulos serão apresentadas a seguir:

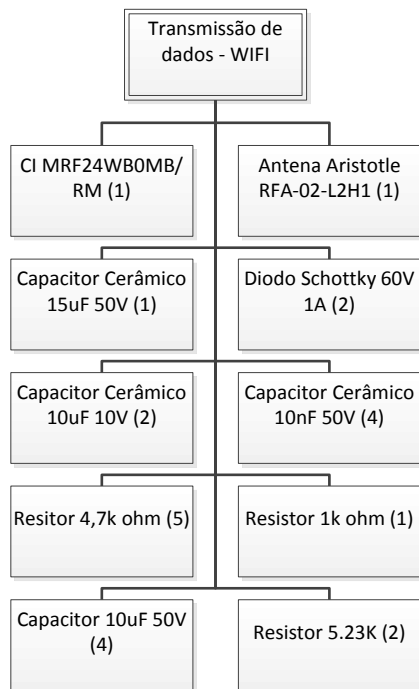


Figura 45 - BoM do Módulo de transmissão via WiFi

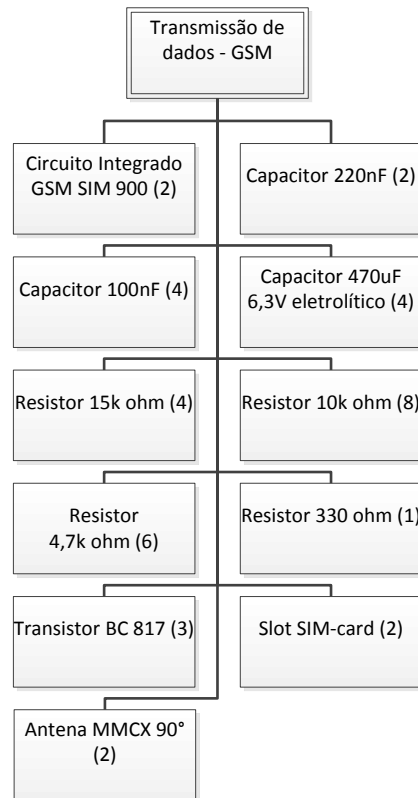


Figura 46 - BoM do Módulo de transmissão via GSM

Figura 47 - BoM do Módulo de transmissão via Satélite

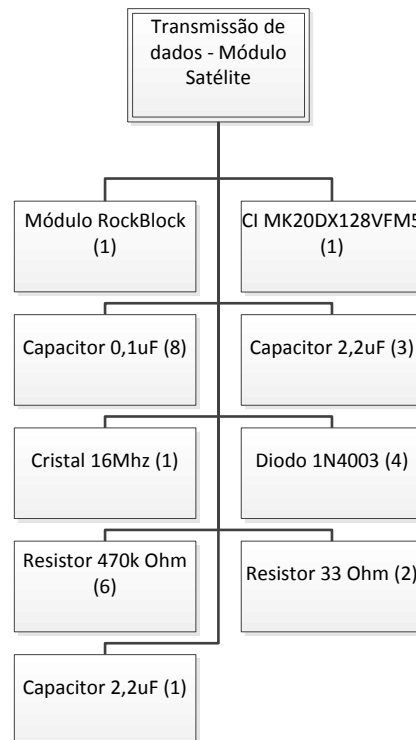
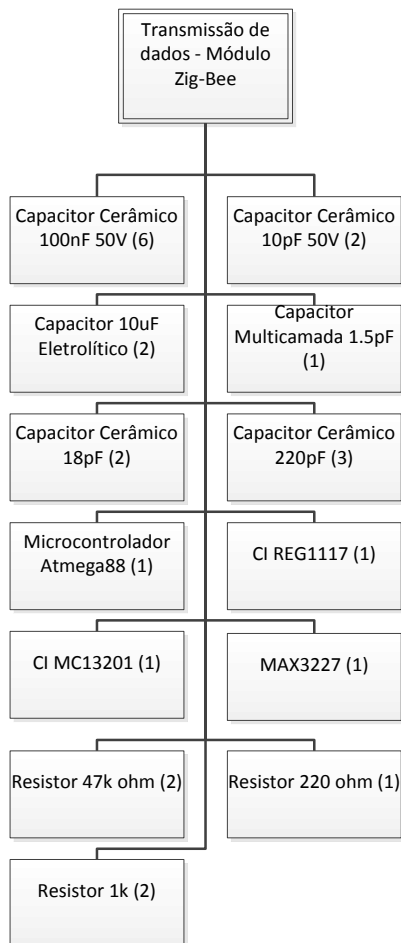


Figura 48 - BoM do Módulo de transmissão via ZigBee

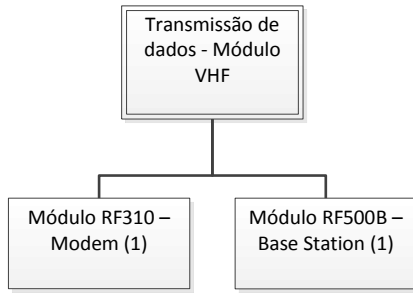


Figura 49 - BoM do módulo VHF

Vale mencionar que ambos os subsistemas eletrônicos de captação e transmissão podem ter sua montagem terceirizada, na qual a partir do projeto do circuito é confeccionado um microchip que contém todos os componentes necessários em um módulo compacto que já contém todos os componentes do subsistema.

Lista de Materiais

Sistema	Subsistema		Peças	Qtd		
Mecânico		Suporte	Suporte	1		
			Corpo Plástico	1		
		Captação	Funil	1		
			Corpo Interno	1		
			Ralo Japonês	1		
			Borracha para vedação	1		
			Báscula	1		
		Báscula	Imã de Neodímio	1		
			Suporte da báscula	1		
			Suporte do sensor magnético	1		
		Alimentação	Suporte	Captação	Painel Solar 4w - 12V	4
Armazenamento	Bateria			1		
Regulação	Diodo			2		
	Resistor			4		
	Regulador de tensão - L805			2		
	Capacitor 47uF - 20V			1		
	Capacitor 470uF - 20V			1		
Eletrônica	Captação de Dados		Microcontrolador Atmega 328p-Pu	1		
			Regulador de tensão	1		
			Cristal 16 Mhz	1		
			Capacitor 22p	2		
			Sensor de temperatura LM25DZ	1		
			Placa de Circuito Impresso 2 layers, 50x50mm	1		
			Imã de Neodímio	1		
			Sensor Hall	1		
		Transmissão de Dados	GSM		Circuito integrado GSM SIM 900	2
					Capacitor 220nF	2
					Capacitor 100nF	4
					Capacitor 470uF 6,3V Eletrolítico	4
					Resistor 15 ohms	4
				Resistor 10k ohms	8	
				Resistor 4,7k ohms	6	
				Resistor 330 ohm	1	
				Transistor BC817	3	
				Slot SIM-card	2	
			Antena MMCX 90°	2		
	Satélite			Módulo RockBlock	1	
				CI MK20DX128VFM5	1	
				Capacitor 0,1uF	8	
				Capacitor 2.2uF	3	
				Cristal 16Mhz	1	
				Diodo 1N4003	4	
			Resistor 470k ohm	6		
			Resistor 33 Ohms	2		
	Wi-Fi		Capacitor 2,2uF	1		
			CI MRF24WB0MB/RM	1		
			Antena Aristotle RFA-02-L2H1	1		
			Capacitor Cerâmico 15uF 50V	1		
			Diodo Schottky 60V 1A	2		
		Capacitor Cerâmico 10uF 10V	2			

			Capacitor Cerâmico 10nF 50V	4
			Resistor 4,7k ohm	5
			Resistor 1K ohm	1
			Capacitor 10uF 50V	4
			Resistor 5.23K	2
		Zig-Bee	Capacitor Cerâmico 100nF 50V	6
			Capacitor Cerâmico 10pF 50V	2
			Capacitor 10uF Eletrolítico	2
			Capacitor Multicamada 1.5pF	1
			Capacitor Cerâmico 18pF	2
			Capacitor Cerâmico 220pF	3
			Microcontrolador Atmega88	1
			CI REG1117	1
			CI MC13201	1
			MAX3227	1
			Resistor 47k ohm	2
			Resistor 220 ohms	1
			Resistor 1K	2
		VHF	Módulo RF310 - Modem	1
			Módulo RF500B - Base Station	1

FMEA

Neste tópico será estruturada uma análise FMEA para os processos produtivos do PRBC. Os processos produtivos abrangem uma ampla gama de possíveis falhas e discrepâncias as quais devem ser detectadas e amenizadas o quanto antes para eliminar ou ao menos minimizar efeitos indesejados e aumentar a confiabilidade.

A identificação do tipo/modo/efeito e causa de falha deu-se por meio de todo o apanhado de informações levantadas ao longo de todo o desenvolvimento do projeto, além de brainstorming do grupo para levantar outras possibilidades de falha a partir das observações feitas dos dados em mãos.

Para avaliação das falhas levantadas, foram utilizados os três índices do FMEA, são eles: índice de severidade (S), ocorrência (O) e detecção (D). Cada índice é avaliado segundo critérios previamente definidos, segue abaixo os critérios adotados para cada índice:

Fator de Risco					
Índice	Escala de Ocorrência		Escala de Gravidade	Escala de Detecção	
	Probabilidade	Ocorrência	Critério	Probabilidade do defeito chegar ao Cliente (%)	Detecção
1	0	Excepcional	Sem gravidade	0-5	Muito alta
2	1/20000	Rara	Gravidade Baixa	6-15	Alta
3	1/10000			16-25	
4	1/2000	Ocasional	Gravidade Moderada	26-35	Moderada
5	1/1000			36-45	
6	1/200			46-55	
7	1/100	Frequente	Gravidade Alta	56-65	Baixa
8	1/20			66-75	
9	1/10	Inevitável	Gravidade Muito alta	76-85	Muito baixa

Tabela 16 - Fatores de risco do FMEA

Como ponto de partida será tomado o diagrama funcional do produto:

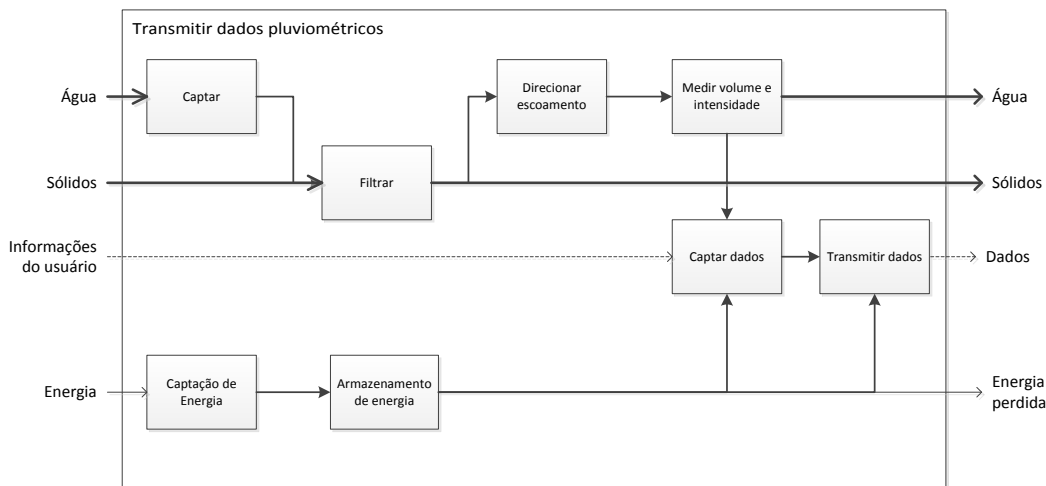


Figura 50 - Diagrama funcional do PRBC

Etapa do produto	Função e Requisitos do Processo	Modo de falha potencial	Efeito potencial de falha	Severidade	Classificação (Vide tabela Fator de Risco)	Causa/Mecanismo potencial da falha	Ocorrência	Controles atuais do processo	Deteção	NPR
Captação de água	Captar água da chuva	Entupimento do funil	Comprometimento dos dados	8	Raro	Poluição e objetos	3	Utilização de um ralo japonês	8	92
Corpo do pluviômetro	Sustentar o dispositivo	Quebra do corpo	Interrupção do funcionamento	0	Raro	Vandalismo	2	Dispositivo pouco chamativo	7	40
		Ressecamento do plástico	Alteração da medida	6	Raro	Condições ambientais	2	Utilização de plástico de maior durabilidade	2	4
Sistema de balança	Medir o volume pluviométrico	Travamento da balança	Comprometimento dos dados	8	Ocasional	Mecânica do aparelho com qualidade insuficiente	5	Testes e melhorias nas partes mecânicas do dispositivo	4	60
		Balança sair do encaixe	Interrupção do funcionamento	10	Raro	Montagem inadequada	2	Cuidado na montagem	8	60
		Desgaste do encaixe por atrito	Comprometimento dos dados	8	Raro	Imperícia	2	Cuidado na montagem e manutenção do dispositivo	4	64
		Movimento de balança antes do enchimento total	Comprometimento dos dados	8	Ocasional	Mecânica do aparelho com qualidade insuficiente	5	Testes e melhorias nas partes mecânicas do dispositivo	4	160
Sistema de captação de dados	Registrar movimentações da balança	Falha no sensor	Comprometimento dos dados	10	Ocasional	Componentes de má qualidade no circuito	6	Testar os componentes	8	80
Sistema de transmissão de dados	Transmitir dados coletados	Falha no sistema GSM	Interrupção da transmissão de dados	8	Ocasional	Má qualidade da operadora	6	Atualização de status no sistema quando não houver dados sendo recebidos	2	6
		Mau contato na placa eletrônica	Interrupção da transmissão de dados	8	Ocasional	Montagem inadequada	4	Atualização de status no sistema quando não houver dados sendo recebidos	2	64
Captação de energia	Recarregar a bateria	Potência insuficiente	Comprometimento da autonomia	8	Frequente	Objetos, poluição e posicionamento	7	Não há	5	280
Armazenamento da energia	Alimentar o dispositivo	Bateria arriou	Interrupção do funcionamento	10	Ocasional	Longo período de autonomia	4	Manutenção em periodicidade calculada para troca de bateria.	4	160
		Explosão da bateria por excesso de carregamento	Interrupção do funcionamento	0	Raro	Longo período de autonomia	1	Manutenção em periodicidade calculada para troca de bateria.	0	100

Tabela 17 - Ponderação do FMEA do PRBC

O FMEA do produto destacou como etapas críticas de seu funcionamento:

- Sistema de captação de dados (NPR: 480)
- Captação de energia (NPR: 280)
- Captação de água (NPR: 192)

O sistema de captação de dados destaca-se como elemento crítico, pois qualquer desajuste pode fazer com que a movimentação da balança deixe de ser captada corretamente. Isto causa grandes impactos na medição e possui difícil detecção. Como medida preventiva a placa será firmemente fixada, e serão feitos testes com o protótipo para prevenir o problema, reduzindo a ocorrência para o mínimo possível.

A captação energia também é parte crítica no funcionamento do produto, pois diz respeito à sua capacidade de funcionar autonomamente. Não havendo potência suficiente a bateria não será recarregada suficientemente durante o dia e logo o funcionamento será interrompido. Em um módulo de PV, se mesmo apenas uma de suas células é sombreada, a produção de energia pode ser reduzido significativamente, para prevenir isto algumas medidas foram levantadas.

No hemisfério sul, os painéis solares devem estar inclinados para o norte e devem ser inclinado em um ângulo tão latitudinal quanto possível para absorver a quantidade máxima de energia durante todo o ano. A orientação e / ou inclinação diferente pode ser usada se você quiser maximizar a produção de energia para a manhã ou à tarde, e / ou no verão ou no inverno. Os módulos nunca devem ser sombreados por árvores próximas ou edifícios, não importa a hora do dia ou da época do ano. Existem ferramentas online como no website sunearthtools.com em que se pode consultar imagens via satélite do local desejado do globo de terrestre, fornecidas pelo Google, com o recurso adicional informações relacionadas à luz solar, para auxiliar no posicionamento da placa.

Enfim destacou-se a captação da água terceira etapa de risco. A detecção é difícil e há comprometimento dos dados fornecidos, espera-se que com o ralo japonês possa-se prevenir tal ocorrência, e também serão realizados testes com o protótipo para melhorar a eficiência da solução proposta.

Além destes, vale ressaltar os riscos associados ao sistema de balança, que mostraram valores relativamente elevados. São eles:

1. Travamento da balança (NPR: 160)
2. Balança sair do encaixe (NPR: 160)
3. Movimento de balança antes do enchimento total (NPR: 160)

Para minimizar diversos testes foram realizados com o protótipo, de forma que este elemento do sistema mecânico possua a qualidade e calibração necessária para fornecer dados com qualidade satisfatória.

Embalagem

A embalagem do PRBC tem requisitos sobretudo de ordem operacional, dada a forma de comercialização do produto e o tipo de apelo que ele busca ter sobre o cliente. Isso significa que, apesar de existir um cuidado com a boa apresentação do produto, não será necessário desenvolver um design inovador para a embalagem nem torná-la atrativa, já que ela não integra de forma alguma a estratégia de marketing.

Partindo desse pressuposto, buscou-se desenvolver uma alternativa de embalagem que atendesse, de forma abrangente, às seguintes prerrogativas:

- 1) Funcionalidade
- 2) Viabilidade econômica
- 3) Sustentabilidade ambiental

Note-se ainda que os módulos adquiridos prontos (painel solar) serão transportados na própria embalagem e montados diretamente no local de instalação do PRBC.

Necessidades

Quanto à funcionalidade, a embalagem do PRBC deve:

- 1) Proteger eficientemente o produto, seus subsistemas e componentes durante as operações de transporte
- 2) Permitir uma checagem rápida da completude do kit de montagem
- 3) Ser modular com os veículos de transporte da empresa e com as estruturas de armazenamento no seu galpão

Por viabilidade econômica entende-se a seleção de materiais e operações com baixo impacto sobre o preço final do produto. Esse problema é mitigado pela reutilização de embalagens, o que tem interface também com a questão ambiental; a embalagem proposta precisa, então, fazer uso de materiais e processos de produção tão sustentáveis quanto possível, inclusive em matéria de reaproveitamento e reciclagem.

Solução

A solução encontrada para atender simultaneamente a todos os requisitos foi a combinação de uma caixa de papelão preenchida com isopor em flocos de acordo com as peças a serem acondicionadas e papel bolha para proteger itens menores. Essa estrutura garante a proteção do produto contra impacto, a estabilidade dos subcomponentes a serem montados posteriormente e a leveza do conjunto, além de proporcionar custos relativamente baixos, facilidade de reuso e liberdade de dimensionamento (solução personalizada.)

As caixas de papelão selecionadas são de papel kraft onda simples com gramatura de 460g/m² e coluna de 5,4 kn/m, disponíveis nas dimensões 38 x 28 x 19 cm. Seu preço no mercado gira em torno de R\$3,80 por unidade.

A quantidade de papel bolha necessária para a embalagem de um PRBC é de aproximadamente 1,00x0,50 m² com custo aproximado de R\$1,00. Adicionalmente, serão usados 12L de isopor em flocos (custo aproximado de R\$2,50) para preencher os espaços vazios.

Essas especificações resultam em um custo total $C = 3,80 + 1,00 + 2,50 = 7,30$ reais, sendo que esse custo será ainda reduzido pelo volume de embalagens adquiridas junto ao fornecedor e pela reutilização quase total de cada uma indeterminadamente. Isso é possível pois a equipe de instalação é própria.

Disposição dos componentes

O corpo cilíndrico ficará na vertical e será o primeiro item a ser inserido na embalagem sobre um leito de flocos de isopor. Em seguida, entre os dois cilindros, ficarão o chip e a

bateria, envolvidos individualmente em plástico bolha. Dentro do cilindro interno, também envolvido por plástico bolha, será colocada a báscula, em posição vertical. Por fim, o painel será colocado na vertical, ao lado do corpo cilíndrico dentro da caixa e envolvido em plástico bolha. Isopor em flocos permeará o todo.

Operações

Logística

Especificidades do PRBC

Dadas as especificidades do produto em desenvolvimento e a estratégia geral de entrada no mercado, a comercialização do PRBC está estruturada em duas frentes, sendo a primeira voltada para os clientes do Segmento Social e a segunda para aqueles do Segmento Privado.

O Segmento Social é composto por instituições voltadas à segurança pública, particularmente à prevenção de tragédias ligadas à chuva. Já o Segmento Privado é composto por propriedades rurais, grandes obras, concessionárias de estradas, etc. – ou seja, são cliente para os quais o PRBC traria algum tipo de retorno econômico, seja por ajudar a embasar o planejamento do negócio, seja por auxiliar na redução dos impactos climáticos sobre ele.

O foco de trabalho do grupo é no fornecimento do pluviógrafo com o menor preço possível aos clientes do Segmento Social, dado que a própria ideia de desenvolvimento do produto surgiu do desejo de atuar positivamente na melhoria das condições de vida da população brasileira. O segundo segmento surgiu como alternativa para dar sustentabilidade ao negócio: os custos serão preferencialmente repassados a esses clientes, para os quais haverá um retorno econômico ao investimento no produto. Ao longo do trabalho, ambos os segmentos foram se delineando como nichos interessantes de mercado e são hoje parte integrante da estratégia de venda do produto.

Visando a redução de custos e de retrabalho, buscou-se aproximar sempre que possível as duas frentes, trabalhando com equipes em comum e material compartilhado de divulgação; no entanto, sob diversos aspectos, fez-se necessário desenvolver duas formas diferentes de comercializar o produto. Um exemplo de aproximação diz respeito ao diferencial do produto, a pouca manutenção necessária ao seu funcionamento – toda a estratégia de comercialização e atendimento pós-venda gira em torno de fornecer ao cliente a melhor experiência, reduzindo as ações necessárias uma vez que o produto foi adquirido e instalado.

É importante reiterar aqui algumas questões que terão impacto direto na definição dos parâmetros de comercialização do PRBC, assim como apresentar fatores adicionais que surgiram nas pesquisas e entrevistas realizadas na elaboração do presente documento:

- Sempre que possível, buscar-se-á a redução do preço do PRBC para os clientes do Segmento Social, com repasse de custos àqueles do Segmento Privado, por ser essa a visão do grupo de desenvolvimento;
- Toda a estratégia de comercialização deverá colaborar com os objetivos de redução na frequência de manutenção, atendimento rápido e profissional e adaptação às necessidades de cada cliente ou grupo de clientes;
- Informações recentes são de que o município de São Paulo está saturado de pluviômetros e, apesar do diferencial de sistema do PRBC, não é possível iniciar as vendas no Segmento Social nessa região. Sendo assim, o foco será na venda a outros municípios do estado, particularmente àqueles que não possuem produtos desse tipo por questões de orçamento;
- Foi identificada a necessidade de oferecer aos clientes formas diferentes de transmissão de dados, dado que para cada região há uma disponibilidade diferente de cobertura. Sendo assim, optou-se por criar um Módulo de Transmissão com 5 alternativas de tecnologia, a ser instalado conforme a situação local. Essa diferença deve ser explicada de forma clara ao cliente, de forma a evitar atritos posteriores;

- Para que a contribuição do PRBC aos nossos clientes seja significativa, sua precisão deve ser 5 vezes superior àquela atualmente encontrada no mercado de pluviógrafos;
- Para o cliente do PRBC é de extrema importância adquirir um pacote composto por produto, instalação, equipe de manutenção e sistema, ou seja, ele espera do produto uma solução completa para o seu problema, integrada e estudada para minimizar a necessidade de intervenção do cliente;
- Outra exigência para o completo atendimento do mercado é a adequação do produto (pluviógrafo + sistema) ao Sistema de Informação de Águas de São Paulo (SIASP) – por estar relacionado ao Segmento Social, esse requisito ganha naturalmente alta prioridade junto ao grupo de trabalho.

Tendo em mente essas especificações, além daquelas discutidas anteriormente, foi traçada a estratégia de comercialização do PRBC, conforme a seguir. Note que a maior parte dos valores, assim como algumas decisões a respeito de viabilidade econômica, dependem de estudos que ainda não foram realizados; nesses casos, optou-se por descrever a linha guia das ações, deixando margem para uma tomada de posição mais consciente posteriormente.

Canais de divulgação

Os canais de divulgação a serem utilizados tanto na apresentação do produto ao mercado quanto na publicidade propriamente dita são um exemplo de variável para a qual é preciso separar os cliente dos diferentes segmentos. Conforme citado anteriormente e descrito mais a frente, a forma como esses clientes realizarão a compra é diferente e, portanto, também nossa abordagem deve levar em consideração suas necessidades, o tipo de dúvida ou dificuldade que terão, os canais de divulgação por eles acessados, etc.

1. Segmento Social

Para os clientes do Segmento Social, a compra não é realizada diretamente pelos clientes da área a ser atendida, mas sim por algum órgão, ligado ou não ao governo, que tem interesse em monitorar as chuvas no território com a finalidade de prevenir desastres. Nesse sentido, o caminho para difundir o uso do produto é a sua apresentação a esses tomadores de decisão, apresentando-lhes as vantagens do PRBC em relação aos produtos existentes no mercado.

Esse trabalho de aproximação com entidades ligadas ao tema já trouxe resultados de grande importância para o projeto: primeiramente, por trazer insumos e informações para sua elaboração, particularmente no que diz respeito às expectativas e exigências de nossos clientes; além disso, o contato revelou-se o primeiro passo no estabelecimento de parcerias, uma vez que esses órgãos já conhecem o produto e têm interesse em acompanhar seu desenvolvimento.

Uma vez que o PRBC tenha sido apresentado aos cliente desse segmento, a divulgação se dará basicamente pela manutenção do relacionamento, a ser realizada da mesma forma que esse primeiro contato: de forma profissional e personalizada, pela relação direta com os órgãos interessados.

2. Segmento Privado

Para os clientes do Segmento Privado, os canais de divulgação se aproximam mais daqueles convencionais. Para esses clientes, é razoável pensar em anúncios na mídia (televisão, jornal impresso, internet, etc.) desde que os veículos sejam selecionados conforme o público que os acessa.

Sendo assim, para apresentar o PRBC ao público rural, proprietários e/ou responsáveis por áreas de plantio ou criação de animais, um canal efetivo de divulgação pode ser o anúncio

em canais televisivos rurais (voltado à venda de equinos e bovinos, rações e fertilizantes, equipamentos, veículos, ferramentas, materiais.) Outra possibilidade é buscar o estabelecimento de parcerias com empresas produtoras desses recursos, dado que nosso público consumidor é muito similar.

Um terceiro caminho para atingir os produtores rurais é a o trabalho conjunto com universidades que tenham cursos voltados para esse segmento e que possam servir de intermediários. Temos ainda a possibilidade de divulgação via prefeituras do interior para venda a privados, com o estabelecimento de uma política de compra coletiva em uma mesma região.

Ainda no Segmento Privado, destacam-se concessionárias de rodovias estaduais e federais, para as quais é interessante monitorar o estado das chuvas ao longo da estrada. Nesse caso, a forma mais efetiva de divulgação é o contato direto com essas empresas, da mesma forma que foi feito com o Segmento Social.

Analogamente, a venda para usuários como grandes obras deve ser feito via órgãos governamentais, particularmente no caso de licitações públicas; uma vez que se estabeleça tal relacionamento e que fique comprovada a utilidade do monitoramento das chuvas junto aos responsáveis pela construção civil ou hidrelétricas, por exemplo, novamente a continuidade da divulgação se dará por contato direto.

Por fim, no caso de eventos (Copa do Mundo, Olimpíadas, festivais...) que possam beneficiar-se do uso do PRBC, a divulgação deve ser feita de forma personalizada, preferencialmente por meio de fornecedores de estrutura (tendas, geradores, limpeza e segurança, etc.) que possam auxiliar na ampliação do espectro de clientes atendidos. Se esse mercado for identificado como interessante, pode-se ainda investir na alternativa de alugar o produto, junto a uma licença limitada ou de curta duração, para a organização de eventos pontuais.

Pontos de venda

1. Segmento Privado

Para o Segmento Privado, as vendas se darão predominantemente online. O principal motivo para essa escolha é o tipo de produto e seu mercado consumidor, os quais não justificam a instalação e a manutenção de uma rede de lojas próprias. Por ter um uso bastante específico, o pluviógrafo desenvolvido não é um produto procurado pelo cidadão comum nas prateleiras de um supermercado ou loja de conveniência, o que dificulta a distribuição em outras lojas.

Note-se ainda que, uma vez que o módulo de transmissão de dados muda conforme as necessidades do cliente, a produção do PRBC se dará provavelmente conforme as encomendas realizadas (relativa personalização) e portanto não poderia ser disponibilizado em lojas para pronta entrega sem um grau considerável de desperdício.

As principais especificações do site a ser desenvolvido são:

- Descrição do produto, incluindo informações como utilidade, modo de uso, vida útil, grau de personalização possível, serviços que o acompanham, etc.;
- FAQ elaborado a partir dos questionamentos recebidos dos parceiros e de um brainstorming dentro do grupo, levantando os principais pontos que poderão gerar dúvidas (esse FAQ deverá ser posteriormente ampliado/revisto conforme as vendas forem iniciadas e os feedbacks dos clientes recebidos);
- Fornecimento de um e-mail para contato (orçamento, dúvidas não esclarecidas pelo site, encomenda, etc.) e de uma opção de contato telefônico direto (nosso

público alvo inclui pessoas pouco familiarizadas com compras online, e o produto é bastante específico com grande variedade de requisitos.) Para ambas as formas de contato é importante ter funcionários treinados seja no tratamento do cliente, seja no conhecimento profundo do produto;

- Possibilidade de pagamento por boleto ou por meio de cartão de crédito/débito;

Dependendo da análise de custos, pode ser interessante a instalação de um ponto de atendimento físico - um escritório de atendimento, sem entrega e com pequeno mostruário- em localização estratégica, visando atender clientes que não se sintam confortáveis com as ferramentas online.

Para divulgar não apenas o produto mas também esse canal de venda, a estratégia será a colocação de links em sites relacionados, seja por meio de pagamento ou de parceria. Sites interessantes nesse sentido podem ser aqueles voltados à venda de produtos agrícolas (rações, fertilizantes, sementes, sacas, equipamentos, etc.), sites que reúnem artigos e estudos (ligados ou não ao governo), órgãos dedicados, universidades, entre outros.

2. Segmento Social

A venda para clientes desse segmento se dará basicamente por meio de licitações, de forma que não será necessário estabelecer pontos físicos de venda. A contabilização de pedidos pode ser feita de forma conjunta com aqueles realizados no site, servindo como ordens de montagem a serem encaminhadas para a empresa terceirizada responsável. Mais adiante, caso essa se revele uma estratégia viável, o site pode ser adaptado para atender também a esse público, seja pela solução de dúvidas e negociações referentes a licitações, seja pelo encaminhamento das encomendas propriamente ditas.

Entregas

Dada a natureza específica e relativamente delicada do produto desenvolvido, a compra do produto está vinculada à contratação do serviço de entrega e instalação do PRBC. Essa exigência está relacionada com a garantia de funcionamento do produto, o qual requer certo grau de especialização da parte do técnico de instalação.

Ao estabelecer essa obrigatoriedade, surge naturalmente uma série de questões importantes relacionadas à viabilidade econômica e prática do sistema, tratadas a seguir:

- **Perímetro atendido** – inicialmente, as vendas estarão voltadas para o estado de São Paulo, particularmente para seu interior. Sendo assim, as entregas deverão ocorrer em todo o território, inclusive em áreas remotas e de difícil acesso, desde que observadas as condições de segurança da equipe de instalação;
- **Cobrança** – por ser um serviço de contratação compulsória ao adquirir um PRBC, a entrega não pode ter um custo (nem um preço) que venham a comprometer a venda propriamente dita. Um custo alto repassado ao cliente pode reduzir o volume de vendas, enquanto esse mesmo custo, se assumido pela empresa, pode gerar prejuízos e comprometer sua sustentabilidade. Estimativas de custo de transporte pode ser obtidas pela consulta a empresas de entrega que trabalhem com produtos fisicamente similares, servindo de base para um estudo mais detalhado da forma como serão estruturadas as entregas para o PRBC. Note-se que o custo de transporte deverá ser somado ao custo para instalação, dado que esse é um pacote de serviços a ser contratado pelo cliente;
- **Repasse dos custos** – conforme discutido no item anterior, o serviço de entrega gera custos que podem ser repassados ou não ao cliente. Dependendo dos valores envolvidos, pode-se ainda considerar a opção de cobrar pela entrega apenas aos

clientes do Segmento Privado, mantendo a estratégia de reduzir tanto quanto possível o preço do PRBC para o Segmento Social;

- **Especificações para transporte** – independentemente de a entrega ser realizada por equipe própria ou terceirizada, será necessário considerar questões como a modularização das embalagens para embarque nos veículos, a proteção do produto durante a viagem para garantir sua integridade, a otimização do percurso para entrega de mais de um item a clientes próximos e o número mínimo de PRBCs a serem entregues em uma mesma viagem para torna-la economicamente viável;
- **Compra conjunta** – no caso de um mesmo cliente comprar mais de um pluviógrafo, ou ainda de diversos clientes realizarem uma compra conjunta para entrega em locais próximos, será possível reduzir os custos (economia de escala) e eventualmente negociar redução no preço tanto do produto quanto do serviço de entrega/instalação;
- **Meio de transporte** – para o deslocamento das equipes de entrega e instalação, serão necessários veículos capazes de chegar até o cliente, mesmo que ele esteja situado em áreas de difícil acesso. Além disso, o veículo deverá proteger o produto (fechado e que possa ser trancado.) O porte do veículo a ser utilizado depende do volume de pluviógrafos entregues a cada viagem, em média, enquanto a posse ou o aluguel dependem da escolha entre equipe terceirizada ou própria, custos, etc.
- **Equipe necessária** – o dimensionamento do quadro de funcionários depende novamente do volume de vendas e da estrutura escolhida (terceirização dos serviços de entrega/instalação/manutenção ou equipes próprias.) Em ambos os casos, em função do nível de especialização necessário e das condições de trabalho, a análise deve levar em consideração custos com folha de pagamento e treinamentos de capacitação, entre outros. Enquanto a terceirização da entrega em si é relativamente simples, a associação dessa atividade com a de instalação exige um treinamento dos funcionários da empresa em questão, a ser ministrado pela nossa equipe, assim como um controle rígido da qualidade da operação. Em caso de terceirização, o ideal é que ela seja completa, incluindo agendamento de visitas, fornecimento de equipamentos e veículos, etc.
- **Prazo de entrega** – o tempo transcorrido entre a efetuação da compra e a entrega do produto dependerá do volume de vendas, da dimensão da equipe responsável, da distância entre o cliente e a empresa de montagem, da forma de transporte escolhida, da espera ou não por outras encomendas na região, etc. Uma estimativa de tempos mínimos pode ser obtida pela comparação com a entrega de produtos similares, porém limites só poderão ser estabelecidos após a tomada de diversas outras decisões.

Instalação

Conforme descrito anteriormente, a instalação do PRBC junto ao cliente será realizada no momento da entrega do produto, por uma equipe especializada própria. Sendo assim, é importante ressaltar que todos os custos envolvidos deverão ser considerados para um conjunto de atividades, e não para essa isoladamente.

A maioria das considerações levantadas para a entrega se aplica também à instalação, com algumas questões adicionais:

- **Material** – os equipamentos e ferramentas necessários devem ser fornecidos pela equipe de instalação, de forma que para o cliente a experiência nesse momento seja unicamente a de receber a equipe e instruí-la em relação ao local de instalação do

pluviógrafo. O único recurso que o cliente deve possuir previamente é um computador capaz de suportar o sistema que acompanha o PRBC, a ser instalado e testado pela equipe;

- **Perda de garantia** - a instalação é realizada obrigatoriamente pela nossa equipe no ato da entrega, sendo que a intervenção de terceiros invalida qualquer tipo de garantia fornecida junto ao PRBC. A princípio, a garantia protegerá o cliente de defeitos de fabricação mas não de ocorrências como vandalismo, raios, desgaste natural, etc.

Manutenção e assistência

A manutenção do pluviógrafo consiste na limpeza periódica do módulo de coleta e na troca da bateria ao término de sua vida útil. Os tempos entre essas intervenções dependerão dos materiais utilizados e só poderão ser determinados com precisão mais à frente, porém a baixa frequência de manutenção é um dos requisitos mais importantes para nossos clientes potenciais, e portanto um dos focos de esforço do grupo. Além disso, é preferível que a manutenção exija pouca especialização por parte do funcionário que a realiza.

Alguns pontos importantes relacionados à manutenção e assistência para o PRBC são:

- **Garantia** – durante um determinado período (a ser decidido) após a compra, o cliente terá direito ao conserto e/ou troca do equipamento sem custo adicional caso fique comprovado que existe defeito de fabricação, ou ainda algum dano sofrido durante o transporte e instalação. Essa garantia é automaticamente cancelada caso o cliente atue sobre o produto ou contrate pessoal não autorizado para tal;
- **Atendimento remoto** – para resolver dúvidas ou auxiliar na solução de problemas relacionados ao sistema, haverá a opção de Assistência Remota, por meio da qual o cliente será colocado em contato com um técnico especializado;
- **Visita técnica** – persistindo o problema no software, ou no caso de o problema estar no pluviógrafo em si, será possível agendar a visita de um técnico autorizado. Nesse caso, a visita poderá ser cobrada ou não, dependendo do responsável pelo não-funcionamento do aparelho (queda de sistema, vandalismo...) e o valor será calculado levando em consideração gastos com transporte, mão-de-obra, ferramentas, etc.;
- **Troca de partes desgastadas** – o PRBC será formado por componentes permanentes, como a estrutura externa, e outros que precisarão ser trocados periodicamente, como a bateria. A meta de tempo entre trocas é de 4 anos, ao término dos quais uma equipe especializada efetuará essa operação e destinará os componentes descartados para reciclagem. A troca dos componentes pode ser comparada à compra de um novo equipamento, e um preço proporcional será cobrado do cliente. Note-se que, nesse caso, não será necessário pagar novamente pelo sistema (já instalado e com a licença operante) nem pelas partes que não foram trocadas, o que gera uma economia considerável.

Destinação final

Um fator importante no desenvolvimento do PRBC é a consideração da sustentabilidade, tanto para a fabricação quanto para a reutilização ou reciclagem de seus componentes. Uma forma de reduzir o impacto ambiental do produto é trabalhar no aumento de sua vida útil, reduzindo assim o consumo de materiais. Nessa mesma linha, tornar o pluviógrafo tão resistente quanto possível às intempéries e ao vandalismo ajuda a tornar mais raras as trocas do aparelho por um novo.

Outro caminho para tornar o produto sustentável é a reciclagem da maior parte de seus componentes, e a sua reutilização sempre que possível – ou seja, trocar apenas as partes que

não puderem ser reaproveitadas, e dar-lhes uma destinação ambientalmente consciente. Para tanto, é importante informar-se ainda na fase de desenvolvimento a respeito da reciclabilidade de cada material a ser potencialmente utilizado, de forma a orientar essa escolha.

Além disso, dado que os PRBCs serão trocados periodicamente por equipes especializadas, próprias ou terceirizadas, é interessante estabelecer parcerias com empresas de reciclagem para que os pluviógrafos recolhidos no momento da troca lhes sejam diretamente encaminhados.

Gestão das Operações

Produção

Após a fase de definição dos requisitos do cliente e do produto, e tendo feito a escolha de quais seriam efetivamente incorporados e de que forma, surgiu a questão de como produzir o pluviógrafo de forma economicamente viável. Alguns fatores de produção precisavam ser determinados para prosseguir com a análise de custos da solução:

- **Fabricação x compra** – levando em consideração os custos de investimento em planta e recursos para fabricação e os valores de compra dos componentes (ou subsistemas) no mercado, assim como a realidade de demanda pelo produto, identificou-se como mais interessante comprar os itens necessários à confecção do pluviógrafo
- **Produto nacional x importado** – a principal comparação a ser realizada nesse quesito é a relação entre qualidade e preço, incluindo impostos e transporte. Dado que a qualidade dos componentes seria muito próxima em ambos os casos, mesmo considerando impostos de importação temos que o volume justificaria a escolha desse formato (geraria custos unitários menores).
- **Montagem própria x terceirizada** – levando em consideração os custos de implantação de uma fábrica e da mão-de-obra envolvida, poderia ser interessante a contratação de uma empresa terceirizada para fazer esse trabalho. Uma análise posterior poderá sugerir uma opção por esse formato, porém inicialmente foi estudada a viabilidade do negócio considerando a contratação de mão-de-obra e aluguel de espaço para esse processo.

Assim, dentre as muitas combinações possíveis, chegou-se a duas alternativas que se demonstraram mais alinhadas com as propostas do projeto:

1. Importação dos componentes e montagem própria
2. Importação dos componentes e montagem terceirizada

Ciclo de vida

O pluviógrafo remoto de baixo custo desenvolvido deve posicionar-se no mercado de forma a ser uma alternativa viável e interessante aos concorrentes hoje disponíveis. Se, por um lado, pretende destacar-se por seu baixo preço junto a determinados clientes, por outro precisa manter as margens de lucro tão altas quanto possíveis junto ao segundo grupo, ambos descritos no item anterior.

Sendo assim, destacam-se determinadas características a serem incorporadas ao produto para torna-lo interessante, dentre as quais um ciclo de vida diferenciado e suficientemente longo para diluir os custos incorridos seja pelo cliente, seja pelo fabricante. As suas fases devem se estruturar de forma próxima à seguinte:

6. **Desenvolvimento** – terá duração aproximada de **seis meses**, coincidindo com o primeiro semestre letivo de 2014. Nessa fase, serão desenvolvidos o conceito do produto, suas características e um protótipo, assim como as estratégias de comercialização e acompanhamento do pós-venda. Nessa etapa estarão envolvidos, basicamente: os membros do grupo desenvolvedor, o professor e o monitor da disciplina e os stakeholders entrevistados.
7. **Fabricação** – essa etapa deverá iniciar-se logo após o fim de desenvolvimento e testes junto a stakeholders selecionados, e ter duração isolada (antes do início das vendas) de aproximadamente **seis meses**. Esse tempo leva em conta o contrato de fornecimento de componentes e a montagem dos produtos, a ser terceirizada para uma empresa fabricante por lotes.
8. **Venda/Uso** – o planejamento inicial indica permanência do pluviógrafo durante **quatro anos** no mercado, sem atualizações. Esse período está relacionado à vida útil do produto, às necessidades de manutenção e às potenciais mudanças no cenário político-econômico brasileiro a cada quatro anos, além do fato de ser essa a duração máxima dos contratos de fornecimento da Defesa Civil. Após esse período, a venda pode tanto ser descontinuada quanto mantida nos termos, preços e volumes anteriores, ou ainda ter parâmetros adequados à nova realidade.
9. **Pós-venda e manutenção** – existem dois formatos possíveis para o fornecimento de acompanhamento pós-venda e manutenção do produto, conforme explicado no item “Pós-venda e manutenção” do presente relatório. De forma geral, a escolha depende das características de durabilidade e vida-útil do produto, assim como da estrutura de apoio passível de ser desenvolvida e estruturada – as opções de abordagem são: produto semi-descartável, porém reciclável, sem manutenção nem pós-venda, ou um produto mais durável com equipe especializada de atendimento. No segundo caso, o período de disponibilização desses serviços deverá girar em torno de **10 anos**.
10. **Descontinuação** – a produção do pluviógrafo desenvolvido deverá continuar, com as devidas alterações ao longo do tempo, indeterminadamente. A tendência é que o problema de deslizamentos decorrentes de chuva continuem a ocorrer, e assim requisitar prevenção; analogamente, as necessidades dos demais potenciais clientes em relação ao pluviógrafo são também de longo prazo. Temos ainda que a demanda por reposição de pluviógrafos, e conseqüente acesso ao sistema, deve continuar a movimentar as vendas mesmo que a demanda inicialmente prevista tenha sido atendida. Outras demandas podem ainda ser criadas e desenvolvidas nesse ínterim. Sendo assim, salvo causas de força maior, não há previsão para descontinuar a previsão do pluviógrafo remoto de baixo custo.

Licença de acesso ao sistema

Um dos diferenciais do produto a ser desenvolvido em relação a seus concorrentes é sua capacidade de transmitir os dados pluviométricos em tempo real e a grandes distâncias. Assim, a instalação de um pluviógrafo remoto beneficia duplamente o seu proprietário: de forma imediata, informando a situação da chuva naquela região e alertando para volumes alarmantes, e remotamente, fornecendo o panorama e o histórico construídos a partir dos dados enviados por todos os pluviógrafos desse tipo instalados.

Então, a transmissão dos dados não serve apenas para alertar uma determinada equipe da situação da chuva em um local específico de interesse, mas também para criar um banco de dados em tempo real para monitoramento de chuvas, inicialmente para o estado de São Paulo e posteriormente para todo o país.

O acesso a esse benefício se dará por meio de um sistema integrado, disponibilizado via internet para usuários cadastrados (clientes) e hospedado em um servidor terceirizado. O acesso aos dados compartilhados está condicionado à aquisição e instalação de um pluviógrafo

remoto de baixo custo, aumentando assim a rede de dados, e dependerá do pagamento de um custo fixo mensal ou anual, doravante tratado como “licença de uso.”.

A posse de uma licença de uso do sistema não é mandatória para o cliente que deseje ter acesso aos dados captados pelo seu pluviógrafo apenas. Nesse caso, uma vez adquirido o produto, o cliente não terá mais vínculo com o fabricante até o momento de realização da manutenção programada, a qual poderá inclusive ser realizada pela própria equipe do cliente, caso exista. Note-se que o pluviógrafo por ele instalado continuará enviando dados para o sistema central mesmo que o cliente opte por não adquirir a licença de acesso. A qualquer momento, o cliente poderá adquirir a licença ou cancelar a assinatura, desde que respeitadas às condições de contrato.

Para o cliente que adquirir a licença, será desenvolvida uma interface intuitiva e completa, com possibilidade de filtrar as informações por área e data. As informações serão apresentadas já com algum nível de processamento, facilitando o entendimento e reduzindo a necessidade de mão-de-obra especializada na interpretação dos dados. Adicionalmente, o desenvolvimento do sistema buscará criar funcionalidades programáveis para que o usuário possa salvar suas preferências e personalizar a exibição de dados pelo sistema, escondendo aqueles que não lhe interessam.

O custo de manutenção desse sistema será composto basicamente de hospedagem e mão-de-obra, além dos custos para desenvolvimento e atualização periódica. Esses valores serão calculados em fases posteriores do desenvolvimento do produto. O preço a ser cobrado pela licença de uso deverá ser, a princípio, tão baixo quanto possível, reduzindo os custos para o cliente e contribuindo para a fidelização. Desde que economicamente viável, o objetivo deverá ser o fornecimento gratuito desse sistema para o primeiro segmento de clientes.

Pós-venda e manutenção

Conforme as necessidades levantadas juntos aos potenciais clientes do produto, foi identificado que uma grande dificuldade enfrentada pelos atuais usuários é a frequência (e o custo associado) da manutenção preventiva. Para que funcione corretamente, um pluviógrafo tradicional precisa ser limpo aproximadamente a cada ano para retirada da poluição acumulada, assim como de eventuais folhas, insetos, etc. que tenham se juntado no coletor. Apesar de não ser um trabalho complexo, essa manutenção exige organização (principalmente no caso de múltiplos pluviógrafos) e mão-de-obra capacitada.

Tendo observado esse problema, o grupo levantou duas estratégias possíveis para contorná-lo, já que foi um requisito lembrado em todas as entrevistas realizadas e tornou-se um elo chave na definição do produto a ser desenvolvido. As alternativas elaboradas seguem abaixo:

- **Estrutura de produto semi-descartável**, sem manutenção preventiva ou corretiva: o pluviógrafo seria desenvolvido buscando tornar o conjunto reutilizável exceto pela bateria e pelo filtro tipo “ralo japonês”, os quais seriam trocados a cada ano ou biênio. A bateria e o ralo seriam reciclados, e não haveria necessidade de limpar o aparato entre uma troca e outra. Dessa forma, ficariam eliminados os custos de manutenção tanto da parte do cliente quanto da parte da empresa, que não precisaria manter uma equipe para esse fim.

- **Estrutura de produto duradouro**, com tempo entre manutenções maior do que nas opções atualmente existentes: nesse modelo, adotar-se-ia uma abordagem mais tradicional, no qual existem manutenções periódicas. O objetivo se torna, então, aumentar tanto quanto possível o intervalo entre essas intervenções, minimizando os custos associados. No entanto, faz parte dos objetivos no desenvolvimento do produto torná-lo acessível a um grande leque de clientes, diminuindo a dependência de um especialista para zelar pelo aparelho e processar os dados; sendo assim, é desejável que a empresa produtora do pluviógrafo tenha equipes especializadas para atender à demanda de manutenção.

Analisando as alternativas, o grupo optou pela segunda. As principais características do modelo de atendimento pós-venda e manutenção do pluviógrafo remoto de baixo custo serão:

6. **Manutenção:** mandatória, periódica e realizada pelo fabricante do produto.
7. **Periodicidade:** intervalos maiores do que aqueles atualmente encontrados no mercado (próximos há um ano)
8. **Custos:** o cliente arca com o custo da visita e do material de reposição, enquanto o fabricante mantém uma equipe especializada para esse fim, o estoque de materiais e a estrutura de agendamento.
9. **Descarte dos componentes substituídos:** serão reciclados por uma empresa terceirizada
10. **Tempo de atendimento após descontinuação das vendas:** dada a vida útil estimada de quatro anos para o produto, a estrutura de atendimento pós-venda será mantida inicialmente por quatro anos após o fim da comercialização. Durante esse período, a empresa venderá e instalará versões tecnologicamente atualizadas do produto original, o que ajudará a diluir os custos de manutenção da equipe de campo.

O custo a ser cobrado do cliente por visita de reposição dependerá de fatores a serem definidos mais à frente no desenvolvimento do produto, como dificuldade e tempo de instalação (do pluviógrafo completo e dos componentes trocados periodicamente), do custo desses componentes, do raio de distância coberto pela equipe e da periodicidade dessas visitas. Seguindo a estrutura de abordagem em duas frentes proposta para entrada do produto no mercado, o objetivo é realizar visitas a preço de custo – ou mesmo gratuitas – para o segmento de clientes voltado para um fim social, enquanto a manutenção oferecida aos demais daria sustentabilidade econômica a essa função do negócio.

Administração Geral

Organização geral e recursos humanos

A empresa contará com as seguintes divisões:

- Escritório central – nessa área se concentra a estrutura administrativa, composta por aproximadamente 9 pessoas divididas conforme a seguir:
 - Compras: um funcionário responsável por contratar a matéria prima e os componentes necessários, além de negociar serviços terceirizados e a parte da fabricação que não será realizada por funcionários próprios;
 - Vendas: dois funcionários responsáveis pela manutenção e atualização do site de vendas, pela resposta de dúvidas (telefônicas e por e-mail) e pela gestão de clientes, incluindo marcação de visitas e atendimento remoto;
 - Recursos Humanos: uma pessoa responsável por administrar seja os funcionários da área administrativa, seja aqueles da fábrica e das equipes de campo, e outra dedicada à logística das equipes de instalação e manutenção;
 - Relações Públicas: um funcionário responsável pela divulgação do produto junto a órgãos do governo, representantes regionais, grandes corporações e cooperativas, etc. Essa pessoa deve ter disponibilidade para viagens frequentes pelo interior do país, além de capacitação técnica para explicar o PRBC e habilidade para apresentação e negociação;
 - Sistema: dois funcionários responsáveis pela manutenção, atualização e melhoria do sistema que concentra as informações recebidas de todos os pluviógrafos instalados;
 - Financeiro: um funcionário responsável pelos aspectos legais e financeiros do negócio, assim como pela administração e registro de custos;
- Oficina de montagem – o número de funcionários nessa área varia sensivelmente com a demanda e com a fase do negócio, ou seja, com o volume de produção e comercialização. Esses operários fazem parte da empresa e respondem à administração geral por meio do Gerente de Fábrica;
- Equipe de instalação e manutenção – as equipes são formadas por 2 ou 3 funcionários capacitados para montar e consertar os pluviógrafos. O número de equipes varia conforme a demanda e a fase do negócio, sendo que cada uma dispõe de um kit de ferramentas e de um veículo com o qual realiza viagens frequentes pelo interior do estado. Esses funcionários são também próprios e respondem à administração geral por meio de seus líderes, sendo que a logística de seu trabalho é definido pela área de RH.

Vendas

Comercialização

A gestão da área de comercialização do PRBC pode ser dividida nas seguintes frentes:

- Oferta e vendas: centralizada na administração geral, a administração de ofertas ao cliente e das negociações de venda propriamente ditas são de inteira responsabilidade da equipe de vendas, a qual planeja, executa, controla e registra as operações realizadas;
- Instalação e manutenção – a administração das equipes de instalação e manutenção é realizada pela equipe de RH, a qual organiza não apenas os aspectos de prazos mas também a interface com o financeiro e as questões logísticas do trabalho de campo;

- Atendimento – realizado em conjunto pelas equipes de Vendas, Relações Públicas e Sistema, conforme a questão levantada pelo cliente (ou potencial cliente.) Uma vez que o contato foi assumido por uma das áreas, é ela que responde pelo seu encaminhamento e conclusão, ainda que isso signifique transferência para outro departamento.

Registro de clientes e vendas

O correto cadastro de clientes e de unidades ou lotes vendidos tem particular importância para a empresa seja no sentido de orientar esforços futuros de vendas, seja como entrada para a base de dados do sistema centralizador de informações providas dos pluviógrafos instalados.

Esse controle de dados é de responsabilidade do escritório central, particularmente da equipe de vendas, e inclui os seguintes dados:

- Cliente (nome, CPF e RG, endereço completo, dados bancários, etc.)
- Destinação do equipamento (região, coordenadas do local de instalação e tipo de organização, uso planejado)
- Forma de contratação (Cliente Social/Cliente Privado)
- Histórico de compras, instalação, manutenção, contatos, etc. inclusive com identificação do produto contratado e do funcionário responsável pelo atendimento
- Planejamento de próximas interações e manutenção programada

Suprimentos

Compras

O funcionário responsável pela área de compras opera diretamente do escritório central e tem como características essenciais à capacitação em negociação e a compreensão técnica do produto, além de uma visão global de todos os processos da empresa. Essas aptidões permitem que ele contrate não apenas as condições mais favoráveis do ponto de vista financeiro mas também aquelas mais adequadas aos objetivos estratégicos da empresa.

Os componentes a serem adquiridos podem ser consultados no Bill of Materials elaborado e são comprados conforme a previsão de demanda para o período, levando-se ainda em consideração a orientação da empresa para produção em ambiente MTS (*Made to Stock*.)

Tanto a matéria prima quanto os componentes prontos a serem trabalhados pela empresa terceirizada são comprados pela equipe de compras própria mas entregues diretamente à contratada. Já os subsistemas por ela preparados e os componentes que serão trabalhados pela equipe própria chegam de forma sincronizada à oficina, onde são então processados conforme a programação de produção, a qual por sua vez reflete a demanda prevista para o período.

Estoque

A empresa tem necessidade de estoque significativo em suas próprias instalações apenas para o produto acabado; para a matéria prima, o espaço necessário é pequeno devido aos baixos volumes, e os buffers intermediários com componentes e subsistemas a serem montados ficam situados no interior da fábrica.

O estoque de produtos acabados permite o acesso das equipes de instalação e manutenção, as quais são responsáveis por registrar a retirada dos pluviógrafos que serão por ela instalados. Uma quantidade excedente de unidades será retirada para cada viagem de instalação, já que o controle de qualidade do produto é realizada pela própria equipe no momento de instalação, de forma que pode surgir a necessidade de substituição.

O estoque alimenta também o ponto de venda físico, sendo que essa saída é periódica e tem volume reduzido.

Infraestrutura de apoio

Sistemas e informações gerenciais

Os aspectos gerenciais da empresa estão concentrados no escritório central e estão baseado no uso de ferramentas padrão como Pacote Office, recursos do Google, etc. Dada a simplicidade das operações e o fato da administração logística não serem o *core business* da empresa não é necessário dedicar esforços para esse fim, uma vez que as ferramentas existentes são suficientes para os fins propostos.

As equipes de trabalho são enxutas e têm responsabilidades bem definidas, ainda que sejam incentivadas a troca de informações e a ajuda mútua entre elas. Nesse sentido, a comunicação é predominantemente informal e facilitada pela concentração dessas equipes em poucos ambientes. Os objetivos únicos e inequívocos também facilitam o trabalho conjunto por mitigar conflitos entre as equipes, ou seja, elas devem trabalhar juntas e buscar o compromisso entre os diversos interesses pontuais.

Serviços gerais

Ainda segundo a lógica de não desperdiçar esforços com atividades que não sejam estratégicas para cumprir a missão da empresa, serviços como limpeza e segurança serão terceirizados. O mesmo ocorre para manutenção dos equipamentos de escritório. Analogamente, buscar-se-á estruturar as instalações de forma a compartilhar serviços como recepção, estacionamento, copa, etc. com outras empresas, reduzindo assim tantos os custos diretos quando os esforços de administração e gestão.

Ambiente de trabalho

O ambiente de trabalho na empresa deve ser informal e descontraído, de forma a proporcionar motivação ao pessoal administrativo e a permitir o livre fluxo de informações. Isso não implica absolutamente queda na produtividade, mas sim um ganho no envolvimento dos responsáveis tanto com a causa social quanto com a empresa propriamente dita.

É importante que os funcionários enxerguem seus colegas como funcionários competentes que têm seus mesmos direitos e igual potencial não apenas na realização mas também no planejamento das atividades. Isso é viabilizado pela colocação das diferentes equipes no mesmo nível da estrutura organizacional e pela difusão de uma cultura não de comando mas sim de colaboração, o que tem ainda grande interface com a meta social, e não puramente financeira, do negócio. É interessante notar que não existe na estrutura administrativa um líder ou um responsável por organizar as atividades: isso ocorre naturalmente e de forma colaborativa pelo igual envolvimento e *empowerment* de todos os funcionários.

As equipes são, ainda, pequenas e multifuncionais, além de constantemente incentivadas a conhecer os processos globais da empresa e sua estratégia como um todo. Esse envolvimento é facilitado pela seleção e recrutamento cuidadoso, buscando pessoas que se identifiquem com a causa social levantada e com os desafios técnicos e de inovação do negócio.

Viabilidade econômica

Na análise de viabilidade financeiro-econômica estuda-se o potencial de ideias, a fim de decidir se estas são as melhores opções para investimentos. Visto que investir dinheiro sempre está associado a algum tipo de risco, esta análise ganha importância no que se refere à uma maior garantia de que o retorno financeiro obtido será o maior/melhor dentre as ideias de investimento apresentadas, ou seja, se os recursos do investidor estão sendo usados da melhor forma possível.

A viabilidade econômico-financeira de um projeto pode ser entendida como a qualidade de ser suficientemente atrativa para provedores de capital. Esta qualidade pode ser avaliada por métodos consagrados, tais como o valor presente líquido (VPL) dos fluxos de caixa livres.

Nossa empresa fará pluviógrafos de baixo custo. Como venderemos essencialmente para entidades governamentais, em um primeiro momento, a empresa será relativamente pequena. Haverá uma linha de montagem, mas os equipamentos não serão fabricados na mesma. Estes serão terceirizados, sendo a empresa responsável pela engenharia do acoplamento dos elementos do pluviógrafo.

Unidades a serem vendidas

No Brasil existe um enorme potencial para a implantação de mais pluviógrafos. De acordo com dados da prefeitura, existem em São Paulo atualmente apenas 33 pluviógrafos, sendo que possui outros 24 a serem instalados. Além disso, existem no Brasil atualmente Estados sem pluviógrafos instalados pelo governo, como é o caso de, por exemplo, Mato Grosso. A Figura 51 - Quantidade de pluviógrafos instalados ou a serem instalados no Brasil.; ilustra a atual situação.

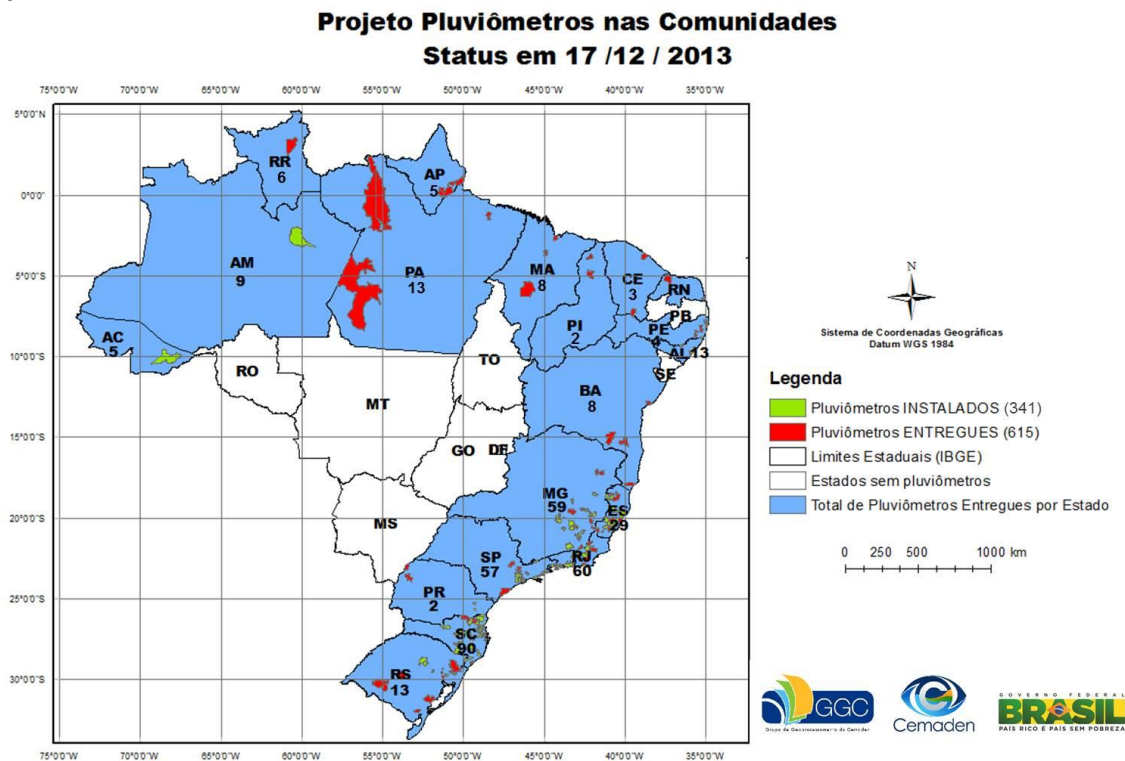


Figura 51 - Quantidade de pluviógrafos instalados ou a serem instalados no Brasil.

Um dos motivos dessa atual situação é que pluviógrafos de maior exatidão são muito caros e representam, em larga escala, um investimento muitas vezes pesado de mais para o

orçamento das prefeituras.

No item “Análise do problema do projeto”, foi visto que, idealmente, venderemos para órgãos públicos, como a defesa civil, cerca de 10.500 pluviógrafos, e no mercado privado cerca de 10.000, ao longo do ciclo de vida dos mesmos. Com base nos concorrentes e conversas com técnicos, estimamos que nosso produto fique no mercado por 4 anos. Desta forma, estimamos que sejam vendidos, para órgãos públicos, 2625 pluviógrafos por ano, ou 219 pluviógrafos por mês, enquanto que para a frente privada esse número fica em torno de 208 pluviógrafos ao mês.

Vale lembrar, no entanto, que assim que o produto lançar no mercado as vendas não deverão se iniciar com a quantidade média de vendas mensais, uma vez que nossos clientes em potencial ainda não estarão familiarizados com o nosso produto. Estimamos, desta forma, que as vendas comecem com quantidades menores, e que ao longo dos meses estas aumentem, como consequência da boa repercussão que nosso produto causará no mercado. As tabelas a seguir representam, respectivamente, uma estimativa da quantidade de vendas que esperamos alcançar no decorrer de 4 anos nos órgãos públicos e na iniciativa privada.

		Público	Privado	Total
1° Ano	1° Trimestre	225	225	450
	2° Trimestre	275	275	550
	3° Trimestre	350	350	700
	4° trimestre	450	450	900
2° Ano	1° Trimestre	600	600	1200
	2° Trimestre	750	650	1400
	3° Trimestre	825	700	1525
	4° trimestre	825	750	1575
3° Ano	1° Trimestre	938	900	1838
	2° Trimestre	1012	950	1962
	3° Trimestre	1012	950	1962
	4° trimestre	938	900	1838
4° Ano	1° Trimestre	675	675	1350
	2° Trimestre	625	625	1250
	3° Trimestre	550	550	1100
	4° trimestre	450	450	900

Tabela 18 - Distribuição de unidades a serem vendidas no decorrer de 4 anos

Estas tabelas são apenas uma aproximação, e, portanto, podem sofrer mudanças de acordo com a reação do mercado, na concorrência e no cenário.

Investimento

Como investimento, pode-se destacar até agora as pesquisas realizadas por nossa equipe, a busca por maiores detalhes técnicos, as entrevistas feitas, as reuniões periódicas e a elaboração de relatórios de estudo. Em média, pode-se dizer que cada membro trabalha 8 horas por semana no projeto, ou seja, aproximadamente 32 horas por mês. Assumimos um custo trabalho-hora de R\$ 13,00, baseado no valor da hora-trabalho em bolsas de iniciação científica da CNPq.

É preciso lembrar, no entanto, que a quantidade de horas investidas no produto antes deste ser lançado no mercado é variável, e normalmente tende a aumentar com o passar do tempo. Assim, estima-se que as horas mensais de trabalho e, conseqüentemente, o custo mensal dos salários, no período antes do lançamento do produto variem, como mostra a Tabela 19 - Custo de investimento.

Considera-se como custo de investimento, também, os custos associados à compra de infraestrutura para o local de trabalho, como computadores, telefones, lâmpadas, mesas, cadeiras, tapetes, dentre outros. Esse valor, estimado na faixa de R\$ 10.000,00, entraria nos últimos meses antes do produto lançar no mercado.

Ainda, deve-se considerar o custo do protótipo a ser realizado, antes do produto lançar no mercado. Considerando que nosso custo de produção é de R\$ 170,00, estimamos que o protótipo custe na faixa de R\$ 200,00.

Assim, o custo de investimento pode se caracterizar pela seguinte fórmula:

$$CI = \sum_{i=1}^n [N * HM * CTH] + P + IE$$

Sendo:

CI: Custo total de investimento até o mês i

n: quantidade de meses até o produto lançar no mercado

i: Contador

HM: horas de trabalho por mês

N: número de funcionários/estudantes

CTH: Custo de hora trabalhada

P: Custo de elaboração do protótipo

IE: Custo da infraestrutura

Conforme os dados numéricos dados no decorrer do trabalho, temos:

$$CI = 2080 * n + 200 + 10000$$

Assumindo que se trabalhará com o planejamento do projeto por 6 meses, antes do mesmo lançar no mercado, tem-se que o custo de investimento total será de R\$ 22,680,00, conforme mostrado na Tabela 19 - Custo de investimento.

Custo investimento						
meses	horas mensais	custo/hora	funcionários	protótipo	Custos de instalação inicial	Custo ao mês
1	24	R\$ 13,00	5	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 1.560,00
2	28	R\$ 13,00	5	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 1.820,00
3	30	R\$ 13,00	5	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 1.950,00
4	34	R\$ 13,00	5	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 2.210,00
5	36	R\$ 13,00	5	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 2.340,00
6	40	R\$ 13,00	5	R\$ 200,00	R\$ 10.000,00	R\$ 12.800,00
Custo total de investimento						R\$ 22.680,00

Tabela 19 - Custo de investimento

Como existem 2 frentes de vendas, mas o mesmo investimento será usado nas 2, foi decidido que cada análise das viabilidades econômicas trabalhará com metade desses custos.

Custos fixos

Como custos fixos, podemos destacar, primeiramente, o aluguel do galpão onde os pluviógrafos serão montados. Com base no mercado atual, estimamos alugar um galpão na zona leste de São Paulo, com 400m² de área, por R\$ 6.500,00 ao mês.

Outro custo fixo que teremos será o de manutenção do sistema de dados na internet. Para isso, estimamos um gasto de R\$ 1.200,00 ao ano, considerando o preço padrão de provedores de servidores de internet.

Por fim, existe o custo mensal com água, energia elétrica, telefone e impostos. Estes custos são deveras variáveis, e por isso não podem, serem estimados com grande precisão. Considerando que a empresa terá poucos funcionários, estimamos este conjunto de valores em R\$ 4.000,00 por mês, o qual também será dividido igualmente em ambas as frentes de

vendas.

Custos fixos	
Aluguel	R\$ 6,500.00
Servidor de dados	R\$ 100.00
Utilidades	R\$ 4,000.00
TOTAL	R\$ 10,600.00

Tabela 20 - Custos fixos

Custos variáveis

Conforme apresentado nas seções de detalhamento da parte mecânica e eletrônica. Os custos do produto serão os seguintes:

Sistemas	Tipo de custo	Custo	Observação:
Alimentação	MP	R\$ 39.60	Placa solar e bateria
Eletrônica	MP	R\$ 41.42	Componentes
	Fabricação	R\$ 15.40	Solda e montagem terceirizada
Mecânica	MP	R\$ 26.56	MP e Corpo fabricado por terceiro
	Fabricação	R\$ 7.14	40 minutos por produto
	Montagem	R\$ 1.79	10 minutos por produto
		R\$ 131.91	

Tabela 21 - Custos do produto

Preço

Conforme explicado na seção de valor mercadológico, utilizamos dados internos de licitações realizadas por dois de nossos parceiros para aquisição dos diversos materiais que formam hoje o mais próximo do que seria um sistema como o do PRBC e que é utilizado pelo governo do estado de São Paulo.

Com isso, estimamos o valor de mercado (e não custos) dos materiais (excetuando sistema de informação e mão de obra indireta) em R\$ 14.850,00 no setor público. Este valor alto ressalta que a margem de lucro sobre o produto (que é de baixo custo) é muito alta e há potencial para um alto lucro ou, no caso deste empreendimento de redução deste valor para maior acesso por parte do mercado.

No setor privado o valor mercadológico pode ser estimado em R\$600, devido aos recursos do produto que são superiores aos dos demais pluviômetros digitais existentes no mercado.

O valor de venda em cada frente é diferente, uma vez que os custos totais não são os mesmos e os objetivos de cada frente também não coincidem. Enquanto que as vendas para a iniciativa privada priorizam clientes que desejam, por exemplo, monitorar as chuvas para ter um maior controle da sua produção agrícola, as vendas feitas para os órgãos públicos têm como objetivo fornecer a estes um equipamento de baixo custo e boa qualidade, que possa ser usado em comunidades carentes e que permita a transmissão de dados de maneira eficiente, a fim de possibilitar evacuações em situações de emergências e salvar vidas.

A seguir os tributos considerados para se chegar ao preço do produto:

1) COFINS e IPI

Base de cálculo: receita bruta do mês, aí entendida a totalidade das receitas auferidas pela pessoa jurídica, sendo irrelevantes o tipo de atividade por ela exercida e a classificação contábil adotada para as receitas;

Alíquotas COFINS:

- 7,6% às empresas tributadas pelo lucro real; com constituição de créditos; transforma o tributo em não cumulativo

- b) 3,0% às empresas que optem pelo lucro presumido
- c) 4,0% às instituições financeiras
- d) Alíquotas IPI:
- e) 1,65% às empresas tributadas pelo lucro real com constituição de créditos transforma o tributo em não cumulativo

2) ICMS

Art. 155 da CF: "Compete aos Estados e ao Distrito Federal instituir imposto sobre: II – operações relativas à circulação de mercadorias e sobre prestações de serviços de transporte interestadual e intermunicipal e de comunicações, ainda que as operações e as prestações se iniciem no exterior";

- a) Alíquota: 18%
- b) Além disso, na elaboração do demonstrativo de resultados do exercício, foram considerados os seguintes impostos:

3) Imposto de Renda Pessoa Jurídica

- a) LUCRO REAL
- b) Conceito de lucro real: lucro líquido do exercício (trimestral ou anual), ajustado com as adições (despesas não dedutíveis); exclusões (receitas não tributáveis) ; e compensação com os prejuízos acumulados (atualmente, limitada a 30% do Lucro Real)
- c) Alíquotas: 15% + 10% do lucro real que ultrapassar o valor de R\$ 240.000,00 no ano (R\$ 20.000,00 / mês)
- d) Na opção pelo cálculo do IRPJ anual, a empresa deve antecipar o imposto, nos moldes do lucro presumido (imposto de renda por estimativa), podendo suspender ou reduzir o pagamento no caso de constatação de antecipação (pagamento) a maior, na comparação com o lucro real do mesmo período.

4) Contribuição Social sobre o Lucro Líquido

Lucro Real

- a) Base de cálculo: lucro líquido ajustado (nos moldes do lucro real), trimestral ou anual, antes da provisão para o IRPJ e antes da provisão para a própria CSLL
- b) Da mesma forma que o IRPJ, há possibilidade de pagamento da CSLL por estimativa;
- c) Recolhimento trimestral;
- d) Base de cálculo: mesma base de cálculo do lucro presumido para fins de IRPJ;
- e) Alíquota 9,0%.

De forma a diminuir de forma aceitável a margem de contribuição no setor público, o preço ideal encontrado foi de R\$299 por pluviômetro. Em contra partida, o preço ideal encontrado para o pluviômetro no setor privado foi de R\$399, de forma a posicioná-lo com preço acima dos pluviômetros digitais concorrentes, que possuem menos recursos, e abaixo de pluviômetros não digitais que são demasiadamente caros devido às características do produto e do mercado. Neste caso a estratégia adota para entrada neste mercado no setor privado é começar com preços baixos, que serão regulados de acordo com a demanda.

Desta forma o gráfico da composição do preço do produto será da seguinte forma:

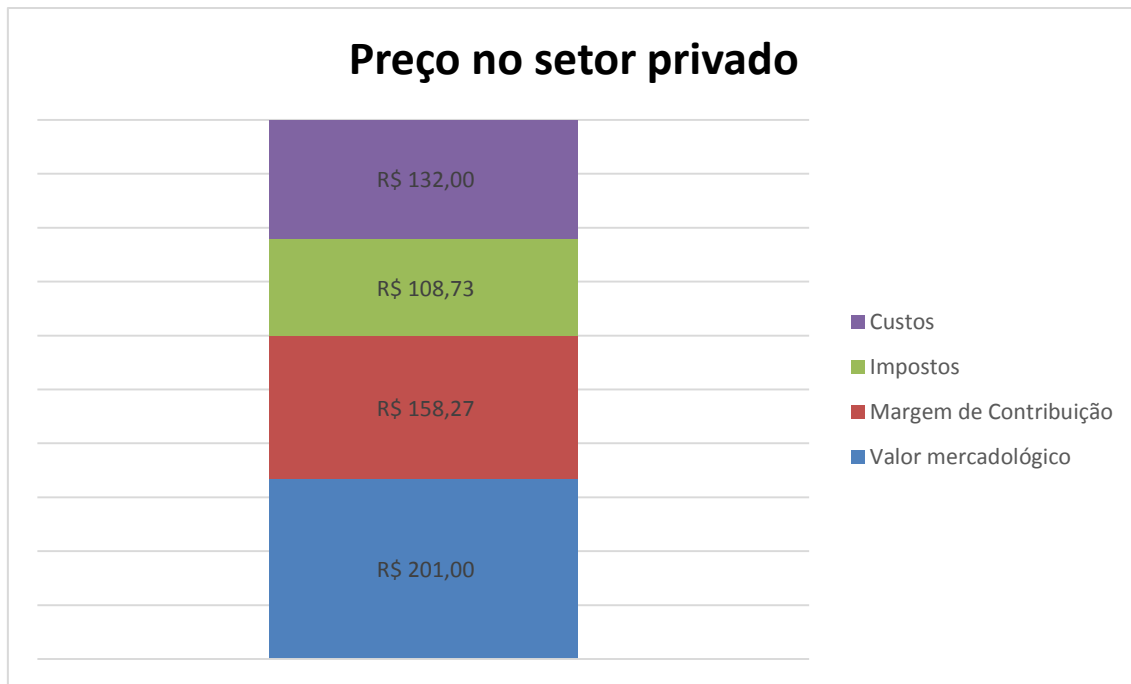


Figura 52 - Composição de preço (setor privado)

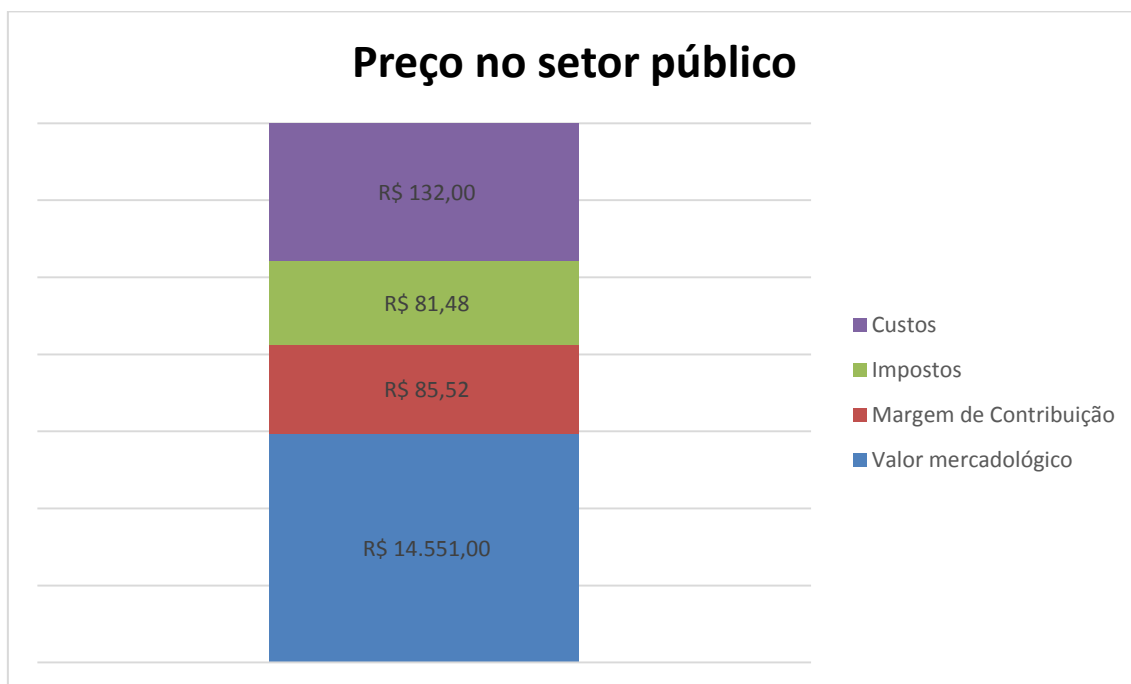


Figura 53 - Composição de preço (setor público)

Ressalta-se a diferença encontrada entre o preço do produto e o valor mercadológico encontrado no setor público, reflexo das premissas do projeto, que busca o desenvolvimento de pluviógrafos remotos e acessíveis para aplicação em larga escala.

Resultados esperados

	Preço:	1° Trimestre	2° Trimestre	3° Trimestre	4° trimestre
Quantidades - Setor privado	399	225	550	700	900
Quantidades - Setor público	299	225	275	350	450
Receita Bruta		R\$ 157,050.00	R\$ 301,675.00	R\$ 383,950.00	R\$ 493,650.00
IPI	1.65%	R\$ 2,591.33	R\$ 4,977.64	R\$ 6,335.18	R\$ 8,145.23
COFINS	7.6%	R\$ 11,935.80	R\$ 22,927.30	R\$ 29,180.20	R\$ 37,517.40
ICMS	18%	R\$ 28,269.00	R\$ 54,301.50	R\$ 69,111.00	R\$ 88,857.00
Receita Líquida		R\$ 114,253.88	R\$ 219,468.56	R\$ 279,323.63	R\$ 359,130.38
Custo Variável	132.00	R\$ 29,700.00	R\$ 36,300.00	R\$ 46,200.00	R\$ 59,400.00
Margem de contribuição		R\$ 84,553.88	R\$ 183,168.56	R\$ 233,123.63	R\$ 299,730.38
Custo Fixo	R\$ 31,800.00	R\$ 31,800.00	R\$ 31,800.00	R\$ 31,800.00	R\$ 31,800.00
LAIR		R\$ 52,753.88	R\$ 151,368.56	R\$ 201,323.63	R\$ 267,930.38
IR	15%	R\$ 7,913.08	R\$ 22,705.28	R\$ 30,198.54	R\$ 40,189.56
CSLL	9%	R\$ 712.18	R\$ 2,043.48	R\$ 2,717.87	R\$ 3,617.06
Lucro		R\$ 44,128.62	R\$ 126,619.80	R\$ 168,407.21	R\$ 224,123.76
Fluxo de caixa a valor presente	0.95%	R\$ 42,894.47	R\$ 119,636.50	R\$ 154,669.18	R\$ 200,083.84

Tabela 22 - Demonstrativo de resultados do primeiro ano de atividade

	Preço:	1° Trimestre	2° Trimestre	3° Trimestre	4° trimestre
Unidades		225	550	700	900
Receita Bruta	299	R\$ 67,275.00	R\$ 164,450.00	R\$ 209,300.00	R\$ 269,100.00
IPI	1.65%	R\$ 1,110.04	R\$ 2,713.43	R\$ 3,453.45	R\$ 4,440.15
COFINS	7.6%	R\$ 5,112.90	R\$ 12,498.20	R\$ 15,906.80	R\$ 20,451.60
ICMS	18%	R\$ 12,109.50	R\$ 29,601.00	R\$ 37,674.00	R\$ 48,438.00
Receita Líquida	217.5225	R\$ 48,942.56	R\$ 119,637.38	R\$ 152,265.75	R\$ 195,770.25
Custo Variável	132.00	R\$ 29,700.00	R\$ 72,600.00	R\$ 92,400.00	R\$ 118,800.00
Margem de contribuição	85.52	R\$ 19,242.56	R\$ 47,037.38	R\$ 59,865.75	R\$ 76,970.25

Tabela 23 - Participação do setor público na margem de contribuição

	Preço:	1° Trimestre	2° Trimestre	3° Trimestre	4° trimestre
Unidades		225	550	700	900
Receita Bruta	399	R\$ 89,775.00	R\$ 219,450.00	R\$ 279,300.00	R\$ 359,100.00
IPI	1.65%	R\$ 1,481.29	R\$ 3,620.93	R\$ 4,608.45	R\$ 5,925.15
COFINS	7.6%	R\$ 6,822.90	R\$ 16,678.20	R\$ 21,226.80	R\$ 27,291.60
ICMS	18%	R\$ 16,159.50	R\$ 39,501.00	R\$ 50,274.00	R\$ 64,638.00
Receita Líquida	290.2725	R\$ 65,311.31	R\$ 159,649.88	R\$ 203,190.75	R\$ 261,245.25
Custo Variável	132.00	R\$ 29,700.00	R\$ 72,600.00	R\$ 92,400.00	R\$ 118,800.00
Margem de contribuição	158.27	R\$ 35,611.31	R\$ 87,049.88	R\$ 110,790.75	R\$ 142,445.25

Tabela 24 - Participação do setor privado na margem de contribuição

Fluxo de Caixa

Ao longo de 4 anos, em resumo os resultados esperados são os seguintes:

n	Período	Qtd	Receita Bruta (R\$ M)	Receita Líquida (R\$ M)	Margem de contribuição (R\$ M)	LAIR (R\$ M)	Lucro (R\$ M)	Fluxo de caixa a valor presente (R\$ M)
3	Trimestre 0	0					-23	-22
6	1° Trimestre	450	157	114	85	53	44	42
9	2° Trimestre	550	302	219	183	151	127	116
12	3° Trimestre	700	384	279	233	201	168	150
15	4° trimestre	900	494	359	300	268	224	194
18	1° Trimestre	1200	658	479	400	368	308	260
21	2° Trimestre	1400	753	548	462	430	360	295
24	3° Trimestre	1525	818	595	503	471	394	314
27	4° trimestre	1575	853	620	521	490	409	317
30	1° Trimestre	1838	1002	729	610	579	484	365
33	2° Trimestre	1962	1067	776	651	619	518	379
36	3° Trimestre	1962	1067	776	651	619	518	368
39	4° trimestre	1838	1002	729	610	579	484	335
42	1° Trimestre	1350	740	539	450	418	349	235
45	2° Trimestre	1250	686	499	416	384	322	210
48	3° Trimestre	1100	603	439	366	335	280	178
51	4° trimestre	900	494	359	300	268	224	138
TOTAL								R\$ 3.874.315

Tabela 25 - Resultado financeiro

Cálculo do VPL

O Valor Presente Líquido (VPL) é definido pela seguinte fórmula matemática:

$$VPL = \sum_{t=0}^n \frac{FC_t}{(1+i)^t}$$

Onde:

VPL: Valor Presente Líquido

n: tempo total do projeto (anos ou meses)

i: taxa mínima de atratividade

FC_t: Fluxo de caixa por período

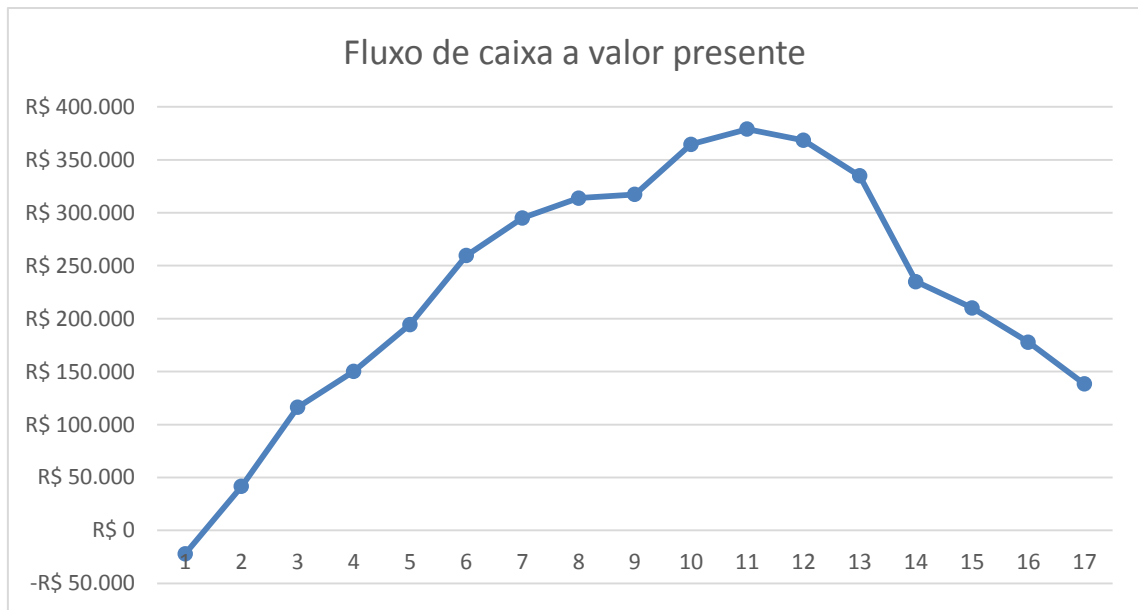


Figura 54 - Fluxo de caixa a valor presente

A soma dos fluxos de caixa a valor presente totaliza mais de R\$3 milhões. Ressalta-se que não foram consideradas as despesas administrativas, desta forma este é apenas o fluxo de caixa relacionado ao lucro operacional. Para garantir viabilidade do projeto estabeleceu-se tais margens de forma a comportar todas as demais despesas necessárias para funcionamento do negócio.

Bibliografia

1. ROZENFELD, H. et al. Gestão de desenvolvimento de produtos: uma referência para a melhoria do processo. São Paulo, Saraiva, 2006.
2. BAXTER, M. Projeto de produto: guia prático para o design de novos produtos. São Paulo, Edgard Blücher, 1998.
3. GURGEL, F. - Administração do Produto - Editora Atlas 1995 BACK, N., Metodologia de Projeto Produto Industrial, Guanabara 1983
4. World Meteorological Organization (WMO) (1997). Guide to meteorological instruments and methods of observation. 6a ed., WMO No. 8. Geneva, Switzerland.
5. Brock, F. and S. Richardson. Meteorological measurement systems (2001). Oxford University Press.
6. MINISTÉRIO DA AERONÁUTICA. Manual de meteorologia para aeronavegantes. Rio de Janeiro: M.M.A. Diretoria de Rotas Aéreas. s/d.
7. HORNEBERGER, G.M., RAFFENSPERGER, J.P., WIBERG, P.L., & ESHLEMAN, K.N, - Elements of Physical Hydrology, Johns Hopkins University Press, 1998, 302p.
8. PONCE, V.M., - Engineering Hydrology: Principles and Practices. Prentice Hall, 1989, 640p.
9. HOLMES, R.K.; ANDERSON, J.S.; WISTON, P.E.; LEHR - Weather Satellites: Systems Data and Environmental Applications. AMS, 1990, 503p.
10. RINEHART, E.R. - Radar for Meteorologists. Rinehart Pub., 1997, 428p.,
11. TUCCI, C.E.M. - Hidrologia: Ciência e Aplicação. Associação Brasileira de Recursos Hídricos, 1993, 943p.
12. TUCCI, C.E.M.; PORTO, R.L.L.; BARROS, M.T.L. - Drenagem Urbana. Associação Brasileira de Recursos Hídricos, 1995, 428p. Telles,
13. D. DÁ., 2012: Precipitação global, regional e local In: CICLO AMBIENTAL DA ÁGUA DA CHUVA À GESTÃO.1 ed. São Paulo : Blucher, 501p.
14. AHRENS, D.C. – Meteorology Today: An Introduction to Weather, Climate and the Environment. Ninth Edition. Brooks Cole, 2008, 624p.
15. AGUADO, E & BURT, J.E. – Understanding Weather and Climate. Fifth Edition. Prentice Hall, 2009, 608p.
16. BARRY, R.G. & CHORLEY, R.J. – Atmosfera, Tempo e Clima. Nona Edição. Bookman Editora, 2013, 512p.