

UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ
DEPARTAMENTO ACADÊMICO DE ELETRÔNICA
ENGENHARIA INDUSTRIAL ELÉTRICA: ÊNFASE EM
ELETRÔNICA/TELECOMUNICAÇÕES

DOMICIUS SILVA SCHIEBEL E VINÍCIUS FRAHM

**ANALISADOR DE COLORAÇÃO DENTÁRIA POST
MORTEM (SISTEMA ACDPM)**

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

CURITIBA

2013

DOMICIUS SILVA SCHIEBEL E VINÍCIUS FRAHM

**ANALISADOR DE COLORAÇÃO DENTÁRIA POST MORTEM
(SISTEMA ACDPM)**

Trabalho de Conclusão de Curso de graduação, apresentado à disciplina de Trabalho de Conclusão de Curso 2, do Curso Superior de Engenharia Industrial Elétrica: Ênfase em Eletrônica/ Telecomunicações do Departamento Acadêmico de Eletrônica – DAELN – da Universidade Tecnológica Federal do Paraná – UTFPR, como requisito parcial para obtenção do título de Engenheiro.

Orientador: Rubens Alexandre de Faria

CURITIBA

2013

DOMICIUS SILVA SCHIEBEL

VINÍCIUS FRAHM

**ANALISADOR DE COLORAÇÃO DENTÁRIA POST MORTEM
(SISTEMA ACDPM)**

Este Trabalho de Conclusão de Curso foi julgado e aprovado como requisito parcial para a obtenção do título de Engenheiro em Engenharia Industrial Elétrica: Ênfase em Eletrônica/Telecomunicações pela Universidade Tecnológica Federal do Paraná.

Curitiba, 09 de Maio de 2013.

Prof. Dr. Hilton José Silva Azevedo
Coordenador de Curso
Departamento Acadêmico de Eletrônica

Prof. Dr. Dario Eduardo Amaral Dergint
Coordenador de Trabalho de Conclusão de Curso
Departamento Acadêmico de Eletrônica

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. Tasso Graeff Arnold

Prof. Dr. Rubens Alexandre de Faria

Prof. Dr. Kleber Kendy Horikawa Nabas

Dedico este trabalho aos meus pais Alberto e Márcia e ao meu irmão Guilherme que sempre de algum modo se fizeram presentes e me apoiaram desde o início e também à minha namorada Marjorie pela sua paciência e apoio incondicional.

Vinícius Frahm

Dedico este trabalho aos meus pais Sérgio e Silvia e à minha irmã Carolina que sempre me apoiaram e me deram suporte nos momentos em que foi preciso.

Domicius Silva Schiebel

AGRADECIMENTOS

Agradeço a todos que de alguma forma me ajudaram, seja emocionalmente como profissionalmente.

Agradeço ao Prof. Dr. Rubens Alexandre de Faria pelos seus ensinamentos e orientação no desenvolvimento deste trabalho e a todos os professores que me ajudaram a trilhar este caminho.

Aos meus colegas de curso pela sua amizade, companheirismo e auxílio em todos estes anos que passamos juntos.

Agradeço também aos meus pais Alberto e Márcia, ao meu irmão Guilherme e minha namorada Marjorie pelo seu carinho, apoio nos momentos difíceis e por sempre acreditaram em mim.

Vinícius Frahm

Agradeço a todos que colaboraram, de forma direta ou indireta, para que chegasse até aqui.

Agradeço aos meus pais Sérgio e Sílvia e à minha irmã pelo seu apoio incondicional e pelo seu afeto, sempre acreditando em mim.

Agradeço ao Prof. Dr. Rubens Alexandre de Faria pelos seus ensinamentos e orientação no desenvolvimento deste trabalho e a todos os professores que contribuíram na minha formação.

Aos meus amigos e colegas, pela amizade e críticas construtivas e que sempre estarão na minha lembranças.

Domicius Silva Schiebel

“O único homem que está isento de erros, é aquele que não arrisca acertar.”

(Albert Einstein)

RESUMO

SILVA SCHIEBEL, Domicius; FRAHM, Vinícius. **ANALISADOR DE COLORAÇÃO DENTÁRIA POST MORTEM (Sistema ACDPM)**. 2013. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) – Curso de Engenharia Industrial Elétrica: Ênfase em Eletrônica/Telecomunicações, UTFPR, Curitiba.

Observou-se que tempo após o óbito de uma pessoa por causas não naturais, a coloração dos dentes do cadáver assumia uma coloração rosada (Pink Teeth), e foi constatado que isto ocorre devido ao derrame de sangue na dentina. O objetivo principal é o desenvolvimento de um equipamento que irá fazer a análise odontológica post mortem, na qual a coloração do dente será o objeto de estudo. Os testes são realizados exaustivamente, com a prioridade da busca das alternativas mais simples para atender as especificações necessárias. Desta forma, a metodologia terá as etapas de estudo de tecnologia, construção de protótipos, planejamento de melhorias e a construção final do sistema. O desenvolvimento deste produto se baseou na implementação de dois sistemas, sendo um móvel, que será manuseado pelo legista e faz a transmissão sem fio dos dados obtidos pelo sensor de cor, e outro fixo que recebe a informação do dispositivo móvel, processa os dados e retorna um diagnóstico através de um software que irá auxiliar na identificação e estudo da possível causa de óbito. Como resultado uma ferramenta de auxílio no estudo e na resolução de casos para a perícia criminal, através das análises obtidas.

Palavras-chave: Odontologia Legal, Coloração, Dente, Diagnóstico.

ABSTRACT

SILVA SCHIEBEL, Domicius; FRAHM, Vinícius. **POST MORTEM DENTAL COLOR ANALYZER (System ACDPM)**. 2013. Course Conclusion Labor (Undergraduate) – Industrial Electrical Engineering Course: Emphasis in Electronics / Telecommunications, UTFPR, Curitiba.

It was observed that after the death time of a person, by some unnatural causes, the coloration of the carcass of the teeth has assumed a pink color (Pink Teeth) and it was found that this occurred due to a leakage of blood in the dentin. The main objective is to develop a device that will make the dental post mortem examination, in which the color of the tooth will be the object of study. Tests are conducted thoroughly, with the priority of searching the simplest alternatives to meet the required specifications. Thus, the method has the steps of technology study, prototype construction, engineering and construction improvements of the end system. The development of this product was based on the implementation of two systems, one mobile, which will be handled by the coroner and makes the wireless transmission of data obtained by the color sensor and other fixed, receiving the information from the mobile device, processes the data and returns a diagnosis using a software that will assist in the identification and study of the possible cause of death. Thus, as a result, the product will be a tool to aid in studying and solving cases for forensic criminology, through the analysis of information obtained.

Keywords: Legal Odontology, Stain, Teeth, Diagnosis.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - Ossada com dentes rosados.....	22
Figura 2 – Placa de debug USB e placa com microcontrolador	23
Figura 3 – Módulo móvel	24
Figura 4 – Pilhas alcalinas (esq.) e baterias de lítio (dir.)	28
Figura 5 – Diagrama de blocos do funcionamento do sensor TCS230	30
Figura 6 – Diagrama para montagem do circuito com o sensor	32
Figura 7 – Curva que relaciona a temperatura e o tempo para soldagem do sensor	35
Figura 8 – Esquemático do circuito do sensor.....	37
Figura 9 - Camadas do SimplicíTI.	40
Figura 10 - Blocos do sistema móvel	43
Figura 11 – Procedimentos de operação do sensor.	43
Figura 12 – Protótipo de testes.	48
Figura 13 – Protótipo final.	49
Figura 14 – Blocos do sistema fixo.	51
Figura 15 – Receptor com conector USB.....	52
Figura 16 – Sistema fixo.....	53
Figura 17 - Quadro de cor.....	55
Figura 18 - Coloração em hexadecimal e nomenclatura	56
Figura 19 – Campo de dados cadastrais.	57
Figura 20 – Arquivo texto.	57
Figura 21 - Resultado final do software.	58

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Associação dos pinos do kit com o microcontrolador MSP430	25
Quadro 2 – Características gerais do MSP430	26
Quadro 3 – Características do cc2500	26
Quadro 4 – Características dos sensores de cor.....	29
Quadro 5 – Notas para escolha do sensor.....	30

Quadro 6 – Escolha dos fotodiodos	31
Quadro 7 – Pinagem no sensor ADJD-S313	33
Quadro 8 – Cronograma de atividades	63
Quadro 9 – Custos para a compra de componentes e kits para confecção dos módulos.	64
Quadro 10 - Tabela com gastos para aquisição de itens de apoio ao desenvolvimento.	65
Quadro 11 – Relação de Riscos	66
Quadro 12 – Número de dentistas por especialidade	73
Quadro 13 – Análise SWOT.....	80
Quadro 14 - Projeção de venda para os próximos cinco anos	82
Quadro 15 - Cronograma.....	84
Quadro 16 – Quadro de pessoal.....	85
Quadro 17 – Projeção de fluxo de caixa para os próximos 5 anos.....	89

LISTA DE SIGLAS E ACRÔNICOS

LISTAS DE SIGLAS

ACDPM	<i>Analisador de Coloração Dentária Post-Mortem</i>
AD	<i>Analógico Digital</i>
AGND	<i>Analogic Ground</i>
API	<i>Application Programming Interface</i>
CFO	<i>Conselho Federal de Odontologia</i>
DC	<i>Direct Current</i>
DGND	<i>Digital Ground</i>
GND	<i>Ground</i>
IDE	<i>Integrated Development Environment</i>
IrDA	<i>Infrared Data Association</i>
I/O	<i>Input/Output</i>
I2C	<i>Inter-Integrated Circuit</i>
NC	<i>No Connection</i>
PCI	<i>Placa de Circuito Impresso</i>
P&D	<i>Pesquisa e Desenvolvimento</i>
RAM	<i>Random Access Memory</i>
RISC	<i>Reduced Instruction Set Computer</i>
RF	<i>Rádio Frequência</i>
RGB	<i>Red Green Blue</i>
SBCP	<i>Sociedade Brasileira de Cirurgia Plástica</i>
SCL	<i>Serial Clock</i>
SDA	<i>Serial Data</i>
SMD	<i>Surface Mount Soldering</i>
SPI	<i>Serial Peripheral Interface</i>
UART	<i>Universal Synchronous Asynchronous Receiver Transmitter</i>
USART	<i>Universal Synchronous Asynchronous Receiver Transmitter</i>
USB	<i>Universal Serial Bus</i>

LISTAS DE ACRÔNICOS

ABIMO Associação Brasileira da Indústria de Artigos e Equipamentos Médicos,
Odontológicos, Hospitalares e de Laboratórios

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	15
1.1	DELIMITAÇÃO DO TEMA.....	15
1.2	JUSTIFICATIVA	16
1.3	PROBLEMAS E PREMISSAS	17
1.4	OBJETIVOS	18
1.4.1	Objetivo Geral.....	18
1.4.2	Objetivos Específicos	18
1.5	ESCOPO	18
1.5.1	Produto.....	18
1.5.2	Projeto.....	19
1.6	PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS	19
1.6.1	Estudar Tecnologias.....	19
1.6.2	Construir Primeiro Protótipo	19
1.6.3	Planejar Melhorias	20
1.6.4	Construir Segundo Protótipo	20
1.6.5	Construir Equipamento Final.....	20
1.7	ESTRUTURAÇÃO DO TRABALHO	21
2	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	22
2.1	O PINK TEETH.....	22
2.2	KIT eZ430-RF2500	22
2.2.1	MSP 430	25
2.2.2	CC2500	26
2.3	COMUNICAÇÃO COM O COMPUTADOR	27
2.4	ALIMENTAÇÃO DO MÓDULO MÓVEL.....	28
2.5	ESCOLHA DO SENSOR DE COR	29
2.5.1	TCS230	30
2.5.2	ADJD-S313.....	32
2.5.3	ADJD-S311.....	36
3	DESENVOLVIMENTO	39
3.1	SISTEMA MÓVEL	42
3.1.1	Implementação do Sensor RGB.....	43
3.1.2	Implementação do Envio de Dados por Wireless	46
3.1.3	Montagem	47
3.1.4	Considerações	50
3.2	SISTEMA FIXO	50
3.2.1	Implementação do Receptor Wireless	51
3.2.2	Comunicação Serial com o Computador	52
3.2.3	Montagem Final	53
3.2.4	Considerações	53
3.3	PROGRAMA COMPUTACIONAL (<i>SOFTWARE</i>)	53
3.3.1	Plataforma Matlab.....	54
3.3.2	Funcionalidades	54
3.3.3	Aquisição dos Dados do Sistema Fixo	55
3.3.4	Janela de Cor.....	55
3.3.5	Coloração em Hexadecimal e Nomenclatura.....	56
3.3.6	Dados Cadastrais.....	56
3.3.7	Arquivo para Consulta	57

3.3.8	Resultado Final	58
3.3.9	Considerações	58
4	RESULTADOS OBTIDOS	59
4.1	RESULTADOS TECNOLÓGICOS	59
4.2	RESULTADOS CIENTÍFICOS	59
4.3	RESULTADOS SOCIAIS	60
4.4	TESTES	60
4.5	Considerações	61
5	GESTÃO	62
5.1	CRONOGRAMA	62
5.1.1	Considerações	63
5.2	CUSTOS	63
5.2.1	Custos Diretos	64
5.2.2	Custos Indiretos	64
5.2.3	Considerações	65
5.3	RISCOS	66
5.3.1	Considerações	67
6	PLANO DE NEGÓCIOS.....	68
6.1	SUMÁRIO EXECUTIVO	68
6.2	DEFINIÇÃO DO NEGÓCIO	69
6.2.1	Visão:	69
6.2.2	Missão:	69
6.2.3	Valores:	69
6.2.4	Descrição do negócio:	69
6.3	OBJETIVOS	70
6.3.1	Objetivo Principal	70
6.3.2	Objetivos intermediários	70
6.3.3	Descrição do Produto e Serviços	71
6.3.4	Análise Comparativa.....	71
6.3.5	Tecnologia	71
6.3.6	Produtos e Serviços Futuros	72
6.4	ANÁLISE DE MERCADO RESUMIDA	72
6.4.1	Segmentação de Mercado	73
6.4.2	Segmento Alvo de Mercado.....	74
6.4.3	Análise da Indústria	76
6.5	DEFINIÇÃO DA OFERTA E DA PROPOSTA DE VALOR.....	78
6.6	ESTRATÉGIA E IMPLEMENTAÇÃO.....	79
6.6.1	Diferenciais Competitivos e Proposta de Valor.....	79
6.6.2	Estratégia de Marketing	80
6.6.3	Estratégia de Vendas	81
6.6.4	Alianças Estratégicas	83
6.6.5	Cronograma	83
6.7	GESTÃO.....	84
6.7.1	Estrutura Organizacional	84
6.7.2	Equipe	84
6.7.3	Quadro de Pessoal.....	84
6.8	PLANO FINANCEIRO	86
6.8.1	Considerações	86
6.8.2	Indicadores Financeiros	86
6.8.3	Análise do <i>Break-even</i>	86

6.8.4	Investimento Inicial	87
6.8.5	Projeção do Resultado e de Fluxo de Caixa.....	87
6.8.6	Viabilidade do Empreendimento	89
7	CONSIDERAÇÕES FINAIS	91
	REFERÊNCIAS	93

1 INTRODUÇÃO

Usualmente a identificação de cadáveres é realizada através do processo de datiloscopia, isto é, por meio das impressões digitais, mas em alguns casos a utilização desta técnica fica impossibilitada devido a interferências no corpo, como avançado estado de putrefação, carbonização, afogamento e grandes catástrofes, onde há destruição da polpa digital. Nesses casos faz-se a identificação através dos dentes, pelos odontologistas, pois as estruturas dentárias são os tecidos mais duros e resistentes do corpo humano (Oleg, 2013).

Sendo assim, desenvolveu-se a técnica do Pink Teeth (dentes rosados), que consiste no reconhecimento de mortes potencialmente criminosas, associando o tipo de morte com a coloração do dente. Algum tempo após o óbito de uma pessoa, observou-se que a coloração dos dentes do cadáver se modificou (coloração rosada) e foi constatado que isto ocorria devido a um derrame de sangue na dentina. Porém, sabe-se que este fenômeno está associado a determinados tipos de mortes súbitas e não naturais, se encaixando no contexto de “mortes violentas” como, por exemplo: asfixia, afogamento e incêndio (Faria e Oleg, 1012).

Atualmente a avaliação da coloração é feita de maneira subjetiva, dependendo exclusivamente de uma avaliação visual de um profissional legista, não viabilizando a utilização de tal técnica de maneira satisfatória. Com um equipamento eletrônico pode-se tornar o processo mais preciso, havendo redução do erro e diminuição considerável na subjetividade do processo.

1.1 DELIMITAÇÃO DO TEMA

O objetivo principal é desenvolver um equipamento que irá fazer a análise odontológica post mortem, na qual a coloração do dente será o objeto de estudo baseado na técnica Pink Teeth.

Primeiramente deve-se conhecer o fenômeno biológico que explica a mudança da coloração dentária. “O aparecimento dos dentes rosados se deve a um aumento na pressão intrapulpar, fazendo com que ocorra um extravasamento de sangue, através dos túbulos dentinários, levando a hemoglobina, pigmento responsável pela pigmentação, até a dentina alterando assim sua coloração. Nas raízes, como não há esmalte, a alteração de cor se mostra

mais exuberante. O local onde os corpos são encontrados demonstrou também um fator importante para o surgimento desse fenômeno, pois a umidade facilita a difusão da hemoglobina pelos túbulos dentinários” (Oleg, 2013).

Conhecendo a técnica responsável pela análise da coloração dentária em mortes violentas e o fenômeno biológico, pode-se desenvolver um produto eletrônico que auxilie no diagnóstico da polícia criminal. Para isto, o produto contará com um sistema móvel, contendo o sensor de cor e um sistema fixo que processará as informações e mostrará as cores na tela do computador.

1.2 JUSTIFICATIVA

A subjetividade no processo atual de validação do Pink Teeth e a busca de um processo sem falhas no padrão de comparação da coloração da dentina são os objetivos de o desenvolvimento de um equipamento eletrônico para a aquisição da coloração dentária. O equipamento eletrônico substitui o método de comparação visual, que dificulta a validação dos dados, de acordo com Faria e Oleg [1].

Também segundo Rubens e Oleg [1], a causa da morte em cadáveres que acabam por perder as evidências primárias, devido ao seu estado de decomposição, pode ser definida através de combinações de técnicas juntamente com a análise do Pink Teeth.

A utilização da técnica Pink Teeth se mostra importante como mais uma ferramenta da perícia para determinar possíveis causas de óbitos, e a automatização do processo de análise pode vir descartar falhas por visualização humana.

Assim, o sistema ACDPM pode oferecer uma alternativa para padronização, estabelecendo uma relação entre a coloração do dente e a causa da morte bem como a mudança desta coloração durante o tempo. E também realizar aquisição e a análise de dados referentes à coloração dentária em cadáveres, facilitando o estudo e resolução de casos da perícia criminalística.

O desenvolvimento do equipamento se justifica por melhorias na área de perícia criminal, auxiliando a polícia forense. Além disso, pode ajudar para que haja uma maior velocidade da apuração dos fatos, trazendo um benefício social grande, uma vez que os possíveis crimes podem ser apurados de maneira mais rápida.

Nota-se o auxílio que o equipamento providência nos diagnósticos *post-mortem*, direcionando o legista a uma possível causa de morte, o que torna o resultado menos

subjetivo. Desta forma, o equipamento pode, até mesmo, servir como uma ferramenta que pode ser utilizada para embasar a solução de possíveis crimes.

Também se observa que, no mercado, não há um dispositivo parecido que auxilie a polícia científica na identificação da coloração dentária e do respectivo tipo de morte associado àquela cor.

1.3 PROBLEMAS E PREMISSAS

Os principais problemas que o módulo busca melhorar são:

- Subjetividade no processo de análise da coloração dentária;
- Demora da obtenção dos resultados, dependendo da análise visual do legista;
- Falta de parâmetros para comparação em casos parecidos.

Através da análise destes problemas iniciais, buscou-se desenvolver um módulo que supra estas necessidades de maneira rápida e precisa. Assim, os pontos que se destacam no sistema ACDPM são:

- Praticidade no uso;
- O legista passa a não ser a única fonte que visualiza a cor. Agora ele passa a ser auxiliado pelo equipamento;
- As cores são mostradas em tempo real;
- Utilização de um sistema sem fios para transmissão dos dados;
- Possibilidade de inclusão de dados, sendo que cada nova cor pode ser adicionada à base de dados para uso futuro;
- Possui um tamanho relativamente pequeno e viável para uso, porém, é apenas um protótipo, o que com uma produção maior tornaria possível a reduzir ainda mais suas dimensões e aumentando o conforto ao seu uso.

1.4 OBJETIVOS

1.4.1 Objetivo Geral

Desenvolver um equipamento capaz de auxiliar no diagnóstico da causa da morte de uma pessoa através da sua coloração dentária.

1.4.2 Objetivos Específicos

Desenvolver um módulo de ACDPM móvel e transmissor, sem fio, microcontrolado, que adquirirá através de um sensor de cor a coloração dentária.

Desenvolver um módulo de ACDPM fixo, receptor, microcontrolado, que recebe as informações do módulo móvel, processa os dados e fornece um diagnóstico.

1.5 ESCOPO

1.5.1 Produto

O equipamento será constituído de dois módulos, sendo estes um móvel e outro fixo. Abaixo estão listadas as características a serem utilizadas de cada módulo, estando sujeitas a reavaliações e alterações.

Módulo móvel:

- Microcontrolado por MSP430 acoplado a um sensor de cor.
- Comunicação sem fio com o módulo fixo através de um transmissor do MSP430.
- Alimentação por energia fornecida pela bateria do próprio kit do microcontrolador.

Módulo fixo:

- Constituído por um Computador e um receptor MSP430.
- Comunicação sem fio com o módulo móvel através de um receptor MSP430.
- Processa a informação fornecida pelo módulo móvel.
- Disponibiliza as informações processadas.

1.5.2 Projeto

- Conduzido por dois alunos de Engenharia Industrial Elétrica com Ênfase em Eletrônica/Telecomunicações da Universidade Tecnológica Federal do Paraná.
- Busca a conclusão do curso acima citado.
- Trabalho acadêmico que visa se aproximar a um equipamento com qualidade comercial.
- Tempo estimado de 6 (seis) meses para a conclusão.

1.6 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

O projeto será desenvolvido por dois alunos de Engenharia Industrial Elétrica com Ênfase em Eletrônica/Telecomunicações da Universidade Tecnológica Federal do Paraná

Com o foco em um equipamento de médio ou baixo custo, tendo como prioridade a busca das alternativas mais simples para atender as especificações necessárias.

Será desenvolvido em cinco etapas. São elas:

1.6.1 Estudar Tecnologias

Nesta etapa, o principal objetivo é estudar o microcontrolador juntamente com o dispositivo de comunicação sem fio, para analisar as suas adequações com as funcionalidades do sistema e também da comunicação sem fio, para poder comunicar o sistema fixo com o sistema móvel. Irá ser avaliado também o custo comparado com os benefícios de cada tecnologia disponível, para assim tomar as decisões corretas.

A listagem de cada componente necessário para a construção de cada módulo será a finalização desta etapa.

1.6.2 Construir Primeiro Protótipo

Após o fim da pesquisa, será feita a aquisição dos componentes necessários para inicializar a construção do protótipo. Esta etapa tem como principal foco confirmar a

funcionalidade e a viabilidade do dispositivo. A descoberta das principais dificuldades e impossibilidades deverá acontecer nesta etapa.

A disponibilidade dos materiais e estruturas necessárias será de grande relevância para poder avaliar as possibilidades concretas de construção do equipamento.

O desenvolvimento do firmware e software dos módulos será realizado nesta etapa, tendo como principal preocupação a funcionalidade, sendo desconsiderada neste momento a possibilidade de melhores alternativas de códigos.

1.6.3 Planejar Melhorias

Um novo foco então é iniciado. Uma nova avaliação no dispositivo será feita, agora com o objetivo da melhoria do design e uma significativa revisão do firmware e software, aplicando-se correções e melhores estruturas para os códigos.

Nesta etapa dever-se-á ter uma concepção aproximada do equipamento em seus moldes finais.

1.6.4 Construir Segundo Protótipo

Com as melhorias feitas e concluídas pela etapa anterior, a construção do segundo protótipo deverá ser realizada. Quantidades excessivas de testes serão realizadas nesta etapa. O equipamento irá se aproximar bastante do produto final.

Qualquer instabilidade do sistema como um todo deverá ser eliminada. Caso problemas maiores no funcionamento do equipamento aconteçam nesta etapa, a revisão das etapas anteriores deverá ser realizada.

Todas as características funcionais necessárias para o produto final deverão estar concluídas ao fim deste processo.

1.6.5 Construir Equipamento Final

Essa etapa irá ser dedicada para fazer pequenas correções no equipamento e os ajustes finais de design. Nesta etapa será finalizada a primeira versão completa do sistema.

1.7 ESTRUTURAÇÃO DO TRABALHO

Este trabalho de conclusão de curso propõe o desenvolvimento de um produto que auxilie no processo de identificação da coloração dentária, tornando-o mais preciso, mais confiável e mais rápido. Inicialmente, ainda neste capítulo, serão mostrados estudos que comprovem a necessidade do equipamento eletrônico e vantagens da sua construção. Já no capítulo 2 serão mostrados estudos de tecnologia necessários para sua construção. O capítulo seguinte abordará todo o processo de desenvolvimento envolvendo o hardware, o firmware e o software. O próximo capítulo abordará os resultados obtidos com o novo produto. O capítulo 5 abordará a parte referente à gestão do projeto, envolvendo custos e riscos. Por último, no capítulo 6 será mostrado um plano de negócios envolvendo o produto em questão com algumas modificações.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Nesta seção serão abordadas a técnica do Pink Teeth as tecnologias utilizadas para o desenvolvimento do *hardware* e do *firmware*.

2.1 O PINK TEETH

A coloração rosada é um fenômeno natural, causado pelo derrame de sangue na dentina, e é observado em cadáveres certo tempo após o óbito. O fenômeno do dente rosado está associado ao contexto de mortes não naturais, tais como afogamento, asfixia e incêndio. Atualmente a técnica do Pink Teeth é utilizada para definir qual a *causa mortis* em alguns tipos de crimes [1].



Figura 1 - Ossada com dentes rosados.
Fonte: Faria e Oleg [1].

2.2 KIT eZ430-RF2500

O kit de desenvolvimento eZ430-RF2500 é uma plataforma de desenvolvimento produzida pela Texas Instruments, cujo objetivo é desenvolver projetos baseados na tecnologia *wireless* utilizando o microcontrolador MSP430 com comunicação USB. Basicamente é constituído por uma placa de *debug* USB, duas placas com microcontrolador e uma placa de alimentação [3].

Para o desenvolvimento de *software*, o kit utiliza a plataforma de desenvolvimento (IDE) IAR Embedded Workbench. Com esta ferramenta é possível ler e gravar códigos de programa, além de realizar sessões de debug [3].

Além de possuir os requisitos técnicos para o desenvolvimento do projeto, o kit possui o tamanho ideal para a aplicação, podendo ser facilmente transportado por uma pessoa, cabendo, até mesmo, no bolso. Portanto, alia-se a técnica com a praticidade de uso pelo usuário, visto que o tamanho, tanto do módulo fixo quanto do módulo móvel, se assemelha ao tamanho de um *pen drive*. Isto é importante, principalmente no caso do módulo móvel, pois necessita-se de algo compacto que possa ser facilmente manuseado.

Na figura 2 é mostrado o kit, contemplando a placa de debug USB e a placa com microcontrolador.

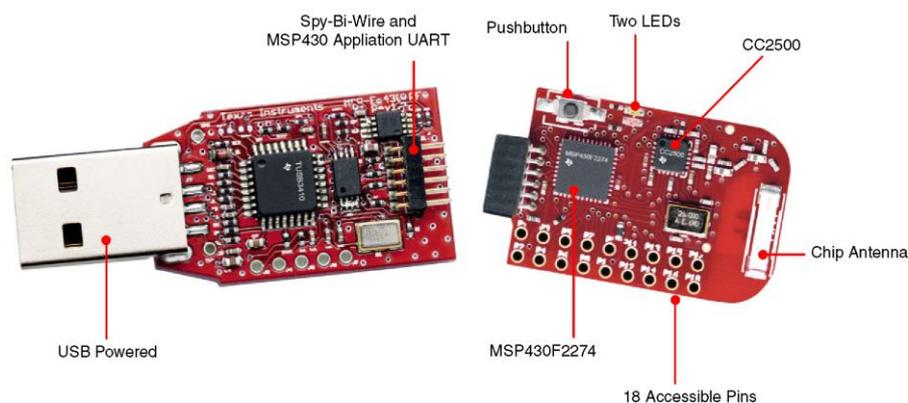


Figura 2 – Placa de debug USB e placa com microcontrolador
Fonte: Manual Placa eZ430-RF2500 [3].

À esquerda da Figura 2 encontra-se a placa que realiza a comunicação via USB, em que é possível gravar os programas e realizar a comunicação entre o computador e o módulo fixo. Também atua como alimentação para o módulo fixo, devido à porta USB.

À direita encontra-se a placa que contém o microcontrolador MSP430F2274, uma antena e o *transceiver wireless* cc2500 operando a 2.4GHz. Além disso, também há um botão para reset e dois leds, um vermelho e um verde [3].

Na Figura 3 encontra-se a placa de alimentação que se conecta a placa do módulo móvel.



Figura 3 – Módulo móvel
Fonte: Manual Placa eZ430-RF2500 [3].

Como pode ser verificado, para a alimentação é utilizado duas pilhas alcalinas do tipo AAA.

Ao todo o kit é composto por uma placa de *debug* USB, duas placas com microcontrolador e uma placa de alimentação. A seguir será dada mais ênfase sobre as placas com microcontrolador.

As duas placas possuem um *transceiver* e uma antena, em que se trata da modulação analógica da informação digital a ser enviada ou recebida. Além disso, ambas possuem o microcontrolador MSP430, o qual é responsável por realizar o processamento dos dados a serem transmitidos entre uma placa e outra e entre periféricos externos, como por exemplo, o sensor de cor a ser utilizado [3].

Sendo assim, conforme Figura 3, o *kit* fornece pinos de I/O em uma boa quantidade, totalizando 18 pinos (15 de I/O e 3 de alimentação). No Quadro 1, segue uma associação dos pinos da placa com os pinos de I/O do microcontrolador.

Pino na Placa eZ430-RF2500	Pino Correspondente no MSP430	Função do Pino
1	-	GND
2	-	VCC
3	P2.0	Pino Geral de I/O
4	P2.1	Pino Geral de I/O
5	P2.2	Pino Geral de I/O
6	P2.3	Pino Geral de I/O
7	P2.4	Pino Geral de I/O
8	P4.3	Pino Geral de I/O

9	P4.4	Pino Geral de I/O
10	P4.5	Pino Geral de I/O
11	P4.6	Pino Geral de I/O
12	-	GND
13	P2.6	Pino Geral de I/O
14	P2.7	Pino Geral de I/O
15	P3.2	Pino Geral de I/O
16	P3.3	Pino Geral de I/O
17	P3.0	Pino Geral de I/O
18	P3.1	Pino Geral de I/O

Quadro 1 - Associação dos pinos do kit com o microcontrolador MSP430

Fonte: Adaptado Manual Placa eZ430-RF2500 [3].

Segundo o Quadro 1, o kit fornece 15 pinos que estão diretamente ligados ao microcontrolador. Neste projeto os pinos terão a única função exclusiva de atuarem como pinos de I/O, porém alguns destes podem ser utilizados para desempenhar funções especiais, como timer, conversor AD, entre outros. Para se utilizar estas funções deve-se consultar o *datasheet* do microcontrolador.

Nas duas próximas subseções serão detalhados componentes importantes do kit, o microcontrolador MSP430 e o transceiver cc2500.

2.2.1 MSP 430

O MSP430 é um microcontrolador de baixo consumo de 16 bits que se baseia na arquitetura RISC. Seus registradores são de 16 bits e sua memória é composta por 32kb de memória flash e 1kb de RAM, especificamente no caso do modelo utilizado no projeto [4]. No Quadro 2 seguem outras características gerais à respeito do microcontrolador.

Parâmetro	Valor
Tensão de Alimentação	1,8 a 3,6V
Temperatura de Operação	-40 a 85°C
Frequência Máxima de Operação	16 MHz
Consumo de Corrente (1 MHz 2V)	270uA

Número de Pinos de I/O	32
------------------------	----

Quadro 2 – Características gerais do MSP430
Fonte: Adaptado de Texas Instruments, 2009.

Além disso, o microcontrolador ainda apresenta muitos periféricos importantes, como: dois timers de 16 bits, um conversor A/D de 10 bits, dois amplificadores operacionais de uso geral ajustáveis e uma interface universal de comunicação serial, suportando UART, SPI, I2C e IrDA[4].

Embora, apresente muitos periféricos úteis, a aplicação a ser desenvolvida basicamente requer que se utilize os pinos de I/O, a fim de comunicar o microcontrolador com o sensor.

O microcontrolador dispõe de pinos livres para uso geral, conforme quadro 1. Ao todo, existem quatro *ports*, variando do *port* P1 ao *port* P4, sendo que cada um dispõe de 8 pinos, totalizando os 32 já expressados. Já na placa do kit eZ430-RF2500 encontram-se disponíveis 15 pinos de I/O, conforme quadro 1, que estão ligados diretamente aos pinos do microcontrolador [3].

2.2.2 CC2500

O cc2500 é um controlador de antena de radiofrequência produzido pela Texas Instruments com o intuito de ser utilizado em aplicações de baixo consumo, podendo operar numa faixa de frequência de 2400 a 2483,5MHz[5].

No Quadro 3 seguem algumas características importantes a ser consideradas sobre o componente em questão.

Parâmetro	Valor
Tensão de Alimentação	1,8V a 3,6V
Temperatura de Operação	(40)°C a 85°C
Sensibilidade	(104)dBm a 2,4kbps
Consumo	13,3mA a 250kbps
Potência de TX	Até 1 dBm

Quadro 3 – Características do cc2500
Fonte: Adaptado de Texas Instruments, 2009.

A fabricante fornece uma pilha de protocolos de código aberto chamada *SimpliTI*, que será discutido no capítulo 3, e pode fazer pequenas redes para serem operadas.

Como o kit contempla o cc2500 mais a antena e um código aberto aplicável, escolheu-se utilizar este kit adaptando o código fornecido à necessidade da aplicação a ser desenvolvida.

2.3 COMUNICAÇÃO COM O COMPUTADOR

O módulo fixo precisa se comunicar com o computador utilizando alguma porta de acesso. Foram analisadas três possibilidades: a porta paralela, a porta serial e a porta USB.

A primeira foi descartada logo de início devido a sua incompatibilidade com as máquinas atuais, uma vez que se trata de uma tecnologia ultrapassada e que já não existe nos novos computadores. Logo, a escolha ficou entre as duas últimas.

No quesito implementação a porta serial possui alguma vantagem por possuir um protocolo mais simples, porém, da mesma forma que a primeira, já não está presente na maioria dos novos computadores, o que faria com que o produto já iniciasse seu ciclo de vida com defasagem tecnológica, trazendo uma grande desvantagem de compatibilidade do produto com a tendência do mercado.

Portanto, escolheu-se utilizar a porta USB como meio de acesso ao computador, pois, além de ser a tecnologia mais recente, possui a vantagem de transmitir dados e alimentar o dispositivo (módulo fixo) na mesma porta. No caso da serial seria necessário alimentar o dispositivo de outra maneira e, também, caso o computador não possua essa entrada, o usuário necessariamente seria obrigado a possuir um conversor serial-USB [6].

Para implementação do código que relaciona o envio de dados para a porta USB do computador também utilizou-se a biblioteca de código aberto *SimpliTI*. Desta forma, houve ganho de tempo para implantação desta parte do projeto, pois bastou aplicar as funções que relacionam o protocolo USB ao código desenvolvido para a inicialização do sensor. Na seção 3.2.1.1 este tema voltará a ser abordado.

2.4 ALIMENTAÇÃO DO MÓDULO MÓVEL

A alimentação do módulo móvel deve ser feita de forma que não se utilize fios da rede, ou seja, deve conter uma fonte DC de alimentação. Portanto, chegou-se a duas possibilidades: utilizar pilhas alcalinas ou utilizar baterias de lítio.



**Figura 4 – Pilhas alcalinas (esq.) e baterias de lítio (dir.)
Fonte: Própria.**

Tanto uma quanto a outra fornecem a tensão necessária para alimentar o sensor sem problema. Portanto, deve-se mensurar o tamanho, a duração e custo de cada uma delas.

Segundo Gizmodo [7], não há dúvidas da superioridade das baterias de lítio sobre as pilhas alcalinas, no quesito duração, oferecendo mais que o dobro da vida operacional das alcalinas. Também, sabe-se que as baterias de lítio ocupam um espaço menor no circuito.

Apesar de a bateria de lítio ser superior nos níveis técnicos, deve-se considerar dois fatores mercadológicos importantes na escolha de qual fonte de alimentação escolher: o custo e a disponibilidade no mercado.

Conforme encontrado em Gizmodo [7] “as pilhas alcalinas são as mais usadas no mundo, dominando 70% do mercado de baterias primárias em 2011, com 10 bilhões de unidades produzidas no mundo todo. A expectativa é que elas movimentem cerca de 5,4 bilhões de dólares nos EUA em 2015”. Portanto, o domínio do mercado é feito pelas pilhas alcalinas e, sendo assim, percebe-se uma maior facilidade para o usuário em encontrar tais pilhas no mercado no lugar das baterias de lítio.

Ainda segundo o autor referenciado, o preço das baterias de lítio ainda é bem superior ao preço das pilhas alcalinas. Portanto, devido a uma questão de proporcionar facilidade ao

cliente, tanto do ponto de vista do preço quanto da facilidade em aquisição, escolheu-se a adoção das pilhas alcalinas para alimentar o módulo móvel.

2.5 ESCOLHA DO SENSOR DE COR

A escolha do sensor de cor a ser utilizado no desenvolvimento do *hardware* do projeto, inicialmente, ficou polarizada em dois modelos: ADJD-S313-QR999 [8] e TCS230 [9]. O primeiro é fabricado pela Avago Technologies e o segundo é fabricado pela TAOS. Posteriormente será mostrado que um terceiro sensor entrou no processo de escolha devido a dificuldades encontradas com o sensor, até então, escolhido.

Os seguintes parâmetros foram adotados para se escolher o sensor aparentemente mais adequado: alimentação necessária (fornecimento de energia), tamanho e facilidade de implementação.

O primeiro parâmetro se deve à necessidade de se escolher um sensor cuja tensão necessária para alimentação não seja superior a duas pilhas (3V). Esta necessidade advém do sensor estar presente no módulo móvel do sistema a ser projetado e, por isso, não pode requisitar grandes fontes de tensão para o seu correto funcionamento, uma vez que isto acarretaria em um aumento do hardware e tiraria a praticidade do módulo móvel.

Já o segundo parâmetro se refere à facilidade de soldagem do sensor e de seu manuseio. Sensores muito pequenos tendem a requisitar técnicas mais aprimoradas de soldagem ou pessoas com mais experiência nesta área, o que poderia acarretar em maiores custos no projeto, pois nenhum dos alunos possui habilidades para soldar dispositivos do tipo SMD, aumentando a possibilidade de causar danos ao dispositivo.

O último parâmetro se refere à facilidade de implementação num primeiro momento após ser feita a leitura e a compreensão dos datasheets de cada componente.

O Quadro 4 abaixo mostra um resumo contemplando as principais características de cada sensor.

	Alimentação	Tamanho	Nº de Pinos
ADJD-S313	2,5V a 3,6V	5x5x0,75mm	20
TCS230	2,7 V a 5,5 V	5,1x4,1x1,8mm	8

Quadro 4 – Características dos sensores de cor
Fonte: Própria.

A partir das informações contemplados no quadro acima e sabendo que o primeiro sensor requer a implementação de um protocolo de comunicação I2C para funcionar, enquanto que o segundo se comunica diretamente com o pino de I/O, bastando apenas realizar medições no pino de saída, pode-se estabelecer critérios numéricos para seleção.

Como critério, estabeleceu-se uma nota de zero a dez pra cada um dos três parâmetros analisados. Também foi estabelecido, pelos alunos, um peso maior tanto para o primeiro quanto para o terceiro parâmetro, concedendo-lhe o valor dois. Já o segundo parâmetro ficou com o valor um.

O quadro 5 abaixo mostra como ficou a nota para cada sensor.

	Alimentação	Tamanho	Implementação	Nota Final
ADJ11	10	5	6	37
TCS230	7	5	10	39

Quadro 5 – Notas para escolha do sensor

Fonte: Própria.

Com o resultado acima se verifica que o sensor que mais se adequou ao projeto, apesar da pequena diferença, é o sensor TCS230. Como se vê no quadro acima o parâmetro tamanho se mostrou insatisfatório para ambos os sensores. Portanto, os dois outros parâmetros foram decisivos para a escolha do sensor.

2.5.1 TCS230

Este sensor é um circuito integrado que possui uma combinação de fotodiodos, que atuam como filtros para a seleção da cor desejada (RGB), acoplado a um circuito que converte corrente em frequência. Abaixo, na figura 5 ilustra-se bem o que foi descrito.

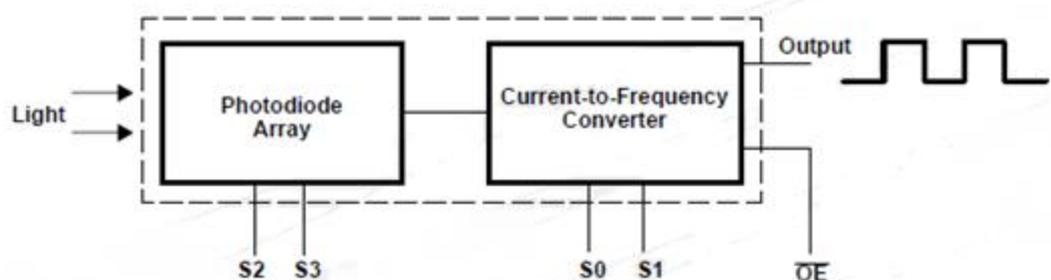


Figura 5 – Diagrama de blocos do funcionamento do sensor TCS230

Fonte: Datasheet sensor TCS230 [9].

Medindo-se a saída do sensor no pino 6, espera-se encontrar variações de frequência conforme variação da cor. Primeiramente deve-se selecionar o tipo de fotodiodo a ser utilizado, podendo este ser vermelho, azul, verde ou clear (sem filtro – não se aplica neste projeto). A frequência terá um valor máximo e mínimo para cada um dos três tipos de cores [9].

Basta ler o valor da frequência em um sistema microcontrolado, sendo que valores próximos à frequência mínima deveriam ser considerados de intensidade baixa ou nula para a cor escolhida como filtro no fotodiodo. O raciocínio inverso vale para a frequência máxima. Segue um exemplo que deixe esta informação mais clara.

Na medição da cor vermelha caso a frequência de saída possua valores próximos à frequência máxima determinada pelo fabricante, considera-se que o objeto possui grande quantidade de cor vermelha. Caso se altere o tipo de filtro utilizado, por exemplo, passa-se a utilizar o fotodiodo verde, é de se esperar que a frequência de saída tenda ao valor mínimo, uma vez que o objeto não apresenta a cor verde.

A partir do exemplo, pode-se entender o processo de obtenção de cor através de um microcontrolador. Deve-se alterar os tipos de fotodiodos e deve-se realizar as leituras da frequência de saída para cada um. A participação percentual dos três tipos de cores presentes em um determinado objeto fornecerá um valor da cor real do mesmo. O Quadro 6 representa uma associação dos níveis lógicos que devem ser colocados nos pinos S2 (pino7) e S3 (pino 8) para selecionar o fotodiodo desejado [9].

S2	S3	PHOTODIODE TYPE
L	L	Red
L	H	Blue
H	L	Clear (no filter)
H	H	Green

Quadro 6 – Escolha dos fotodiodos

Fonte: Adaptado de Datasheet sensor TCS230 [9].

Apesar de entender o funcionamento do sensor e de colocá-lo em prática, os resultados encontrados nos testes realizados com este sensor foram insatisfatórios e, até mesmo, na informação da cor, o que levou ao abandono deste sensor no prosseguimento do projeto. Sendo assim, o sensor ADJD-S313 passou a ser utilizado e o mesmo será descrito na próxima seção.

2.5.2 ADJD-S313

Como já mencionado, o desenvolvimento do projeto teve que sofrer algumas modificações devido à necessidade de mudança do sensor de cor para o ADJD-S313. Este sensor possui filtros RGB dentro de seu circuito e possui um conversor A/D para leitura do sinal de saída em um microcontrolador.

Sua resolução é de 7 bits de dados por tom de cor, ou seja, uma cor possuirá 21 bits, sendo que 7 bits serão referentes à cor vermelho, 7 bits à cor verde e 7 bits à cor azul. Além disso, se comunica externamente através de um envio serial dos dados, mais precisamente utilizando o protocolo I2C com um mestre (microcontrolador) e um escravo (sensor), o qual será melhor abordado na seção 3.1.1, referente ao firmware [8].

2.5.2.1 Pinagem

No *datasheet* do fabricante é fornecido um diagrama para montagem do circuito que permite o funcionamento do sensor. Na figura 6 é mostrado o diagrama referido.

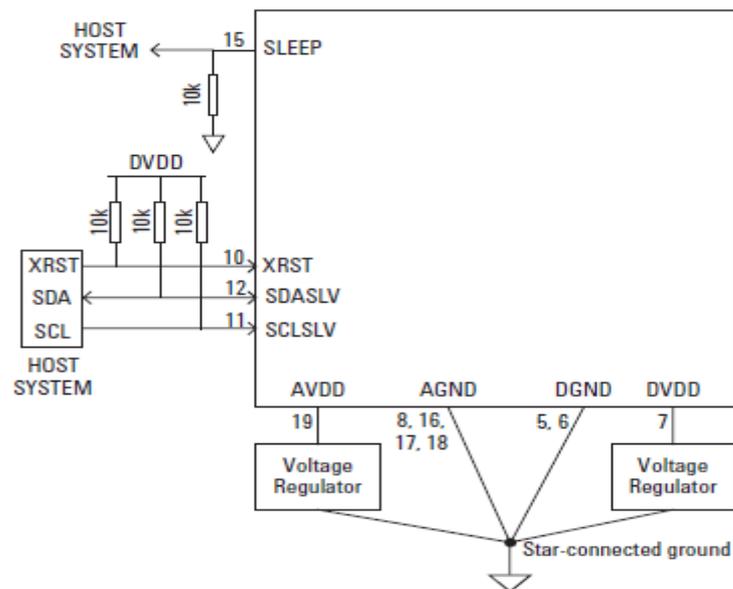


Figura 6 – Diagrama para montagem do circuito com o sensor
Fonte: Datasheet sensor ADJD S313[8].

No quadro 7 segue a função desempenhada por cada pino no circuito, sendo que a sigla NC (No Connection) significa que o pino não possui utilidade.

Pino	Nome	Tipo
1	NC	No Connect
2	NC	No Connect
3	NC	No Connect
4	NC	No Connect
5	DGND	Ground
6	DGND	Ground
7	DVDD	Power
8	AGND	Ground
9	NC	No Connect
10	XRST	Input
11	SCLSLV	Input
12	SDASLV	Input/Output
13	NC	No Connect
14	NC	No Connect
15	SLEEP	Input
16	AGND	Ground
17	AGND	Ground
18	AGND	Ground
19	AVDD	Power
20	NC	No Connect

Quadro 7 – Pinagem no sensor ADJD-S313

Fonte: Adaptado de Datasheet sensor ADJD S313 [8].

No circuito a ser implementado, tanto os pinos AGND (analógico) e DGND (digital) devem ser colocados no GND do circuito de alimentação. Já os pinos DVDD e AVDD devem ser colocados no terminal positivo do circuito de alimentação.

Por último, a conexão dos quatro pinos de comunicação com o mundo externo. O pino 15 (SLEEP) possui a função de permitir que o sensor entre num modo de economia de energia quando seu nível de tensão estiver em alto (nível lógico 1). Isto não será aplicado neste projeto, porém um cuidado a ser ressaltado é o não aterramento direto deste pino ao GND caso não se deseje utilizar essa função. Caso contrário, o sensor não funcionará corretamente ou simplesmente não funcionará conforme notado durante o desenvolvimento do projeto. Isto significa que não se deve colocar o pino diretamente no nível lógico 0, conforme sugestão do fabricante.

O pino 10 (XRST) é o pino que permite realizar a reinicialização do dispositivo, ou seja, é o pino do reset, em que todos os registradores do dispositivo são zerados. Para realizar esta operação com sucesso, deve-se colocar este pino em nível de tensão baixo (nível lógico 0) por pelo menos 10 μ s.

Os pinos mais importantes são os pinos 11 (SCLSLV – Serial Clock Slave) e pino 12 (SDASCL – Serial Data Slave), os quais realizam a comunicação bidirecional com o microcontrolador. Para facilitar a linguagem, neste relatório, a partir deste momento, estes pinos serão referenciados como SCL e SDA, respectivamente, pois o projeto não possui mais de um escravo.

O SCL é o pino responsável pela geração do clock que possibilitará a comunicação do sensor com o microcontrolador e o SDA é um pino bidirecional, o qual alterna seus níveis lógicos de acordo com o que deve ser enviado ou recebido pelo sensor serialmente.

2.5.2.2 Registradores

O sensor possui diversos registradores internos, os quais podem ser alterados para o seu funcionamento. Estes se dividem em três: registradores de inicialização, registradores de ganho e registradores de leitura.

Os primeiros são utilizados para se fazer a inicialização do sensor, bastando seguir os passos presentes no manual do fabricante.

Os registradores de seleção de ganho permitem que se atribuam valores que aumentem ou diminuam o ganho de uma determinada tom de cor. Por exemplo, caso se deseje ler a cor de objetos predominantemente vermelhos, é preferível que o ganho do registrador que altera o fotodiodo vermelho possua um valor superior aos demais.

Por último, os registradores de leitura. É através deles que se pode ler os valores lidos pelo sensor. Ao todo são três: ADCR, ADCG e ADCB [8]. Estes registradores guardam valores em hexadecimal e a combinação dos três fornece a cor do objeto.

Ao ler o resultado de um dos três registradores, obtém-se um número com 8 bits, variando de 0x00 a 0xFF. Porém, os bits de dados válidos são somente os 7 primeiros, sendo que o MSB deve ser descartado para a interpretação da cor correta.

Sendo assim, tem-se 21 bits válidos, conforme descrito na seção 2.6.2. Quando a leitura de um dos registradores R, G ou B for 0x7F (**01111111b**) tem-se uma intensidade de cor máxima para o determinado tom (vermelho, verde ou azul). Por exemplo, coloca-se um objeto vermelho para ser lido pelo sensor. É de se esperar que o resultado para o registrador do vermelho seja 0x7F e para os demais seja 0x00. Isto caracteriza que o objeto possui cor vermelha. Portanto, quanto maior o valor em um registrador maior a participação de um dos tons na formação da cor de um determinado objeto.

Logo, se a leitura for idêntica para os três registradores com o valor 0x7F, chega-se à cor branca e caso a leitura seja 0x00 para todos eles, chega-se a cor preta. Os valores intermediários comporão as demais cores.

2.5.2.3 Soldagem

Por possuir tamanho pequeno e ser eletrostaticamente sensível, não podendo manuseá-lo direto com a mão, deve-se tomar alguns cuidados com o sensor. Estes dois fatores impossibilitaram que os próprios alunos fizessem a soldagem do componente numa placa sem danificá-lo.

Superado este obstáculo e já tendo implementado o sensor, houve alguns problemas. O primeiro deles foi durante a primeira soldagem, em que houve perdas do componente, o qual acabou queimando. Apesar destas perdas, num primeiro momento, ainda havia sobrado um sensor em funcionamento já soldado. Porém, durante os testes verificou-se que as pilhas escolhidas para alimentar o sensor não estavam sendo suficiente e teve-se que utilizar uma fonte externa para testes. Durante estes testes este único sensor remanescente também acabou queimando.

Logo, foram realizadas novas aquisições do sensor, porém não houve sucesso e os sensores acabaram queimando. Isto se deve, principalmente, a fraca resistência do sensor à altas temperaturas, conforme pode ser visto na Figura 7.

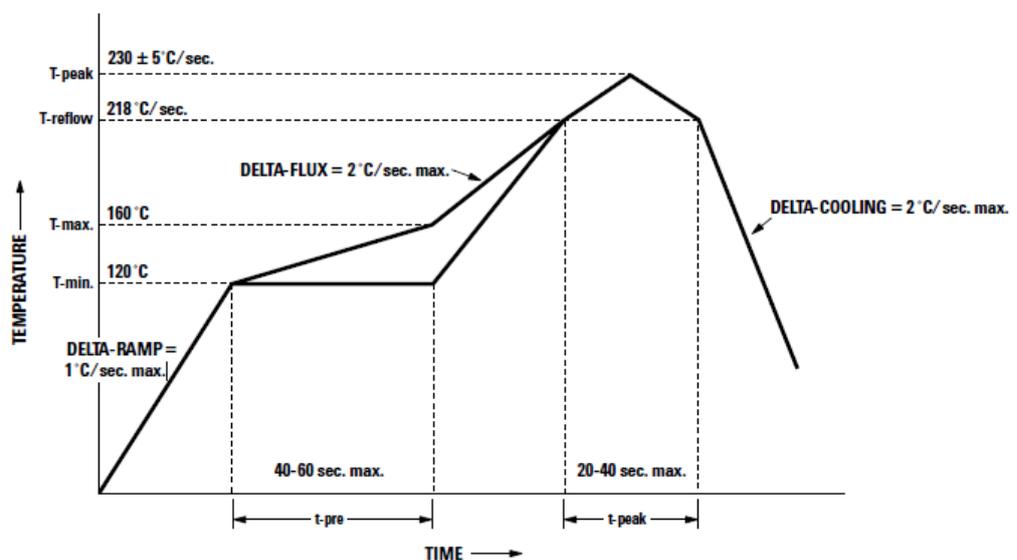


Figura 7 – Curva que relaciona a temperatura e o tempo para soldagem do sensor
Fonte: Datasheet sensor ADJD S313 [8].

Observando-se a curva acima verifica-se que o sensor tolera no máximo a temperatura de 230°C e por pouco tempo, o que dificulta muito sua soldagem por métodos tradicionais utilizando-se ferro de solda, uma vez que o mesmo facilmente ultrapassa essa temperatura. Mesmo utilizando-se estações de solda, foi verificado que as mesmas se mostraram insuficientes para derreter o estanho na temperatura limite.

Logo, a melhor forma de realizar a soldagem seria utilizando-se um forno específico para soldar este tipo de componente. Como isto acarretaria em aumentos de custo, os alunos resolveram ir ao mercado em busca de um sensor similar que já viesse implementado em uma placa.

Após mais uma volta ao mercado em busca do componente, encontrou-se um sensor similar do mesmo fabricante já soldado numa placa. Este sensor é o ADJD-S311 e será descrito em detalhes na próxima seção.

2.5.3 ADJD-S311

Finalmente este foi o sensor utilizado no projeto. Ele possui as mesmas características que o sensor anterior por ser do mesmo fabricante e, portanto, não atrasou o desenvolvimento do projeto, pois utiliza a mesma forma de comunicação serial e possui a mesma pinagem. Portanto, pôde-se aproveitar o *firmware* o *hardware* desenvolvido.

Além de não trazer perdas, o novo sensor possui uma resolução superior ao seu antecessor, possuindo 10 bits de resolução por tom de cor, o que significa que se tem 1024 tons diferentes para a cor vermelha, 1024 para a azul e 1024 para a verde. Logo, uma combinação dos três tons pode resultar em mais de 1 bilhão de cores diferentes [10].

Outra vantagem deste sensor é o funcionamento utilizando pilhas como alimentação, pois apesar de em teoria, baseado nos manuais do fabricante o seu antecessor também funcionasse, somente este modelo de sensor funcionou da maneira correta utilizando-se este valor de alimentação (3V).

A única diferença deste sensor em relação ao seu antecessor está na posição da memória que cada registrador interno ocupa, bastando fazer a alteração no próprio *firmware*, conforme capítulo 3.

2.5.3.1 Hardware

Nesta seção será abordado o *hardware* utilizado no projeto, dando-se ênfase ao circuito utilizado para o correto funcionamento do sensor de cor e à pinagem utilizada no kit de desenvolvimento envolvendo o microcontrolador MSP430.

Para a montagem do circuito envolvendo o sensor ADJD-S311 escolheu-se montar o circuito sugerido pelo fabricante, conforme a figura 6 na seção 2.5.2.1.

Conforme a pinagem apropriada fez-se as ligações necessárias e estabeleceu-se o *hardware* necessário para o funcionamento do sensor. Na figura 8 abaixo é mostrado o diagrama do circuito utilizado.

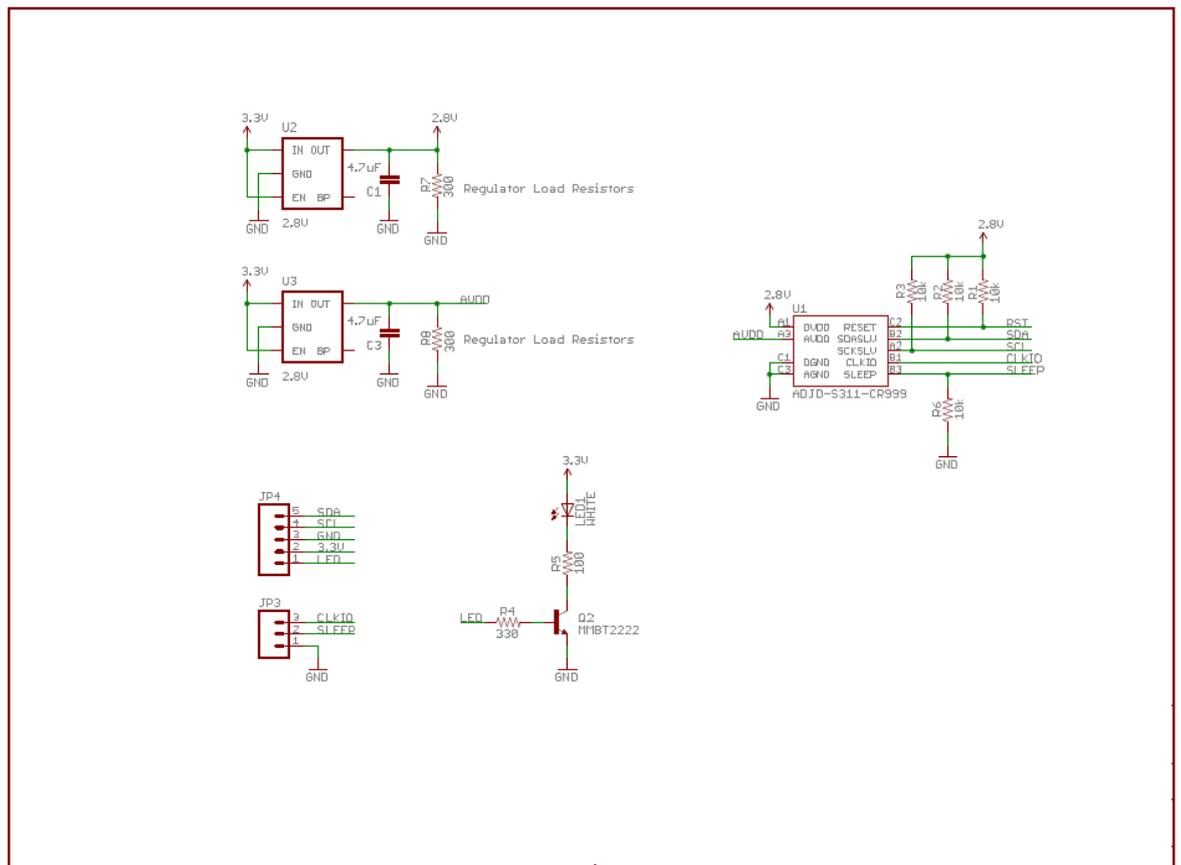


Figura 8 – Esquemático do circuito do sensor
Fonte: Sparkfun Schematics [11]

Além de ter colocado os resistores sugeridos pelo fabricante, neste circuito também foi colocado um led de luz branca a fim de ajudar o sensor a detectar as cores através da reflexão.

Como já mencionado, o kit de desenvolvimento eZ430-RF2500 possui um módulo móvel e um módulo fixo, e ambas possuem um microcontrolador do tipo MSP430 e uma antena.

Para se fazer a ligação entre o sensor e o microcontrolador, foi necessário utilizar somente dois pinos, um para ligar ao pino SDA e outro ao pino SCLK do sensor. O pino 8 da placa eZ430-RF2500 foi ligado ao pino SDA e o pino 10 placa foi ligado ao SCLK.

3 DESENVOLVIMENTO

Os dois sistemas serão implementados utilizando como código base o código “Wireless Sensor Monitor” que vem como exemplo no kit eZ430-RF2500, tendo em vista que próprio fabricante do kit encoraja os programadores a utilizarem esse código, modificando-o para os fins específicos desejados.

Este código exemplo utiliza o protocolo de código aberto SimpliciTI da Texas Instruments para a comunicação *wireless* e controle do CC2500. É criada uma rede simples para a comunicação entre um dispositivo chamado de dispositivo da ponta para outro dispositivo, chamado de ponto de acesso. O ponto de acesso por sua vez utiliza a porta de comunicação USB do computador para transferência de dados para um terminal.

Utilizando este sistema, toda a parte de inicialização de uma comunicação sem fio efetiva fica a cargo do código pré programado, não necessitando intervenção do programador. Para realizar uma transmissão de dados do dispositivo da ponta para o dispositivo ponto de acesso, o programador simplesmente faz a chamada de uma única função genérica que transmite os dados especificados pelo programador, tendo cada pacote o tamanho de oito bits. Para a transmissão de dados do dispositivo ponto de acesso para a porta USB, o mesmo procedimento é utilizado, ou seja, o programador faz a chamada de uma outra única função, somente especificando os dados que serão enviados, com o tamanho de cada pacote também sendo de oito bits. Mais detalhes da chamada de cada função de comunicação serão dados nas seções 3.1.2 e 3.2.1.

O protocolo SimpliciTI , utilizado para o funcionamento de todo o sistema *wireless* é um protocolo de baixo consumo e projetado para pequenas redes de rádio frequência. Tais redes tipicamente são operadas por dispositivos que contém baterias, que requerem longa duração da bateria, portanto utilizam baixas taxas de dados e poucos dispositivos comunicando entre si. Com este protocolo, os requerimentos do microcontrolador são mínimos, resultando então em um sistema de baixo custo[17].

O protocolo possui as seguintes propriedades:

- Baixo consumo.
- Flexível.
- Comunicação direta entre dispositivos.
- Simples, utiliza uma API de cinco comandos.
- Baixa taxa de dados.

O SimpliCI é organizado em três camadas, demonstrados na Figura 9.

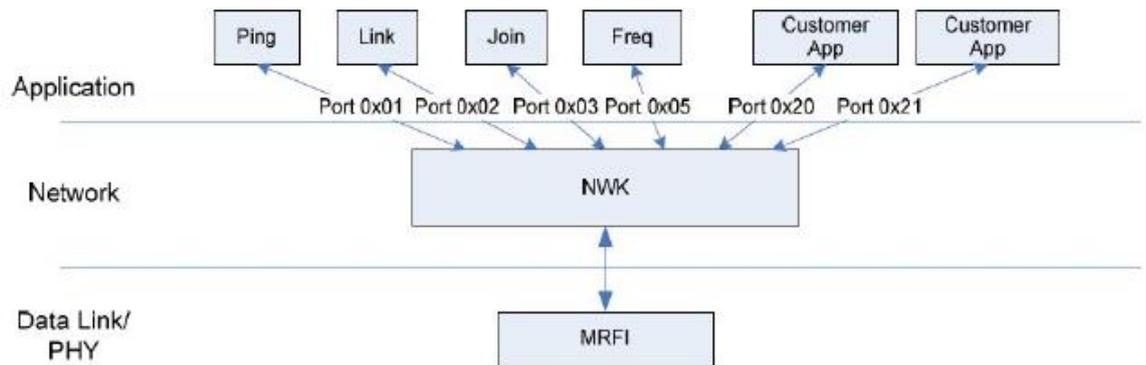


Figura 9 - Camadas do SimpliCI.
Fonte: SimpliCI Brief Tutorial [12].

As camadas e seus propósitos, segundo o tutorial [12], são:

- Aplicação: é a única camada que o desenvolvedor precisa desenvolver, nela o código específico para cada aplicação é desenvolvido pelo programador e a comunicação da rede é implementada utilizando as APIs do protocolo SimpliCI.
- Rede: a camada maneja a recepção e transmissão de quadros para o seu destino. Ela trabalha por portas pré-definidas e não são utilizadas pelo desenvolvedor, estas portas são:
 - Ping(Porta 0x01): detecta a presença de um dispositivo específico;
 - Link(Porta 0x02): suporte para gerenciamento de ponto a ponto;
 - Join(Porta 0x03): protege a entrada da rede em topologias com pontos de acesso;
 - Security(Porta 0x04): modifica informações de segurança como encriptações;
 - Freq(Porta 0x05): realiza troca de canal
 - Mgmt(Porta 0x06): gerenciamento geral de porta os dispositivos.
- Laço de Dados/Física: esta camada esta dividida em duas entidades:
 - BSP (*Board Suport Package*), abstrai a interface SPI da camada de rede que interage com o rádio.
 - MRFI (*Minimal RF Interface*), encapsula as diferenças entre os hardwares de rádio relativos à camada de rede.

As APIs permitem o usuário implementar uma rede com pequeno esforço, as principais APIs fornecidas pelo SimplicíTI de acordo com o tutorial [12], são:

- Inicialização:
`smplStatus_t SMPL_Init(uint8 (*pCB)(linkID))`
- Linkagem (bidirecional por padrão):
`smplStatus_t SMPL_Link(linkID_t *linkID)`
`smplStatus_t SMPL_LinkListen(linkID_t *linkID)`
- Mensagem ponto a ponto:
`smplStatus_t SMPL_Send(linkID_t lid, uint8 *msg, uint8 len)`
`smplStatus_t SMPL_Receive(linkID_t lid, uint8 *msg, uint8 *len)`
- Configuração:
`void SMPL_Ioctl(ioctlObject_t object, ioctlAction_t action, void *val)`

Além da camada de comunicação wireless, mais três camadas serão implementadas em ambos os sistemas, o móvel e fixo. Estas camadas irão partir do zero, e serão programadas pelos próprios alunos. Estas três camadas e suas funcionalidades são:

- Manipulações de Pino. Esta camada realiza a manipulação dos pinos de entrada e saída do controlador MSP430, estas manipulações realizam a funcionalidade de setar ou limpar bits e conjuntos de bits de cada pino de entrada e saída. Nesta camada, definições de valores fundamentais para funcionamento do sistema também são referenciados.
- Funções Simples. Nesta camada, os códigos das manipulações dos pinos são usados para sua real finalidade, como setar e limpar os pinos de *clock*, definição de valores para os pinos de dados da comunicação com o sensor RGB e definições de funções para a comunicação.
- Protocolos de Comunicação I²C. O protocolo de comunicação I²C para o funcionamento do sensor RGB é implementado. São programadas as sequências de temporizações, a inicialização do sensor, e as funções de escrita e leitura conforme especificados no *datasheet* do componente.

No sistema completo, são previstos três códigos para serem implementados. Os códigos serão responsáveis por fazer as comunicações, os ajustes de *hardware* e a interface do usuário com os dados adquiridos e processados.

Os códigos serão:

- *Firmware* do sistema móvel: Chamado de dispositivo da ponta, comunica-se via sem fio com o dispositivo de acesso e adquire dados do sensor RGB.
- *Firmware* do sistema fixo: Chamado de dispositivo de acesso, recebe via sem fio os dados do dispositivo da ponta e envia-os para a porta de comunicação USB.
- *Software* no Matlab: Responsável por fazer a interface com o usuário do sistema.

3.1 SISTEMA MÓVEL

O sistema móvel é responsável por fazer a integração do kit eZ430-2550 com o sensor RGB, receber os dados desta comunicação através do controlador MSP 430 e enviá-los para o meio externo via wireless por meio do protocolo de comunicação SimpliciTI e da antena.

A comunicação do sensor RGB com o controlador MSP 430 é feita serialmente, através do protocolo de comunicação I²C.

O controlador MSP 430 é responsável por toda a parte programável do sistema, ou seja, as configurações de registradores e leitura dos dados provenientes do sensor e os comandos para envio de dados para o mundo externo via wireless são determinadas pelo firmware presente no controlador.

O sistema móvel pode ser representado pelos seguintes blocos:

- Sensor RGB
- Kit eZ430-RF2550: Controlador MSP430 e Protocolo SimpliciTI
- Antena

Os blocos seguem na Figura 10:

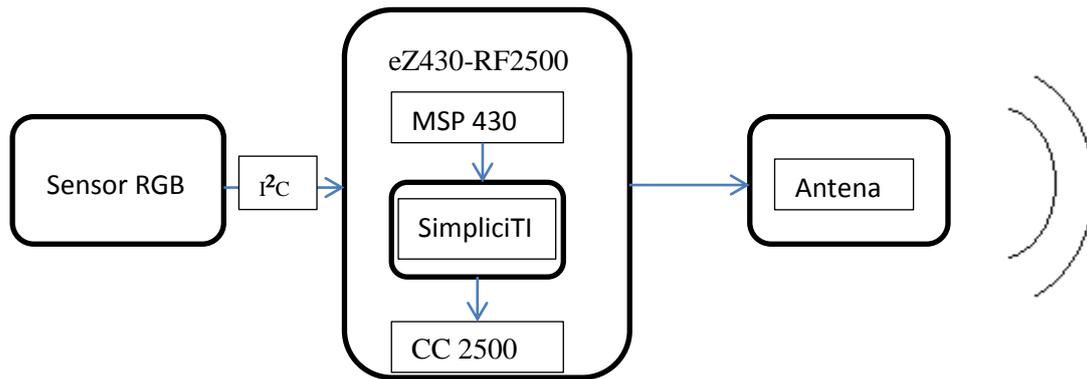


Figura 10 - Blocos do sistema móvel
Fonte: Própria.

3.1.1 Implementação do Sensor RGB

O sensor de cor possui um procedimento de operação bem específico para que o seu correto funcionamento ocorra. Este processo está exemplificado na Figura 11.

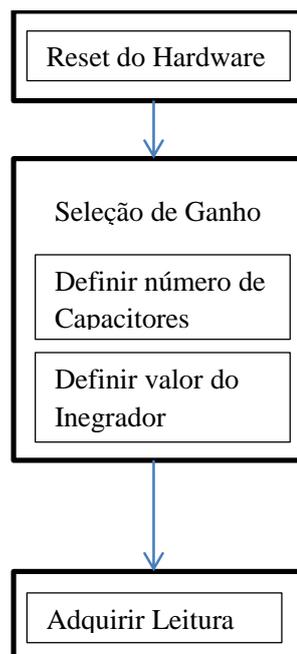


Figura 11 – Procedimentos de operação do sensor.
Fonte: Própria.

Os dois primeiros blocos fazem parte do procedimento de inicialização do sensor. Primeiramente um *reset* é efetuado para garantir que os registradores estejam prontos para que, dependendo da sua finalidade, sejam escritos ou lidos. Em seguida os ganhos para cada cor são definidos, ou seja, a sensibilidade para cada espectro de cor é programável. O ajuste de ganho é uma combinação entre o número de capacitores e os valores de um integrador, e o ajuste é feito atribuindo valores aos registradores designados para representar o número destes. Quanto mais capacitores, menor é o ganho e quanto maior o valor do integrador, maior o ganho. O último bloco representa a leitura de cada canal de cor, portanto três leituras são efetuadas para que se tenham os valores do vermelho, verde e azul.

As funções, encontradas no código fonte, que implementam todo o processo de funcionamento e toda comunicação com o sensor são:

- *void init_rgb();*

As inicializações do sensor são realizadas. O reset é feito seguindo as recomendações do fabricante de temporização de dez micro segundos e os ganhos para cada canal de cor é definido, alterando-se o número de capacitores e o valor de integração.

- *unsigned char send_register_rgb(unsigned char byte, int a);*

Envia um endereço de registrador ao sensor RGB. O primeiro argumento recebido é o valor do registrador e o segundo é o tamanho em bits do valor do registrador.

- *int read_rgb(int a);*

Lê o valor de *a* bits do sensor e retorna esse valor.

- *void I2C_send(unsigned char REG, unsigned char DATA);*

Esta função faz a escrita nos registradores do sensor, recebendo o endereço do registrador e o dado a ser escrito neste registrador e seguindo todas as condições de *start*, *start repeat* e *stop* que o protocolo I²C demanda. Esta função é utilizada na inicialização do sensor para a seleção de ganhos.

- *unsigned char I2C_read(unsigned char REG);*

A leitura de um de um determinado registrador é feita. Ela recebe como parâmetro o endereço do registrador e retorna o valor dessa leitura. É nesta função que os valores das cores são lidos.

As funções que fazem as operações básicas e sequência lógicas requeridas pelo protocolo são as seguintes:

- *unsigned char send_start_rgb();*

Implementa a condição de início de comunicação.

- *unsigned char send_stop_rgb();*

Implementa a condição de fim de comunicação.

- *unsigned char send_start_repeat_rgb();*

Implementa a condição de repetição.

Macros foram feitas para facilitar a programação, o entendimento e futuras modificações no código fonte. Estas macros definem valores de endereços para os registradores do sensor e pinos de entrada e saída do controlador MSP 430, fazendo com que se alterações futuras forem necessárias, o programador não irá precisar alterar o código de implementação do protocolo, mas somente estas macros. Nelas estão compreendidos os ganhos, valores de escrita e leitura do sensor e a manipulação de pinos do controlador.

- *#define I2C_ADDRESS 0x74*
- *#define I2C_ADDRESS_W 0xE8*
- *#define I2C_ADDRESS_R*

- *#define CTRL 0x00*
- *#define CONFIG 0x01*

- *#define CAP_RED 0x06*

- *#define CAP_GREEN 0x07*
- *#define CAP_BLUE 0x08*
- *#define INT_RED_LO 0xA*
- *#define INT_RED_HI 0xB*
- *#define INT_GREEN_LO 0xC*
- *#define INT_GREEN_HI 0xD*
- *#define INT_BLUE_LO 0xE*
- *#define INT_BLUE_HI 0xF*

- *#define sobe_clock set_P45*
- *#define desce_clock clr_P45*
- *#define bit1_SDA set_P43*
- *#define bit0_SDA clr_P43*

3.1.2 Implementação do Envio de Dados por Wireless

A transmissão wireless é totalmente comandada pelo protocolo SimpliciTI, ele é responsável por todo o processo de comunicação através de suas APIs e também faz a configuração do CC2500 que por sua vez controla a antena de RF.

Todo um processo é seguido para que uma comunicação efetiva seja iniciada. No software que realiza todo o processo de comunicação, a primeira função a ser chamada é a *BSP_Init()*, para inicializar a plataforma. Então a API *SMPL_Init(sRxCallback)* inicializa o rádio e a pilha de protocolos do SimpliciTI. Neste ponto do software a comunicação tenta ser inicializada e periodicamente a API *SMPL_Link()* é executada. Quando a outra ponta do hardware está também pronta para começar uma comunicação, os dois dispositivos entram em sincronia. Então a última API a ser utilizada é a *SMPL_Send()*, ela é responsável por enviar os pacotes de dados.

Um vetor de caracteres de seis posições é criado para receber os valores dos dados do sensor, para estes então serem enviados para o outro dispositivo via wireless. A seguir estão as linhas do código fonte que captam os dados das cores vermelha, verde e azul respectivamente.

```
msg[0] = I2C_read(DATA_RED_LO);  
msg[1] = I2C_read(DATA_RED_HI);  
msg[2] = I2C_read(DATA_GREEN_LO);  
msg[3] = I2C_read(DATA_GREEN_HI);  
msg[4] = I2C_read(DATA_BLUE_LO);  
msg[5] = I2C_read(DATA_BLUE_HI);
```

Após estas linhas serem executadas a API *SMPL_Send()* é chamada, utilizando como parâmetros o vetor de caracteres *msg[6]* e a indicação do seu tamanho através do código *sizeof(msg)*.

Com estes passos seguidos, o envio de dados é realizado. Um loop então se repete, com a aquisição dos valores das cores através do vetor *msg[6]* e seu envio de dados através da *SMPL_Send()*.

3.1.3 Montagem

A montagem do circuito de se deu em duas partes, primeiramente foram feitos os testes para finalmente ser feita uma placa. O desenvolvimento do código foi feito em segmento, em três partes, inicialmente o sensor foi implementado, seguido do bloco wireless e finalmente foi realizada a união dos dois módulos, portanto, três versões de *firmware* foram efetuadas.

3.1.3.1 Protótipo de Testes

O protótipo de testes foi o circuito inicial, e foi montado em cima de um *protoboard*, permitindo mudanças fáceis no arranjo físico e facilitando a análise de erros. Nesta fase de testes, a alimentação do circuito era proveniente de uma fonte de alimentação, e não de pilhas.

Com este protótipo pode-se confirmar o funcionamento do sistema e fazer os acertos finais para partir para a etapa seguinte, a de desenvolver um protótipo final, funcional e independente.

A Figura 12 ilustra o protótipo de testes.

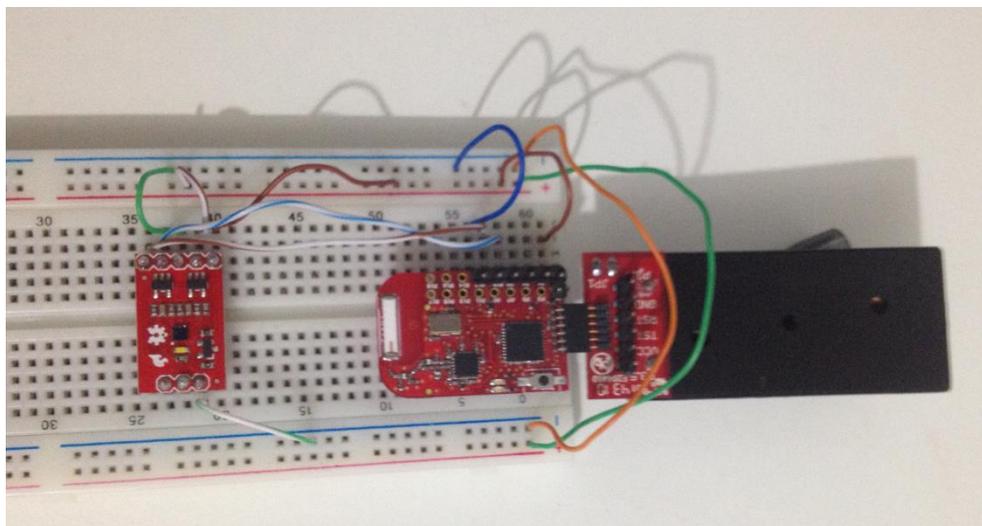


Figura 12 – Protótipo de testes.
Fonte: Própria.

3.1.3.2 Protótipo Final

Este protótipo conta com o sensor em uma placa de circuito própria, de tamanho reduzido e acoplado à placa de transmissão do sistema, tornando o sistema mais independente e simplificado.

Esta montagem da placa específica de circuito condiz com o sistema proposto, tornando-o transportável, de fácil manuseio e suficiente para o seu propósito. Nesta nova configuração, contamos agora com a alimentação fornecida por duas pilhas alcalinas de 1,5 volts acopladas ao adaptador fornecido pelo kit de desenvolvimento.

As dimensões do sistema são de 2,5 cm de largura, por 7 cm de comprimento e 1,5 cm de altura.

O protótipo final é mostrado na Figura 13.

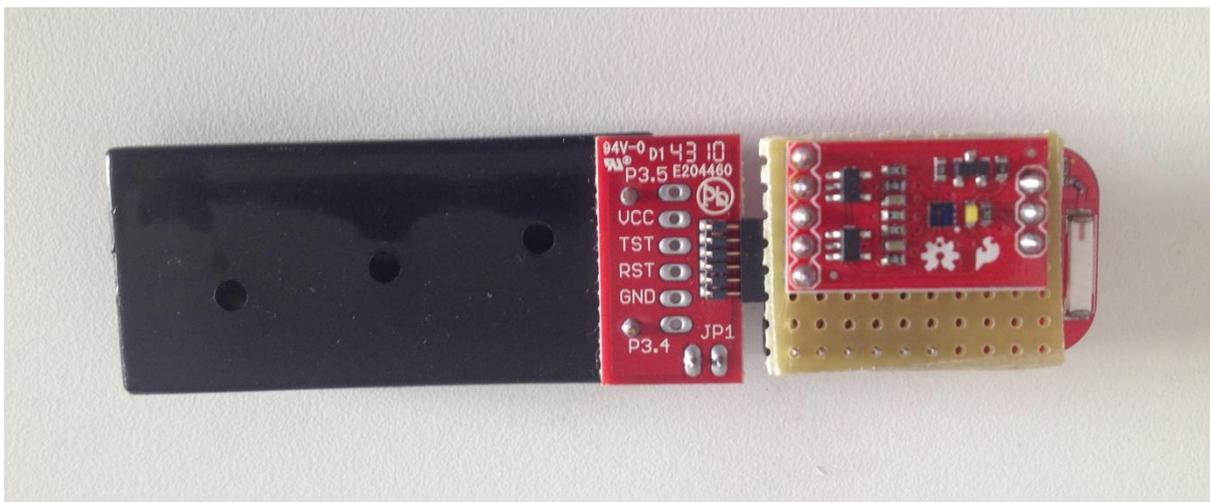


Figura 13 – Protótipo final.
Fonte: Própria.

3.1.3.3 Firmware

O *firmware* foi desenvolvido em segmentos e através do compilador fornecido junto com o kit eZ430-RF2550, o compilador IAR EW430, específico para o controlador MSP 430. Os três segmentos desenvolvidos são:

- Versão 1.0:

É a versão inicial do sistema, contando com o código de manipulações de pinos de entrada e saída do MSP 430, as funções simples para controle dos pinos definidos para interface com o sensor e o completo desenvolvimento do protocolo I²C, juntamente com as operações necessárias para o funcionamento do sensor.
- Versão 1.1:

Este segmento utiliza o código exemplo do kit eZ430-RF2500. O protocolo SimplicTI é utilizado e as modificações no código base são efetuadas para transmitir via wireless dados provenientes de funções desenvolvidas para o sistema específico.

- Versão 1.2:

Esta é a versão final do sistema móvel, e nela os códigos dos dois segmentos anteriores são integrados e passam a funcionar como um só. Os dados do sensor são transmitidos via wireless para o sistema fixo.

3.1.4 Considerações

As maiores dificuldades no desenvolvimento do sistema móvel foram com o sensor e com o controlador MSP 430.

O sensor utilizado é de tamanho muito reduzido e particularmente muito complicado de inserir em uma placa de circuito impresso. Houveram muitos problemas com o funcionamento, pois após verificar falhas de comunicação do controlador com o sensor, ficou muito difícil de determinar se a natureza do mau funcionamento provia do código desenvolvido ou do mau contato do sensor com a sua solda.

A novidade de trabalhar com outra arquitetura ainda não conhecida por nós, como a do MSP 430, também tomou um esforço e tempo considerável até os primeiros testes terem êxito.

3.2 SISTEMA FIXO

O sistema fixo é responsável por receber os dados do sistema móvel via *wireless* por meio da antena e do protocolo SimpliCI, fazer a integração do kit eZ430-2550 com a porta USB, e enviar os dados recebidos através desta porta para o computador.

O controlador MSP 430 é responsável por toda a parte programável do sistema, ou seja, a leitura e os comandos para recepção de dados do mundo externo via wireless são determinadas pelo *firmware* presente no controlador. O controlador também é responsável por inicializar a interface serial de comunicação para o envio dos dados através da porta USB para o computador.

O sistema fixo pode ser representado pelos seguintes blocos:

- Antena
- Kit eZ430-RF2550: Controlador MSP430 e Protocolo SimpliCI.
- Transmissão USB

Os blocos seguem na Figura 14:

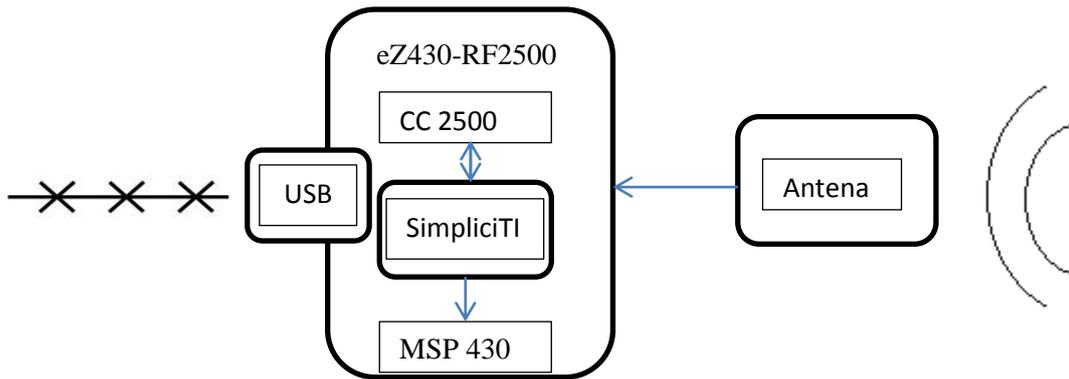


Figura 14 – Blocos do sistema fixo.
Fonte: Própria.

3.2.1 Implementação do Receptor Wireless

O receptor segue basicamente os mesmos passos e utiliza as mesmas APIs do sistema móvel, sendo a recepção totalmente comandada pelo protocolo SimpliciTl.

Todo o processo já citado no tópico 3.1.2 é seguido para que uma comunicação efetiva seja iniciada. A sequência para a comunicação é:

1. *BSP_Init()*, para inicializar a plataforma;
2. *SMPL_Init(sRxCallback)*, para inicializar o rádio e a pilha de protocolos do SimpliciTl;
3. *SMPL_Link()*, periodicamente executada esperando a outra ponta do hardware responder para entrar em sincronia.

Após esses passos, idênticos ao transmissor, o receptor entra em loop infinito esperando receber um pacote de dado. Ao detectar um pacote, a API *SMPL_Recieve()* é responsável por receber os pacotes de dados. Os parâmetros da API são o vetor de caracteres *msg[6]* e a indicação do seu tamanho através do código *sizeof(msg)*.

A comunicação e transmissão dos dados, recebidos pelo vetor *msg[6]*, entre o kit de desenvolvimento e o computador será discutido no tópico a seguir.

3.2.2 Comunicação Serial com o Computador

A comunicação serial se utiliza do código proveniente com o kit de desenvolvimento, fornecendo ao programador o uso de somente duas APIs para que haja uma comunicação efetiva.

O *software* utiliza o protocolo padrão do formato USART (*Universal Synchronous Asynchronous Receiver Transmitter*). As características da comunicação serial que este padrão define são a taxa de transmissão de dados (*BaudRate*), a quantidade de *bits* por pacote (*WordLength*), os *bits* de parada (*StopBits*) e a paridade (*Parity*).

Inicialmente a API *COM_Init()* é utilizada, ela é responsável por definir as características anteriormente citadas e inicializar o dispositivo. Ao programador cabe modificar somente duas destas características, o *BaudRate* que neste caso foi definido como 9600 e a quantidade de bits por pacote, definido como sendo oito.

A segunda API é utilizada após a recepção dos dados via wireless ser executada e seus dados serem armazenados no vetor de caracteres *char[6]*. A chamada desta API se encontra abaixo e ela recebe como parâmetro o vetor e seu tamanho.

```
TXString((char*)msg, sizeof msg);
```

A transmissão envia ao computador sequências de seis *bytes* de dados, estas são relativas aos valores das cores vermelha, verde e azul.

A Figura 15 mostra o sistema receptor com o conector USB.

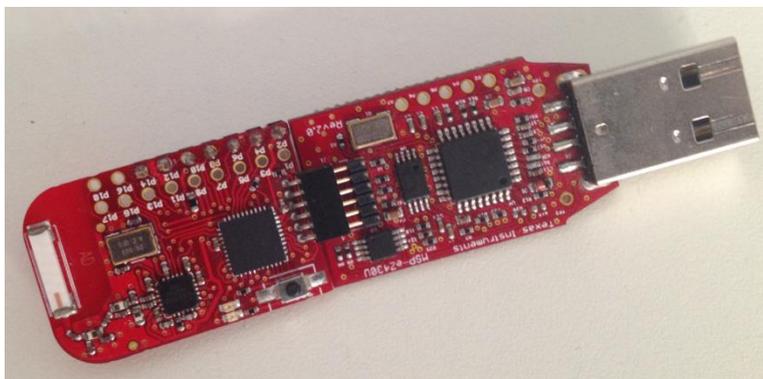


Figura 15 – Receptor com conector USB.
Fonte: Própria.

3.2.3 Montagem Final

A Figura 16 mostra o sistema fixo final:

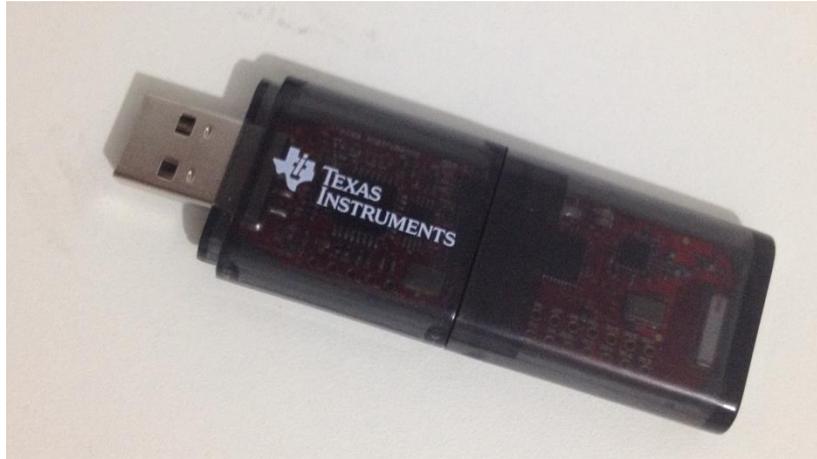


Figura 16 – Sistema fixo.
Fonte: Própria.

3.2.4 Considerações

O desenvolvimento do sistema fixo não apresentou grandes dificuldades por apresentar uma grande semelhança com o sistema móvel. As maiores dificuldades se deram na utilização das APIs da comunicação, que demandaram um tempo de estudo para o seu entendimento.

A montagem final também foi simples, utilizando-se inteiramente dos componentes provenientes com o kit de desenvolvimento eZ430-RF2500.

3.3 PROGRAMA COMPUTACIONAL (*SOFTWARE*)

O *software* é a porção do sistema que irá interagir com o usuário e disponibilizará dados e funcionalidades para que o produto atinja os seus requerimentos. A sua interface deve possuir as características de fácil utilização e entendimento.

Nos itens a seguir as funcionalidades do programa e as suas utilidades serão explicadas.

3.3.1 Plataforma Matlab

Para a programação do software o Matlab foi a plataforma escolhida. Esta escolha se deve pelo fato de o Matlab ser uma plataforma de fácil utilização, possuindo a possibilidade de apresentar na tela diferentes tons de cor diretamente com diferentes combinações de valores de vermelho, verde e azul. Esta plataforma também possui a capacidade de gerar um arquivo executável, permitindo então que o *software* seja portátil e cumpra as características propostas para o produto.

Para apresentar uma interface amigável ao usuário, o Guide do Matlab foi utilizado. Esta funcionalidade permite inserir janelas, botões e aceita dados cadastrais para serem inseridos pelo usuário.

3.3.2 Funcionalidades

As funcionalidades que o *software* possui são:

- **Adquire os dados transmitidos do sistema móvel.** Os dados são transferidos via *wireless* do sistema móvel para o sistema fixo, e são transferidos para o computador através da porta de comunicação USB, para então finalmente serem interpretados no programa.
- **Apresenta a cor adquirida pelo módulo móvel.** Esta apresentação é feita através de uma imagem que disponibiliza em um quadro em tempo real a cor sendo captada pelo sensor RGB.
- **Disponibiliza o valor e nome da cor.** São apresentados os valores em hexadecimal das intensidades do vermelho, verde e azul e o nome da cor correspondente. O nome da cor é proveniente da comparação com a tabela hextriplet, que designa nomes para diferentes combinações de valores em hexadecimal de vermelho, verde e azul.
- **Recebe os dados de cadastro do objeto em análise.** Campo onde é possível inserir dados de identificação do objeto analisado.
- **Salva os dados.** Os dados de texto apresentados na janela de interface são salvos em um arquivo texto, para permitir consultas posteriores.

3.3.3 Aquisição dos Dados do Sistema Fixo

Os dados enviados pelo sensor RGB localizado no sistema móvel são adquiridos pelo computador via a porta USB do computador, conforme explicado no item 3.2.2.

A plataforma Matlab possui a funcionalidade de receber dados provenientes da porta USB, e para manter o sincronismo alguns dados devem ser observados. Estes dados como a porta de comunicação, a taxa de transmissão e a quantidade de bits por pacote devem ser os mesmos tanto no firmware do sistema fixo como no software. A porta de comunicação é a “COM4”, o BaudRate (taxa de transmissão) de 9600 e a quantidade de bits por pacote é de oito.

3.3.4 Janela de Cor

O quadro de cor tem a finalidade de apresentar em tempo real a coloração que está sendo captada pelo sensor RGB. Com esta imagem é possível perceber se está satisfatória a captação da cor, e se ela realmente corresponde à coloração real do objeto. O quadro de cor é demonstrado na Figura 17.

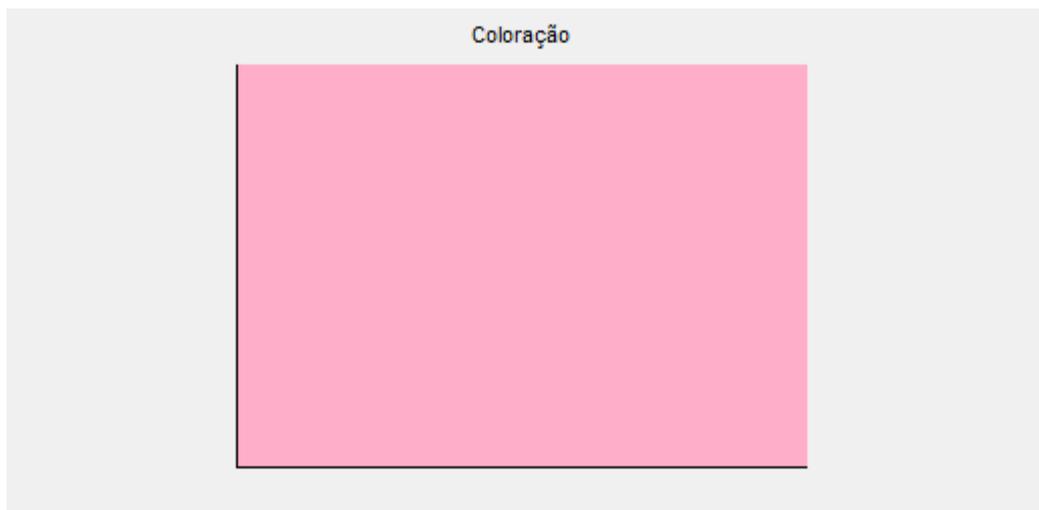


Figura 17 - Quadro de cor.
Fonte: Própria.

A apresentação e atualização da cor no software são feitas automaticamente, e não necessitam da intervenção do usuário para tais fins.

3.3.5 Coloração em Hexadecimal e Nomenclatura

O níveis de cores do vermelho, verde e azul que o software trabalha variam do valor 0 até o valor 255 (8 bits de resolução). Estes 8 bits de resolução são convertidos através de uma função pré programada pela própria plataforma Matlab, e então os valores em hexadecimal para cada canal de cor são disponibilizados para a visualização do usuário. Uma normalização desses valores também é realizada, pois a plataforma Matlab trabalha com valores que variam de 0 a 1, com resolução de duas casas decimais após a vírgula.

A representação em hexadecimal se mostra importante para a possibilidade de posterior reprodução da coloração adquirida e também para questões de nomenclaturas padrões. A nomenclatura adotada neste sistema é a proveniente da tabela hexatriplet. Esta tabela adota seis dígitos em hexadecimal para cada cor, ou seja, possui dois dígitos para vermelho, dois para verde e dois para azul. Este padrão de nomenclatura se mostra adequado para o sistema, pois utiliza a mesma resolução de 8 bits para cada canal, entrando então em conformidade com o software.

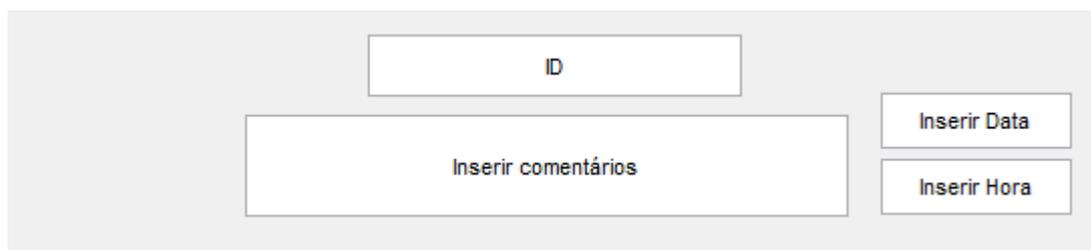
A representação da coloração e do nome da cor no software está na Figura 18.

Valor da Cor em Hexadecimal (R G B)	Nome da Cor (Tabela Hexa Triplet)
FF FF FF	White

Figura 18 - Coloração em hexadecimal e nomenclatura
Fonte: Própria.

3.3.6 Dados Cadastrais

O campo para inserir dados existe para que a identificação do objeto em análise possa ser registrada. Informações como o nome do objeto, a data e hora da análise podem ser escritas. Um arquivo texto pode ser gerado para facilitar a posterior pesquisa e busca de dados previamente adquiridos. O campo de dados cadastrais está exemplificado na Figura 19.



The image shows a user interface for data entry. It consists of four main components: a text input field labeled 'ID' at the top center; a larger text input field labeled 'Inserir comentários' below it; and two buttons on the right side, 'Inserir Data' and 'Inserir Hora', stacked vertically.

Figura 19 – Campo de dados cadastrais.
Fonte: Própria.

3.3.7 Arquivo para Consulta

Um arquivo de texto pode ser gerado pelo software, este arquivo registra as informações de texto que estão contidas na janela do programa. Este arquivo guarda os dados cadastrais, os comentários inseridos pelo usuário do software e também as informações de nomenclatura e valor da coloração em hexadecimal.

Para as informações serem gravadas no arquivo, nomeado de Data Cor, deve-se clicar no botão “Salvar”. O arquivo gerado bem como seu conteúdo está na Figura 20.

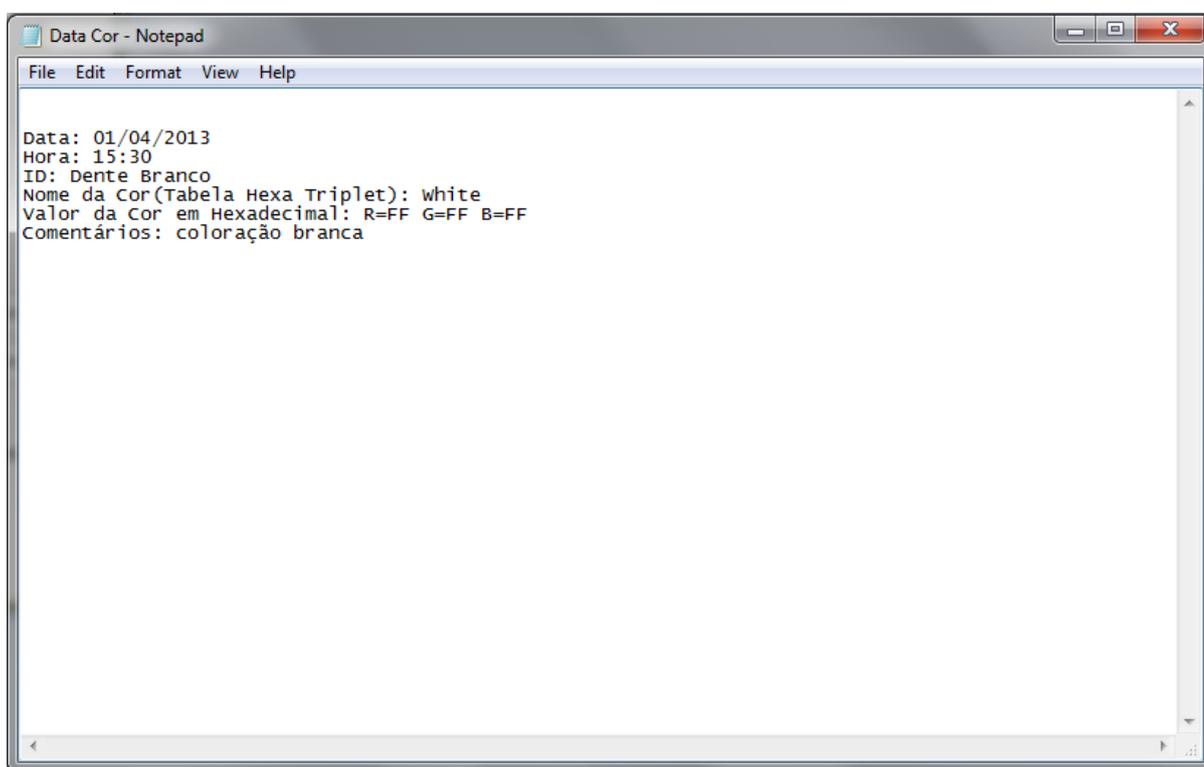


Figura 20 – Arquivo texto.
Fonte: Própria.

3.3.8 Resultado Final

A disposição das funcionalidades na janela do programa foi feita da forma que a sua utilização seja a mais fácil e organizada possível. A Figura 21 mostra a janela completa do programa.

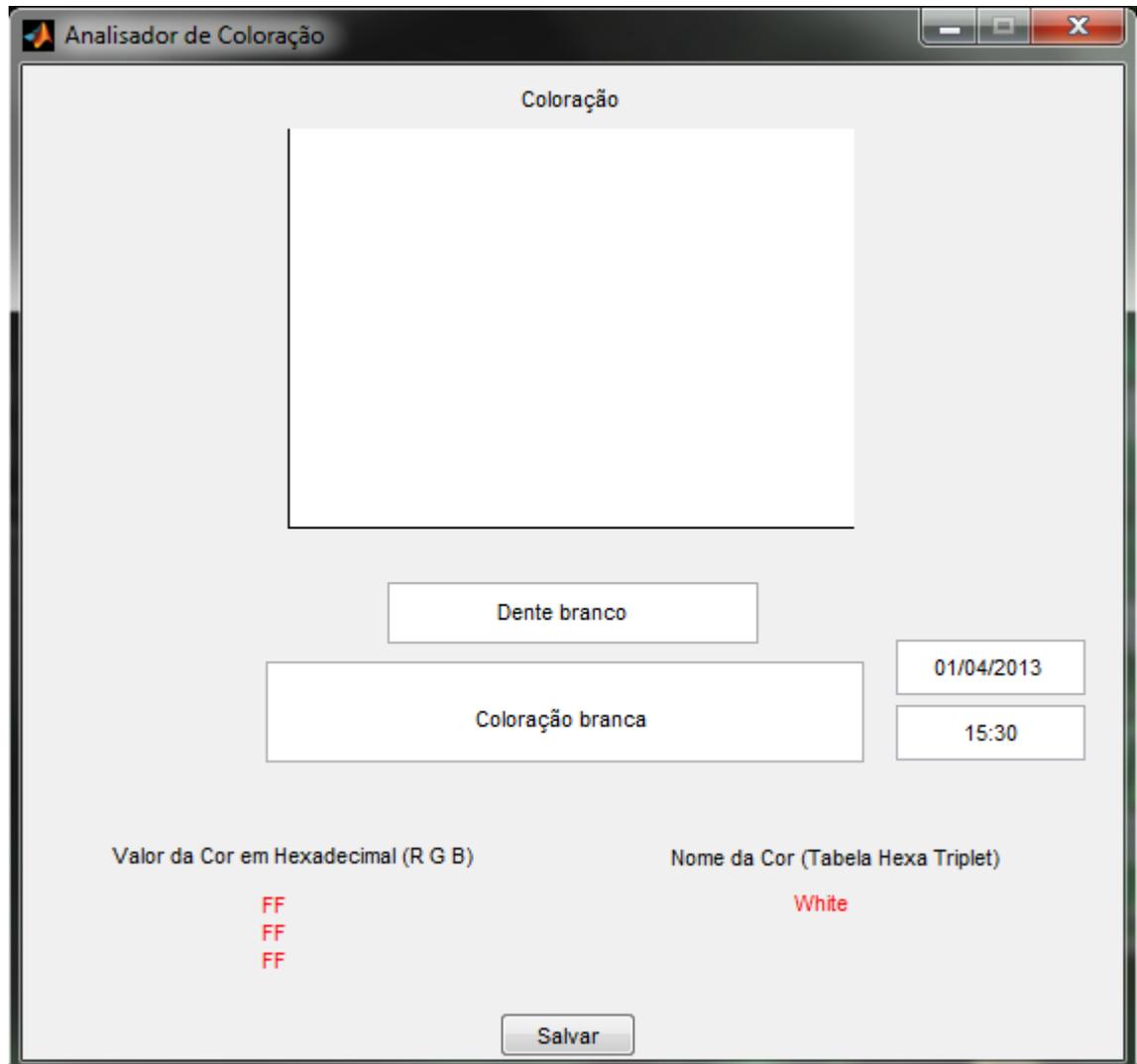


Figura 21 - Resultado final do software.
Fonte: Própria.

3.3.9 Considerações

Fazendo a análise do programa como um todo, pode-se afirmar que apresenta as funcionalidades necessárias para atingir os objetivos propostos. O *software* de maneira simples de ser interpretado permite a sua fácil utilização e aproveita muito bem a capacidade do sistema de aquisição de cor.

4 RESULTADOS OBTIDOS

A demonstração dos resultados obtidos será separada em quatro grupos, sendo novidade somente o último destes, o de testes realizados com o protótipo final, os demais foram previamente propostos. Entre os grupos propostos estão os resultados tecnológicos, científicos e sociais.

4.1 RESULTADOS TECNOLÓGICOS

Os subtópicos são os mesmos propostos previamente e neles estão inseridas análises de suas realizações. Todos os subtópicos foram cumpridos como planejado, estes são:

- ☑ **Um projeto documentado:** realizado através deste relatório.
- ☑ **Um módulo móvel transmissor sem fio que irá adquirir os dados de coloração dentária:** o módulo adquire as amostras de dados provenientes do sensor e as transmite para o módulo fixo, isso tudo de forma independente de cabeamento.
- ☑ **Um módulo fixo, que recebe as informações do outro módulo, processa os dados para identificar a coloração e disponibiliza os resultados:** a recepção de dados pelo hardware de recepção para o tratamento posterior pelo *software* é realizada, e a coloração do dente é obtida.
- ☑ **Um protótipo funcional do equipamento:** este protótipo foi realizado fisicamente e cumpre o seu propósito conforme proposto, a sua imagem está presente na Figura 13.
- ☑ **Um firmware de comunicação e aquisição de dados:** o *firmware* inserido nos módulos móveis e fixos cumpre este item, realizando-se a comunicação wireless e a transmissão dos dados do sensor para o computador.
- ☑ **Um software de tratamento de dados:** o *software* realiza a interface com o usuário, demonstrando a cor adquirida, seus valores em hexadecimal e permite a inserção de dados para identificação do objeto em análise. A Figura 21 mostra o programa em funcionamento.

4.2 RESULTADOS CIENTÍFICOS

Estes resultados estão baseados no estudo e compreensão das tecnologias utilizadas para o desenvolvimento do sistema. O início do projeto é compreendido por esta seção e recebeu uma grande dedicação de tempo. Seguem os estudos realizados:

- ☑ **Um estudo sobre transmissores sem fio:** o kit eZ430-RF2500 compreende um transmissor sem fio, utilizando-se do CC2500 e de uma antena.
- ☑ **Um estudo sobre microcontroladores:** o MSP 430 presente no kit de desenvolvimento utilizado foi o objeto de estudo para a realização do sistema.
- ☑ **Um estudo sobre sensores de cor:** três sensores de aquisição das cores vermelha, verde e azul foram analisados, conforme o tópico 2.5.
- ☑ **Um estudo sobre odontologia:** a técnica Pink Teeth foi o foco deste estudo e compreende a utilidade do sistema.

4.3 RESULTADOS SOCIAIS

Seguindo o mesmo modelo dos itens anteriores, o resultado social obtido foi:

- ☑ **Um equipamento para auxiliar a polícia criminalística, portanto a sociedade, na apuração das investigações de seus casos:** o sistema cumpre as suas especificações, e é apto para auxiliar no diagnóstico da possível causa de óbitos, substituindo a análise visual e aumentando a agilidade do processo. O sistema então é mais uma ferramenta a ser utilizada para a solução de casos da perícia criminalística.

4.4 TESTES

A etapa de testes demonstra o funcionamento de cada parte do sistema, estas etapas foram realizadas durante o desenvolvimento do sistema e também com o seu protótipo final, a fim de validar o seu desempenho. A sequência de testes realizados é:

- **Teste da comunicação e recepção dos dados do sensor:** o código de comunicação do protocolo I2C necessitou de vários ajustes até conseguir o seu correto funcionamento, utilizando-se de um osciloscópio, o teste de cada pedaço de código foi feito para acertar os passos necessários e específicos do protocolo. O ganho das cores vermelha, azul e verde também sofreram ajustes durante o desenvolvimento para se obter uma otimização dos dados.
- **Teste de transmissão sem fio entre os módulos:** a comunicação é a peça fundamental para a mobilidade do sistema, e o sua transmissão de dados de um

módulo até outro deve ser confiável. Nestes testes foi verificada a integridade dos dados na transmissão de uma ponta para outra.

- **Teste de recepção de dados pela porta USB:** dados do sensor são enviados através do módulo fixo para a porta do computador. A taxa de comunicação e a sincronia entre os dois sistemas foram verificadas neste teste. O uso de um hyperterminal foi necessário permitir a visualização da comunicação.
- **Teste do software:** este teste é feito através do software e não necessita de nenhuma auxílio externo. Nele suas funcionalidades são postas em prática e a demonstração da coloração em tempo real é colocada para visualização. Estes testes permitiram a correção de erros detectados durante o seu funcionamento, para proporcionar uma melhor experiência de uso e aumentar a confiabilidade do sistema.

4.5 Considerações

Os objetivos almejados pelo sistema em diversos aspectos são comprovados com a demonstração dos resultados, e seus resultados satisfazem a premissa inicial. Como resultados que se destacam pode-se dar ênfase no protótipo final com todas as suas funcionalidades e também na quantidade de estudo necessário para que este protótipo ganhasse forma.

Nada impede que melhorias futuras possam ser empreendidas, visando além de um resultado social, um resultado econômico e transformá-lo em um produto para ser inserido no mercado.

5 GESTÃO

Nesta seção, são apresentados os aspectos de gestão e planejamento utilizados para o desenvolvimento do projeto.

5.1 CRONOGRAMA

O cronograma do desenvolvimento foi basicamente o mesmo inicialmente proposto, mas com algumas modificações. Porém, vale ressaltar que sempre se procurou seguir o cronograma inicial, proposto para ser executado em seis meses. Abaixo segue o novo cronograma com algumas modificações:

	Data																			
	dez/12				jan/13				fev/13				mar/13				abr/13			
Atividade:	Q1	Q2	Q3	Q4																
Pesquisas																				
Estudo Odontológico																				
Transmissor sem Fio																				
Microcontrolador																				
Construir Primeiro Protótipo																				
Compras																				
Projetar o Circuito																				
Montar o Circuito																				
Testes																				
Desenvolver Firmware/Software																				
Testes																				
Correções																				
Planejar Melhorias																				
Melhorias																				
Construir Segundo Protótipo																				
Compras																				
Desenho do Circuito																				
Montagem do Circuito																				
Testes																				
Correções																				

5.2.1 Custos Diretos

Os custos reais para o módulo móvel e fixo se baseiam na compra de kits e componentes para desenvolvimento. Foi necessário comprar dois kits de desenvolvimento iguais a fim de facilitar o desenvolvimento, pois, assim, cada desenvolvedor teria o seu próprio kit para trabalhar. Também, consideram-se os custos com soldagem.

O quadro 9 faz um detalhamento dos gastos:

Item	Fabricante/Fornecedor	Valor Unitário	Unidades	Total
Kit eZ430-RF2500	Texas Instruments/Texas Instruments	R\$ 100	2	R\$ 200,00
TCS230	TAOS/Qualquer	R\$ 25	1	R\$ 25,00
Sensor ADJD-S313	Avago Technologies/Farnell Newark	R\$ 35	4	R\$ 140,00
Sensor ADJD-S311	Avago Technologies/labdegaragem.com.br (loja)	R\$ 65	2	R\$ 130,00
Soldagem	Qualquer/UTFPR	R\$ 50	-	R\$ 50,00
Pilha Alcalina AAA	Qualquer/Qualquer	R\$ 5,20	4	R\$ 20,80
Placa Universal	Qualquer/Beta Eletrônica	R\$ 15	2	R\$ 30,00
Resistores Diversos	Qualquer/Beta Eletrônica	0,04	30	R\$ 1,20
Total Gasto				R\$ 597,00

Quadro 9 – Custos para a compra de componentes e kits para confecção dos módulos.
Fonte: Própria.

Portanto, nota-se um gasto de R\$597,00 para os custos diretos, contemplando todos os componentes e kits necessários ao desenvolvimento e os serviços prestados.

5.2.2 Custos Indiretos

Os custos indiretos contemplam todos os gastos com componentes e materiais/ferramentas necessários para o desenvolvimento do produto, mas que não estejam diretamente ligados a ele. Estão descritos no quadro 10.

Item	Fabricante/Fornecedor	Valor Unitário	Unidades	Total
Energia Elétrica	Copel	R\$ 0,37	100	R\$ 37,04
Internet	Qualquer	-	-	R\$ 50,00
Multímetro	Qualquer/Beta Eletrônica	R\$ 30,00	1	R\$ 30,00
Protoboard	Qualquer/Beta Eletrônica	R\$ 25,00	3	R\$ 75,00
Cabos Banana-Jacaré	Qualquer/Beta Eletrônica	R\$ 7,00	4	R\$ 28,00
Soquetes	Qualquer/Beta Eletrônica	R\$ 1,00	2	R\$ 2,00
Barra de Pinos Macho e Fêmea	Qualquer/Beta Eletrônica	R\$ 1,50	4	R\$ 6,00
Leds Autobrilho	Qualquer/Beta Eletrônica	R\$ 0,40	5	R\$ 2,00
Solda	Soft/Pares Eletrônica	R\$ 10,00	1	R\$ 10,00
Total Gasto				R\$ 240,04

Quadro 10 - Tabela com gastos para aquisição de itens de apoio ao desenvolvimento.

Fonte: Própria.

Nota-se um gasto total de R\$240,04 com custos indiretos, sendo que a maior parte destes gastos foi com materiais e equipamentos necessários para elaborar o projeto.

5.2.3 Considerações

O custo total do desenvolvimento ficou em **R\$ 837,04**, sendo que 71,32% dos gastos foram realizados em custos diretos, ou seja, **R\$ 597,00**. Já os gastos em custos indiretos representaram 28,68% do total, ou seja, **R\$ 240,04**.

Vale ressaltar alguns gastos dos custos diretos, como soldagem não bem sucedida e gastos com os sensores não utilizados na versão final do projeto. Estes gastos somam a quantia de R\$190, algo que representa 22,70% dos gastos totais do projeto. Portanto, durante o desenvolvimento foi necessário gastar aproximadamente um quarto do valor total de gastos em custos futuramente dispensáveis.

5.3 RISCOS

O Quadro 11 mostra os riscos previstos pela proposta, juntamente com a sua ocorrência e a ação tomada para corrigi-lo. Nenhum risco surpresa aconteceu e dos cinco riscos previstos, três deles afetaram o desenvolvimento, com um deles ocorrendo mais de uma única vez. Os detalhes sobre cada risco ocorrido são explicados a seguir.

Grau do risco	Descrição e efeito	Ocorrência	Ação tomada
Alto	Defeitos na PCI	Sim	Confeccionar nova PCI
Médio	Atraso no desenvolvimento	Sim	Dedicar mais tempo para o projeto.
Médio	Queima de componente	Sim, três vezes	Aquisição de um novo componente.
Baixo	Atraso no processo de compra dos componentes	Não	-
Baixo	Aumento do dólar	Não	-

Quadro 11 – Relação de Riscos
Fonte: Própria.

O primeiro risco, defeitos na PCI, ocorreu somente uma vez e se deu por causa de falha na sua manufatura. A qualidade do produto utilizado se demonstrou muito abaixo do esperado, e suas trilhas de cobre foram se quebrando, isso acarretou a procura de um produto de maior qualidade e também o atraso no desenvolvimento final do sistema. Após isto uma nova manufatura foi realizada e o risco foi eliminado.

O segundo foi consequência dos dois riscos aqui mencionados e também no atraso no início do desenvolvimento. A queima dos componentes e o defeito na PCI necessitaram um tempo para a sua correção, e outras atividades que cada membro da equipe desenvolvia em paralelo ao projeto do sistema também causaram este atraso.

O terceiro risco teve uma ocorrência de três vezes. Inicialmente a queima de dois sensores ocorreu durante o seu processo de solda, isto já no início do projeto em momentos distintos, devido à complexidade e sensibilidade do processo, conforme explicado no item 2.5.2.3. O outro momento de queima de componente se deu novamente no sensor, mas desta vez durante a sua utilização. Durante a fase de testes do sensor, uma fonte externa foi utilizada para alimentá-lo, um pico de tensão ocorreu e excedeu o seu limite de

funcionamento, acarretando na sua queima. As ações para este tipo de risco foram a aquisição de novos componentes e a utilização da experiência adquirida para não repetir os erros.

5.3.1 Considerações

A análise de risco permitiu um preparo prévio para problemas que acabaram acontecendo, e conseguiu prever os três problemas que acontecerem durante o desenvolvimento do sistema. A tomada de decisões se mostrou muito mais ágil e eficaz devido ao preparo e ao conhecimento das possíveis dificuldades, principalmente na ocorrência da queima de três componentes, pois se esperava uma frequência muito menor deste acontecimento.

6 PLANO DE NEGÓCIOS

Vale ressaltar que neste plano de negócios será dada ênfase ao planejamento de produção para dois produtos, conforme sugerido pelo próprio professor responsável pela disciplina de TCC2. Os produtos a serem abordados serão o próprio sistema ACDPM e um produto que também identifique coloração dentária, porém para atuar no mercado de clareamento dentário. Sendo assim, este último terá que ter algumas modificações em relação ao produto original, mas a ideia é a mesma. Constará com algumas modificações a fim de atender a um mercado maior. Desta forma tem-se um negócio com maior potencial.

6.1 SUMÁRIO EXECUTIVO

O negócio está inserido no mercado de saúde, especificamente na indústria de equipamentos odontológicos, atuando tanto na área de perícia criminal quanto na área de clareamento dentário. Este tem como objetivo se tornar referência no mercado, sendo reconhecido por produtos de alta qualidade e tecnologia de ponta para realizar diagnósticos mais confiáveis e tratamentos que sejam menos dispendiosos.

O produto que propiciará a entrada no mercado será o sistema ACDPM e, posteriormente, sua evolução, um sistema que possa ser utilizado em pessoas vivas para técnicas de clareamento dentário. Como os dois produtos serão tecnicamente iguais sendo que a nova versão possuirá apenas um componente a mais, os produtos serão tratados como sendo um único.

Desta forma, o produto se baseia em dois módulos: um módulo móvel e um módulo fixo, que atuam em conjunto para mostrar a cor do dente em tempo real. A aquisição da cor será feita através do módulo móvel, o qual possui um sensor de cor e um transmissor wireless acoplado. O módulo fixo recebe o sinal via wireless e o processa, mostrando a cor na tela do computador.

O produto será inserido em um mercado com alto potencial de exploração, uma vez que o Brasil é o país que mais possui dentistas no mundo, cerca de 19%, segundo o próprio Conselho Federal de Odontologia[13]. Portanto, principalmente na área estética tende a existir um crescimento da demanda, principalmente se houver crescimento da renda.

Partindo desta análise do mercado – no caso desse negócio tanto na área dos dentistas esteticistas quanto dos dentistas legistas - pode-se estipular um mercado definido para o produto e também um número estimado de vendas para os próximos anos.

Com estes fatores bem estabelecidos, define-se a finalidade do plano de negócio, que é justamente determinar se o negócio é viável ou não. O resultado encontrado foi que, com o produto inicial e sua projeção para os próximos anos, o produto pode ser viável, mesmo que inicialmente se dê mais ênfase a um segmento de mercado, para que posteriormente o negócio possa crescer e outro segmento a ser explorado também se torne tecnicamente viável.

6.2 DEFINIÇÃO DO NEGÓCIO

6.2.1 Visão:

Obter reconhecimento e ser o principal nome nacionalmente no ramo de equipamentos odontológicos.

6.2.2 Missão:

Atuar na área de equipamentos odontológicos, promovendo ganhos aos clientes e à sociedade, com o permanente compromisso de dar forma e conteúdo ao desenvolvimento tecnológico.

6.2.3 Valores:

- Compromisso com a saúde e bem estar da sociedade.
- Relacionamento aberto com o cliente, buscando sempre a satisfação total.
- Ética e honestidade em todo e qualquer processo.

6.2.4 Descrição do negócio:

O negócio está inserido no mercado de saúde, especificamente na indústria de equipamentos odontológicos, atuando tanto na área de perícia criminal quanto na área de

clareamento dentário. Neste segmento, o produto visa aumentar a confiabilidade na aquisição e identificação da cor para estudos legistas e clareamento dental, realizando uma análise automatizada. A venda deste produto será realizada diretamente com o cliente através de um site, ou através de distribuidoras e representantes de equipamentos odontológicos.

No início espera-se que o sistema para os dentistas legistas ganhe reconhecimento na comunidade e ajude a facilitar a inserção do sistema para clareamento dentário. A qualidade e tecnologia empregada na de aquisição e apresentação dos resultados serão os processos que irão conquistar espaço no mercado.

A automatização do sistema de análise, dispensando as técnicas atuais que possuem a necessidade da percepção do olho humano em identificar cores, é o diferencial para atingir o reconhecimento perante a comunidade odontológica.

As principais características que atuam como diferencial deste produto para os concorrentes são a dispensa de fios, a facilidade transporte e manuseio do equipamento e a agilidade no processo de análise da cor.

6.3 OBJETIVOS

6.3.1 Objetivo Principal

Se tornar o principal nome no mercado nacional no setor de equipamentos odontológicos nos próximos anos através da fabricação e venda de equipamentos de identificação de coloração dentária.

6.3.2 Objetivos intermediários

Para alcançar nosso objetivo temos como passos intermediários:

- Desenvolver no primeiro ano um produto que auxilie a pericia criminal na resolução e estudo de casos.
- Se firmar no mercado com o sistema ACDPM, e desenvolver novos produtos no setor de odontológicos nos próximos três anos.
- E dentro de cinco anos, conquistar reconhecimento no mercado nacional, tornando-se referência em equipamentos odontológicos eletrônicos na área de coloração dentária.

6.3.3 Descrição do Produto e Serviços

O sistema ACDPM adquire a coloração dentária de forma autônoma, sem a utilização de fios, com um sistema móvel que se comunica via wireless com um sistema fixo acoplado à porta usb do computador e faz a interação com o usuário através de um software que apresenta a análise dos dados adquiridos.

O produto possui características de facilidade de transporte, tamanho reduzido, fácil manuseio, apresentação da coloração em tempo real e simples utilização.

Com estas características, o equipamento se torna um importante auxílio para o aumento da confiabilidade e rapidez para o estudo de casos na perícia criminal e em tratamentos de clareamento dental.

6.3.4 Análise Comparativa

Atualmente existem produtos similares para a captação da coloração dentária, estes equipamentos são de tamanho razoavelmente grande, utilizam câmeras para captar a imagem completa do dente ou não realizam o processamento dos dados em tempo real necessitando de análise dos dados captados por um laboratório terceiro. Nestes casos, o sistema ACDPM apresenta vantagens, como o tamanho reduzido permitindo um melhor manuseio do equipamento e atingindo locais com pequena área de manobra, a captação da cor com mais simplicidade e livre de câmeras e a demonstração dos resultados de maneira em tempo real, facilitando e acelerando o tempo da análise.

Possíveis análises com scanners tri dimensionais e processamento de imagens utilizando pequenas câmeras podem se mostrar mais eficientes, representando ameaças ao sistema, porém este tipo de abordagem se mostra mais dispendiosa financeiramente, com maior complexidade nos dados apresentados, com funcionalidades desnecessárias para este tipo de aplicação, menos portátil devido aos equipamentos de suporte e mais indicado para outros ramos da odontologia.

6.3.5 Tecnologia

As tecnologias utilizadas no sistema ACDPM são:

- Sensor *ADJD-S311-CR999* – sensor de cor que capta a coloração do dente;

- MSP430 – microcontrolador que recebe informações do sensor de cor, faz a interface com o componente CC2500 e se comunica com o computador via porta usb;
- CC2500 – componente que permite a comunicação sem fio entre o sistema móvel e o sistema fixo;

6.3.6 Produtos e Serviços Futuros

Analisando o mercado tecnológico e os avanços em equipamentos odontológicos para sistemas que ofereçam maior confiabilidade em diagnósticos e também buscando se mostrar competitivo com possíveis concorrentes, um produto futuro seria o desenvolvimento de um sistema odontológico CAD/CAM (Computer-Aided Design and Computer-Aided Manufacturing), neste sistema o escaneamento das dimensões do dente é feito, o computador então com os dados reconstrói a imagem do dente em três dimensões para posterior preparação de um novo dente, idêntico ao seu modelo, em um laboratório especializado.

6.4 ANÁLISE DE MERCADO RESUMIDA

A análise de mercado busca informações acerca do contexto atual do mercado de equipamentos odontológicos e os potenciais clientes. Busca-se quais são os potenciais concorrentes e qual é a situação atual do mercado tanto do ponto de vista da oferta quanto da demanda. Deste último ponto de vista, já foi mostrado que o mercado brasileiro possui um grande potencial, tanto do ponto de vista do número absoluto de profissionais atuando na área odontológica quanto do ponto de vista do poder aquisitivo da população que aumentou nos últimos, indicando que possa haver um crescimento na busca por serviços odontológicos, principalmente os de cunho estético.

Partindo deste contexto, o produto visa atender alguns nichos de mercados que visam melhorar os serviços prestados à sociedade, tanto do lado da estética odontológica, no caso do clareamento dentário quanto do lado da polícia criminal, fornecendo perícias mais rápidas.

6.4.1 Segmentação de Mercado

Como já mencionado o mercado brasileiro de odontologia possui um grande potencial, visto que em números absolutos o número de profissionais que atuam nesta área é muito grande. Logo, dentro deste rol elevado, é necessário conhecer as diferentes especialidades que compõem o setor odontológico para se estabelecer os potenciais clientes.

Analisando-se as diferentes especialidades chegou-se a conclusão de que duas são relevantes para o produto em questão, são elas: dentística e odontologia legal. O quadro 12 relaciona estas duas área com o total de profissionais do mercado para a data de 25 de abril de 2013, segundo o CFO (Conselho Federal de Odontologia)[13].

Análise de Mercado		
Especialidades	Total	%
Dentística	1.811	0,71%
Odontologia Legal	521	0,20%
Total de Dentistas no Brasil	256.398	100,00%
Clientes Potenciais	2.332	0,91%

Quadro 12 – Número de dentistas por especialidade

Fonte: Própria.

Ao se observa o quadro acima pode-se delimitar bem os potenciais clientes a serem explorados e chega-se a conclusão de que estes não passam de 1% de todos os profissionais que atuam na área de odontologia.

Um dos segmentos alvo do produto será o setor de odontologia legal. Inicialmente será o setor que poderá resultar em lucros utilizando-se o produto desenvolvido ao longo deste projeto. Isto se deve à necessidade de se fazer adaptações técnicas ao produto para que o mesmo possa ser utilizado em pessoas vivas. Portanto, por uma questão técnica, primeiramente o produto passará a ser comercializado para esse segmento para que posteriormente, investindo em P&D se possa aplicá-lo ao segundo segmento.

Já o segundo segmento, além de ser um mercado maior, possui um potencial maior devido a possibilidade de a demanda por tratamentos estéticos – clareamento dentário no caso do produto – crescer com um crescimento da renda da população, podendo associar este segmento ao segmento de cirurgias plásticas estéticas no Brasil, o qual vem aumentando consideravelmente de acordo com a SBCP (Sociedade Brasileira de Cirurgia Plástica). Ainda de acordo com a SBCP o grande contribuinte para o aumento das cirurgias aumentou nos

últimos anos devido à ascensão da classe C. Fazendo-se um paralelo com esse mercado pode-se, sendo otimista, supor que o mesmo poderá ocorrer com o mercado de odontologia estética.

6.4.2 Segmento Alvo de Mercado

Nesta seção será dada ênfase a cada um dos segmentos de mercado escolhidos, explicando com mais detalhes o que é cada e qual o potencial de cada um.

O segmento alvo para iniciar a abertura do mercado será o de odontologia legal. Esta escolha de segmento se dá devido ao fator técnico de aplicação do produto, conforme já explicado na seção anterior. Basicamente este segmento atua em conjunto com a polícia científica, de modo que a coloração dentária possui atuação na área de perícia para verificação de mortes violentas.

Sendo assim, o produto pode auxiliar alguns fatores importantes que justificam sua escolha mesmo observando uma porcentagem menor na quantidade de clientes comparativamente com o outro segmento. Dentre estes fatores estão:

- O produto preenche uma lacuna falha no segmento, podendo resolvê-la de imediato, uma vez que tecnicamente o mesmo já se encontra desenvolvido; de modo que a sua boa aceitação pode propiciar a entrada do produto em outros segmentos;
- Partindo da absorção e comprovação das funcionalidades do produto neste segmento, a boa aceitação do mesmo pode propiciar a entrada do produto em outros segmentos.

Como segunda etapa do plano, inicia-se a venda e a produção para o segundo segmento de atuação: dentística. Este segmento se caracteriza por ser o ramo da odontologia que atua na área da cosmética e restauração dental[14]. Dentre as principais especialidades deste segmento encontra-se o profissional que realiza clareamento dentário. Esta técnica é feita através de uma análise visual da coloração do paciente e são feitos moldes até que a cor certa seja definida. Como já mencionado na seção anterior espera-se que este profissional tenha um aumento na sua demanda e toda a projeção de vendas futura será feita baseando-se nisso.

Tanto no primeiro segmento quanto no segundo o aparelho desenvolvido ajudará na realização dos diagnósticos, tornando-o mais eficiente tanto do ponto de vista do custo total

do processo quanto do tempo. Ainda no segundo segmento, vale frisar que o aparelho impactará na redução dos custos com perdas de moldes.

6.4.2.1 Necessidades do Mercado

O mercado no qual o produto está inserido possui grande relacionamento com produtos eletrônicos, os quais visam o aumento da eficiência do trabalho.

Nos dois segmentos de mercado a serem explorados, o produto visa a exploração da mesma deficiência: fornecimento de resultados mais rápidos e mais precisos. Isto se deve ao fato de que tanto, o legista quanto o dentista que realiza clareamento dentário, realizam suas atividades utilizando apenas a sua própria visão para determinar a coloração dentária. Sendo assim, fatalmente, incorre-se em erros e em um tempo considerável para análise de um dente.

Portanto, ao se analisar o ramo do mercado, percebe-se a necessidade de equipamentos que facilitem a aquisição dos dados necessários para realizar os diagnósticos. Assim, pode-se economizar tempo e evitam-se erros que podem ser muito danosos a um indivíduo, no caso do clareamento dentário, ou à sociedade, no caso de erros de perícia.

6.4.2.2 Tendências do Mercado

Uma grande tendência do mercado está na busca por soluções menos custosas e mais fáceis de serem determinadas. Os dois segmentos de mercado analisados tem por necessidade evitar perdas desnecessárias.

No mercado de odontologia legal, em que profissionais atuam em conjunto com a polícia científica, a utilização de produtos eletrônicos que possam determinar resultados mais precisos ou que possam apontar uma direção no diagnóstico é uma tendência em que o produto a ser desenvolvido se encaixa perfeitamente.

Já no mercado de estética dentária também há a necessidade de maior precisão nos diagnósticos, uma vez que é necessário montar moldes dentários para cada pessoa e cada molde errado resulta em maior custo e perda de tempo.

Para manter a indústria odontológica aquecida, as indústrias têm investido muito no setor de P&D [15], o que mostra o enquadramento do produto a ser desenvolvido dentro do contexto atual desse setor.

6.4.2.3 Crescimento do Mercado

O mercado de produtos ligados à odontologia está em constante expansão e é um setor de destaque na economia. Segundo a Associação Brasileira da Indústria de Artigos e Equipamentos Médicos, Odontológicos, Hospitalares e de Laboratórios (Abimo), as exportações brasileiras de produtos para saúde cresceram 17% em 2012 [16]. Além deste dado positivo com relação a todo o setor de saúde do Brasil, o setor da indústria odontológica é o único setor superavitário dentre todos os setores inseridos na saúde e esta situação já ocorre há onze anos.

Portanto, nota-se a possibilidade de crescimento no mercado odontológico, pois além de contar com um número elevado de profissionais atuantes na área, o país vem sendo reconhecido como uma potência nesse setor segundo a gerente de Projetos Internacionais da Abimo, Paula Portugal, que falou sobre o atual crescimento e as boas perspectivas futuras para o setor [16].

Para ratificar o que eu foi expressado, pode-se citar os resultados em números: em 2011, as empresas brasileiras do segmento exportaram aproximadamente US\$ 87 mi e importaram US\$ 80 mi[16].

6.4.3 Análise da Indústria

O negócio está inserido na indústria que produz máquinas e equipamentos inseridos no setor odontológico.

Dentro deste contexto encontram-se grandes empresas multinacionais e empresas nacionais, as quais serão mencionadas no próximo subitem. Dentro do mercado nacional vale ressaltar que as empresas nacionais já oferecem seus produtos a 180 países, gerando um crescimento de US\$707 milhões de dólares.

Portanto, além do negócio possuir boa demanda interna, este pode inclusive evoluir para, futuramente, contemplar o mercado mundial.

6.4.3.1 Players

Pode-se dividir os *Players* desta indústria em: fornecedores, clientes, parceiros e concorrentes.

Os fornecedores se resumem a fabricantes de componentes eletrônicos, sendo estes representados pelas seguintes empresas: Texas Instruments, Avago Technologies, Farnell. As duas primeiras empresas citadas podem ser alvo para formação de parcerias, uma vez que todo o módulo (móvel e fixo) é constituído por componentes fabricados pelas duas empresas. Isto poderia trazer uma redução de custos e um fortalecimento do negócio a longo prazo.

Os clientes são divididos em dois de acordo com o segmento de mercado. O primeiro seria a polícia científica, em que dentistas legistas atuam, participando de perícias forenses. O segundo seriam os dentistas especializados na área de estética, mais precisamente os que trabalham com clareamento dentário.

Por último, citam-se os concorrentes, os quais podem ser estrangeiros ou nacionais. Dentre os principais concorrentes de cunho internacional citam-se três grandes empresas dos EUA: Danaher, Dentsply International e 3M Healthcare.

6.4.3.2 Modelo de Distribuição

A distribuição pode ser realizada de diferentes maneiras. Uma delas consiste da venda pela internet com o envio da compra através do correio e/ou de transportadoras.

Outro modelo de distribuição que pode ser utilizado consiste na venda pelos através de distribuidoras ou representantes especializados na área.

Desta forma, também se vê necessário obter parcerias com empresas que atuem nessa área, dentre elas cita-se:

- Master SBG Produtos Odontológicos;
- Angelus Ciência e Tecnologia;
- DentalEquipamentos;
- LM Dental;
- Dalu do Brasil Comércio de Produtos Hospitalres LTDA..

6.4.3.3 Modelo de Competitividade

No mercado de equipamentos do setor da saúde, especificamente no setor odontológico, para se manter competitiva e atualizada com as tendências a empresa deve:

- Buscar continuamente inovações tecnológicas para aprimoramento dos produtos via P&D;

- Explorar áreas com pouca ou nenhuma exploração, sempre buscando a solução de problemas;
- Fornecer serviços como treinamentos e consultorias;
- Fazer parcerias tanto com empresas nacionais quanto multinacionais, visando uma redução de preço e um aumento do seu mercado;
- Fornecimento de suporte técnico.

6.4.3.4 Principais Players

Através de uma análise dos players do mercado, chega-se aos principais, que são:

- **Fornecedores:** - Texas Instruments (Interfaceamento eletrônico);
- Avago Technologies (sensor de cor);
- Farnell (componentes em geral).
- **Concorrentes:** - Danaher (EUA);
- 3M Healthcare (EUA);
- Dentsply International (EUA).

Este ultimo pode ser a maior ameaça uma vez que tem desenvolvido equipamentos que realizam restaurações através de softwares e uma das características desse produto é permitir a reprodução de cores naturais em restaurações de cerâmica.

- **Parceiros:** Podem ser tanto distribuidoras quanto representantes em geral.
- **Clientes:** - Polícia Científica;
- Dentistas que atuam na área da dentística.

6.5 DEFINIÇÃO DA OFERTA E DA PROPOSTA DE VALOR

O mercado alvo é o mercado de equipamentos odontológicos, voltado para análise de coloração dentária, podendo atender tanto ao segmento de perícia quanto ao de estética. Portanto, os alvos deste produto são a indústria médico-odontológica e forense.

O produto auxiliará no diagnóstico, fornecendo a cor do dente em tempo real. No caso da análise pericial, o produto poderá indicar uma possível causa de morte devido à coloração identificada. Já no segundo caso, o produto poderá fornecer a cor real do dente, fornecendo um resultado mais preciso de forma a aumentar a eficiência do tratamento, ou seja, poderá diminuir o número de seções de clareamento dentário de uma pessoa. Desta forma, além de se reduzir o custo, reduz-se o incômodo à pessoa submetida ao tratamento.

Além disso, o produto consta com uma interface que fornece resultados em tempo real e que permite a expansão do banco de dados, além de permitir salvar os dados. Outra vantagem é a inexistência de fios, principalmente no segundo caso, pois, desta forma, deixa-se a cadeira do dentista mais livre, facilitando o trabalho e a organização, além de esteticamente ser melhor.

Aliando baixo consumo e baixo preço, o produto será oferecido a um preço de R\$ 800,00, sendo que o produto físico (hardware) será comercializado a R\$600,00 e o software será comercializado a um preço de R\$200,00. Estes preços estão bem abaixo dos preços de mercado, os quais facilmente chegam a casa dos R\$4000,00 ou mais.

6.6 ESTRATÉGIA E IMPLEMENTAÇÃO

6.6.1 Diferenciais Competitivos e Proposta de Valor

Para lançar o produto no mercado, este necessita de alguns atrativos e diferenciais, estes são:

- Totalmente independente de fios;
- Equipamento portátil e de tamanho reduzido;
- Dispensa erros causados pela percepção humana;
- Agiliza o processo da identificação de cores;
- Inovador no seu processo;
- Software de interface com o usuário, facilitando a visualização dos resultados.

Estipula-se que com estas características o produto conquiste o mercado e consolide sua marca. No quadro 13, uma análise SWOT exemplifica melhor os pontos importantes referentes à competitividade da empresa no mercado.

Ambiente Interno	
PONTOS FORTES	PONTOS FRACOS
<ul style="list-style-type: none"> • Totalmente sem fio; • Equipamento portátil; • Agiliza processos; • Inovação na identificação de coloração dentária; • Baixo consumo. 	<ul style="list-style-type: none"> • Análise pode ser feita manualmente.

Ambiente Externo	
OPORTUNIDADES	FRAQUEZAS
<ul style="list-style-type: none"> • Grande mercado odontológico; • Preocupação crescente na estética; • Maior cuidado da saúde devido à estabilidade econômica da população; • Não apresenta concorrência com produto similar. 	<ul style="list-style-type: none"> • Facilidade de copiar ideias. • Prioridades dos dentistas no investimento em outros equipamentos.

Quadro 13 – Análise SWOT

Fonte: Própria.

6.6.2 Estratégia de Marketing

6.6.2.1 Estratégia de Preços

O preço de venda foi estipulado utilizando-se um mark-up que cobrisse os custos totais e despesas para fabricação do produto, além de permitir a adição de uma certa margem de lucro. Para estabelecimento do preço também levou-se em consideração os preços praticados pelo mercado, porém por ser um produto novo, adotou-se a política de entrar com um preço menor.

O preço é de R\$ 800,00 por unidade, contemplando a parte física (R\$600,00) e o software (R\$200,00).

6.6.2.2 Estratégia de Promoção

Espera-se promover o produto através de propagandas diretamente ligadas aos setores. Poderá ser feita a distribuição de panfletos em consultórios e a participação em licitações públicas, no caso do segmento de mercado ligado à polícia científica.

Após conquistar mercado, espera-se que a própria boa experiência de especialistas da área do sono com o equipamento sirva como uma próxima abordagem de marketing para abranger os outros segmentos que compõem o mercado.

6.6.2.3 Estratégia de Distribuição

A distribuição será realizada por dois modelos, sendo estes:

- Vendas realizadas através do site da empresa com distribuição realizada será por meio de transportadoras;
- Vendas através de distribuidoras de equipamentos médico-odontológicos, em que a logística para o envio do produto ao cliente será feita pela distribuidora.

6.6.3 Estratégia de Vendas

6.6.3.1 Forecast

No quadro 14 é mostrada uma projeção de vendas para os próximos cinco anos (2013 a 2017). Inicialmente, no primeiro ano, é considerado que serão produzidos produtos somente para atender ao primeiro segmento de mercado (polícia científica), visto que o segundo produto estará em desenvolvimento neste período. Portanto, a partir do segundo ano, o número de vendas deve aumentar consideravelmente. O novo produto consta no quadro com o nome de Sistema ACDPM II, porém deve mudar de nome no futuro.

Ao fim do terceiro ano, será considerado que o produto também será vendido para fora do país, o que acarreta num outro aumento considerável no número de vendas.

Considerou que os preços sofrerão reajustes a cada ano, seguindo uma taxa de inflação média de 5% a.a. para todos os anos.

PROJEÇÃO DE VENDAS		Ano0 (2013)				Ano1 (2014)			
		VOLU ME	PREÇ O	RECEIT A	%	VOLU ME	PREÇ O	RECEITA	%
1	Sistema ACDPM (Hardware)	100	R\$ 600,00	R\$ 60.000,0 0	75, 00	180	R\$ 630,00	R\$ 113.400,0 0	41, 81
2	Sistema ACDPM (Software)	100	R\$ 200,00	R\$ 20.000,0 0	25, 00	180	R\$ 210,00	R\$ 37.800,00	13, 94
3	Sistema ACDPM II (Hardware)	0	R\$ 0,00	R\$ 0,00	0	120	R\$ 750,00	R\$ 90.000,00	33, 19
4	Sistema ACDPM II	0	R\$	R\$ 0,00	0	120	R\$	R\$	11,

(Software)	0,00	250,00	30.000,00	06
POSSÍVEIS NOVOS PRODUTOS				
1	CAD/CAM	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00
RECEITA TOTAL				
		R\$ 80.000,00	R\$ 271.200,00	

Ano2 (2015)				Ano3 (2016)				Ano4 (2017)			
VOL UME	PREÇ O	RECEIT A	%	VOL UME	PREÇ O	RECEIT A	%	VOL UME	PREÇ O	RECEIT A	%
200	R\$ 661,50	R\$ 132.300,00	16,56	300	R\$ 694,58	R\$ 208.372,50	12,22	400	R\$ 729,30	R\$ 291.721,50	12,27
200	R\$ 220,50	R\$ 44.100,00	5,52	300	R\$ 231,53	R\$ 69.457,50	4,07	400	R\$ 243,10	R\$ 97.240,50	4,09
250	R\$ 787,50	R\$ 196.875,00	24,64	750	R\$ 826,88	R\$ 620.156,25	36,38	1200	R\$ 868,22	R\$ 1.041.862,50	43,81
250	R\$ 262,50	R\$ 65.625,00	8,21	750	R\$ 275,63	R\$ 206.718,75	12,13	1200	R\$ 289,41	R\$ 347.287,50	14,60
300	R\$ 1.200,00	R\$ 360.000,00	45,06	500	R\$ 1.200,00	R\$ 600.000,00	35,20	500	R\$ 1.200,00	R\$ 600.000,00	25,23
		R\$ 798.900,00				R\$ 1.704.705,00				R\$ 2.378.112,00	

Quadro 14 - Projeção de venda para os próximos cinco anos
Fonte: Própria.

6.6.3.2 Plano de Vendas

Inicialmente, as vendas serão feitas para o segmento da polícia científica e a única forma de se vender será por meio de licitações, uma vez que se trata de um órgão público. Já na segunda parte do plano de vendas, serão feitos atos para vender o produto para o outro segmento, o mercado de estética odontológica.

Para conquistar os clientes desse mercado, serão distribuídos panfletos em clínicas odontológicas e serão feitas propagandas via internet em sites especializados na área. Para ganhar a clientela, serão oferecidas amostras para uso por um determinado tempo, sendo que

ao término deste período o cliente poderá adquirir o produto ou optar por não comprá-lo, ou seja, será uma demonstração do produto sem compromisso.

Também serão oferecidos descontos progressivos aos clientes que adquirirem mais produtos de uma única vez. Assim, pode-se produzir em escala maior e incentivar o cliente a realizar aquisições maiores.

Também será elaborado um plano pós-venda, fornecendo a assistência ao cliente, de forma a fidelizá-lo.

6.6.4 Alianças Estratégicas

Pode-se estabelecer parcerias com distribuidoras e representantes de equipamentos odontológicos, a fim de dar um maior peso ao negócio dentro do mercado. Essas parcerias tenderiam a dar maior visibilidade ao negócio, atraindo um potencial maior de clientes.

6.6.5 Cronograma

No quadro 15 é apresentado um cronograma com as principais atividades da empresa até que esta entra em sua fase operacional. Vale ressaltar que mesmo estando em operação aparecem a empresa continuou atuando no desenvolvimento do produto, visando atender ao segundo segmento de mercado (estético).

Neste cronograma as atividades são detalhadas com data de início e de fim da atividade e com o custo referente a cada uma delas.

Atividades	Data Início	Data Fim	Valor	Departamento Responsável
Desenvolvimento do Produto	01/11/20 12	31/03/20 13	R\$ 900,00	Engenharia
Protótipo para demonstração, testes e acertos	01/04/20 12	21/04/20 13	R\$ 450,00	Engenharia
Gastos Legais para Abrir a Empresa	01/05/20 13	08/05/20 13	R\$ 1.000,00	Administração
Definição do espaço físico	10/05/20 13	17/05/20 13	R\$ 1.500,00	Administração
Aquisição de Equipamentos e Materiais	21/05/20 13	01/06/20 13	R\$ 15.000,00	Compras
Contratação de funcionários auxiliares	01/06/20 13	15/06/20 13	R\$ 0,00	Administração

Abertura da Empresa	01/07/20 13	01/07/20 13	R\$ 0,00	Todos
Implementação de um projeto de marketing	01/07/20 13	31/07/20 13	R\$ 5.000,00	Marketing
P&D para Sistema ACDPMII	01/07/20 13	31/12/20 13	R\$ 3.000,00	Eng. De Desenvolvimento
Produção do primeiro lote de produtos	15/07/20 13	31/07/20 13	R\$ 55.000,00	Produção
Total			R\$ 81.850,00	

Quadro 15 - Cronograma
Fonte: Própria.

6.7 GESTÃO

6.7.1 Estrutura Organizacional

A empresa terá uma estrutura organizacional inicial contando com seus dois sócios fundadores, os quais irão tomar as decisões da empresa em conjunto. Também haverá alguns empregados que responderão diretamente a estes, já que será uma microempresa.

Conforme o desenvolvimento da empresa serão realizados ajustes e mudanças na sua estrutura organizacional de acordo com a necessidade e as perspectivas futuras.

6.7.2 Equipe

Inicialmente a equipe será formada pelos sócios fundadores (Domicius e Vinícius), por uma secretária e por uma diarista que atuará no setor de limpeza.

No primeiro ano toda a parte referente à produção, ao marketing, às vendas e à administração será desempenhada pelos sócios. Portanto, estes só receberão salário como engenheiros, mesmo atuando nas outras áreas. Com a evolução da empresa, serão contratados profissionais para preencher os cargos.

6.7.3 Quadro de Pessoal

No quadro 16 abaixo observa-se a disposição do quadro de pessoal da empresa para os anos de 2013 a 2017.

QUADRO DE PESSOAL										
	2013		2014		2015		2016		2017	
	Qtd.	Salário Anual (R\$)								
Pessoal - Produção										
Eng. de Desenvolvimento	2	24000	2	48000	2	60000	2	72000	3	84000
Técnico	0	0	1	18000	2	25000	2	30000	3	36000
Outros (Auxiliar Técnico ou Estagiário)	0	0	0	0	1	10000	2	12000	3	15000
Subtotal		48000		114000		180000		228000		405000
Pessoal - Marketing e Vendas										
*Gerente de Marketing e Vendas	0	0	1	36000	1	45000	1	55000	1	66000
Outros	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Subtotal		0		36000		45000		55000		66000
Pessoal - Gerais e Administrativas										
*Administrador	0	0	0	0	1	45000	1	55000	1	66000
Outros	0	0	0	0	0	0	0	0	1	12000
Subtotal		0		0		45000		55000		78000
Pessoal – Outros										
Secretária	1	12000	1	13000	1	14000	1	15000	2	18000
Diarista	1	7200	1	7500	1	7800	1	8300	1	8600
Outros	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Subtotal		19200		20500		21800		23300		26600
Total Pessoas	4		6		9		10		15	
Total Folha		R\$ 67.200,00		R\$ 170.500,00		R\$ 291.800,00		R\$ 361.300,00		R\$ 575.600,00
Benefícios e Obrigações		R\$ 8.618,67		R\$ 23.414,44		R\$ 42.730,22		R\$ 53.182,44		R\$ 85.051,56
Total Gastos com Folha		R\$ 75.818,67		R\$ 193.914,44		R\$ 334.530,22		R\$ 414.482,44		R\$ 660.651,56

Quadro 16 – Quadro de pessoal
Fonte: Própria.

Como se pode observar no quadro acima, inicialmente a empresa será composta por poucos funcionários, sendo que basicamente os dois sócios farão toda a parte operacional e financeira da empresa. Além disso, observa-se um sacrifício inicial, em que os salários para engenheiro serão bem abaixo do mercado, uma vez que estes cargos serão ocupados pelos

sócios. Somente no último ano, pretende-se contratar um engenheiro, porém com um salário compatível com o mercado.

Também vale ressaltar que foram previstos aumentos ou reajustes de salário para cada ano, a fim de manter a empresa competitiva.

6.8 PLANO FINANCEIRO

6.8.1 Considerações

Nesta seção é apresentado o plano financeiro da empresa, tendo como objetivo mostrar a viabilidade da empresa.

Foram estimadas análises para os próximos cinco anos. Todos os valores escolhidos tiveram por base o estudo de mercado, procurando ser compatível com valores reais. Também foi considerada uma inflação média de 5% a.a. para cada ano do período.

6.8.2 Indicadores Financeiros

Os indicadores financeiros servem como parâmetros para análise e devem ser escolhidos de acordo com o objetivo desta análise. Escolheu-se verificar a Margem Operacional, tanto a Bruta quanto a Líquida. Os dois indicadores são resultados da divisão do lucro pelas receitas, porém no segundo indicador considera-se as despesas e os impostos e, portanto, este indicador tem um valor menor que o primeiro. Para todos os períodos os indicadores aumentaram de valor, indicando que a empresa aumentou o seu lucro no período..

Portanto para comprovar o aumento dos indicadores, pode-se analisar que o número de vendas aumentou , podemos perceber que as vendas aumentaram oito vezes em cinco anos, dando um salto considerável a partir do segundo ano, quando começa a comercialização do segundo produto, voltado ao segmento de clareamento dentário. Também observa-se um grande aumento do número de vendas a partir do quarto ano, quando a empresa começa a realizar exportações.

6.8.3 Análise do *Break-even*

O break-even ocorre no final do segundo ano de operação da empresa. Há alguns pontos a se considerar para justificar o porque deste valor. Primeiramente, vale ressaltar que

os sócios receberam salários bem abaixo do mercado para desempenhar suas funções e não fizeram retiradas durante os dois primeiros anos. Também foi importante ter um quadro de pessoal reduzido nos dois primeiros anos, o que fez com que a folha de pagamentos reduzisse e ajudasse a empresa a obter lucro.

6.8.4 Investimento Inicial

O investimento inicial é de 40 mil reais de investimento próprio para pagamento de caixa no primeiro ano. Também foi considerado um empréstimo de 250 mil reais para a aquisição de um local próprio para a empresa. Foi considerada uma taxa de 5% a.a.

6.8.5 Projeção do Resultado e de Fluxo de Caixa

O quadro 17 demonstra as projeções de fluxo de caixa e resultado para os próximos 5 anos.

Os quadros não apresentam retiradas de pró-labore porque os sócios recebem salários desempenhando funções dentro da empresa.

Na projeção de custos dos produtos vendidos foi adicionado ao valor de matéria prima custos com equipamentos, marketing e jurídicos iniciais, sendo 30 mil reais no primeiro ano e 50 mil reais reinvestidos no terceiro ano.

D&V Tecnologia	Previsão	Previsão	Previsão	Previsão	Previsão
	1	2	3	4	5
<u>FLUXO DE CAIXA</u>	Ano1	Ano2	Ano3	Ano4	Ano5
<u>PROJETADO</u>					
-	TOTAL	TOTAL	TOTAL	TOTAL	TOTAL
RECEITA BRUTA					
Vendas de Produtos	80.000	271.200	798.900	1.704.705	2.378.112
Vendas de Serviços	-	-	-	-	-
TOTAL DE RECEITA BRUTA	80.000	271.200	798.900	1.704.705	2.378.112
% dos Impostos sobre Vendas	18 %				
IMPOSTOS SOBRE VENDAS	14.400	48.816	143.802	306.847	428.060
RECEITA LÍQUIDA	65.600	222.384	655.098	1.397.858	1.950.052

CUSTO DOS PRODUTOS VENDIDOS					
Mão de Obra Direta					
Matéria Prime e Materiais Diretos	18.182	61.636	181.568	387.433	540.480
Despesas Indiretas					
	4.000	13.560	39.945	40.000	48.000
MARGEM DE CONTRIBUIÇÃO					
	43.418	147.188	433.585	970.425	1.361.572
% da Receita Líquida	66%	66%	66%	69%	70%
DESPESAS DE VENDAS					
Fixas					
	3.000	4.000	6.000	8.000	10.000
% sobre Receitas Brutas	3%				
	2.400	8.136	23.967	51.141	71.343
DESPESAS DE VENDAS					
	5.400	12.136	29.967	59.141	81.343
DESPESAS FIXAS					
Pessoal + Encargos + Benefícios					
	55.819	98.421	260.117	414.482	600.925
Retiradas e Pró-labore					
	-	20.000	20.000	30.000	100.000
Aluguéis+ Impostos+ Condomínios					
	4.000	4.000	4.800	4.800	4.800
Administração					
	-	-	-	-	-
Depreciação / Amortização					
	2.400	8.136	23.967	51.141	71.343
Contas: água, luz, telefone, etc					
	6.380	8.850	9.550	10.250	11.350
DESPESAS FIXAS					
	62.219	130.557	308.884	500.424	777.068
LUCRO					
Lucro Operacional					
	(24.200)	4.495	94.734	410.860	503.160
Imposto de Renda					
	10%				
	-	449	9.473	41.086	50.316
LUCRO LÍQUIDO APÓS IR					
	(24.200)	4.045	85.261	369.774	452.844
% da Receita Líquida	-37%	2%	13%	26%	23%
VARIAÇÃO DE CAPITAL DE GIRO					
Dez Ano0					
Dez Ano1					
Dez Ano2					
Dez Ano3					
Dez Ano4					
Contas a Receber no final do período					
	8.000	27.120	79.890	170.471	237.811
Estoques no final do período					
	6.000	30.000	45.000	72.000	120.000
Contas a Pagar no final do período					
	-	-	-	-	-
Impostos a Pagar no final do período					
	-	-	-	-	-
VARIAÇÃO DE CAPITAL DE GIRO					
	(14.000)	(43.120)	(67.770)	(117.581)	(115.341)

Depreciação no período	+	-	-	-	-	-
FLUXO DE CAIXA OPERACIONAL		-38.200	-39.075	17.491	252.194	337.504
Investimentos em Ativo Fixo						
Adições aos Ativos Fixos	-	0	0	0	-100.000	0
Vendas de Ativos Fixos	+					
FLUXO DE CAIXA LIVRE (FCF)		-38.200	-39.075	17.491	152.194	337.504
Financiamentos Longo Prazo						
Amortização de Financiamentos	-	0	0	0	-100.000	-150.000
Pagamento de Juros	-	-12.500	-12.500	-12.500	-12.500	-7.500
Amortização de empréstimos Curto Prazo	-					
Recursos Próprios	+	40.000	0	0	0	0
CAIXA GERADA NO PERÍODO		239.300	-51.575	4.991	39.694	180.004
Retirada de Dividendos	-					
CAIXA GERADA ÀCUMULADA		239.300	187.725	192.715	232.409	412.412

Quadro 17 – Projeção de fluxo de caixa para os próximos 5 anos.

Fonte: Própria.

6.8.6 Viabilidade do Empreendimento

O negócio se mostrou viável do ponto de vista econômico, porém vale resaltar algumas condições.

Porém, o negócio só será viável se o segmento de mercado atingido for o segmento de odontologia estética. Para isso, é preciso que o produto esteja em funcionamento a partir do segundo ano de operação. Isto ocorre, porque conforme a análise de mercado, o primeiro segmento explorado – odontologia legal – é pequeno se comparado ao segundo.

Também vale ressaltar que para o negócio sofrer uma grande expansão, é necessário que o produto seja exportado a partir do quarto ano de operação.

Seguindo estas condições de mercado e com os sócios sendo disciplinados do ponto de vista financeiro, recebendo pouco nos dois primeiros anos, pode-se dizer que o negócio pode

dar certo. Portanto, disciplina e organização têm de ser seguidos à risca para se chegar ao objetivo final: consolidar uma empresa na área de produtos odontológicos.

Por fim, pode-se dizer que o produto se mostra eficaz para entrar no mercado, podendo consolidar sua marca e criar uma estrutura tanto de produção, quanto de administração e marketing. Também é importante frisar que o investimento em P&D é importantíssimo para que a empresa não fique para trás em relação à concorrência, principalmente no mercado que envolve tecnologias da saúde.

7 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este projeto tem como tema a utilização da eletrônica para contribuir com a perícia criminal. O auxílio se dá na análise da coloração dentária de pessoas cujo óbito se deve a causas violentas e a ocorrência de derrame de sangue na dentina. O dispositivo eletrônico visa resultados com maior resolução, aumentado a confiabilidade, padronizando a medição e eliminando a avaliação subjetiva. O estudo que este projeto auxilia tem como objetivo estabelecer uma correlação entre a coloração do dente da vítima com a causa de sua morte, bem como a variação desta cor com o passar do tempo.

Para se atingir o objetivo de um equipamento de fácil utilização com a maior praticidade possível, a transmissão wireless foi utilizada e a apresentação dos resultados é feita no computador, interagindo o legista com o sistema de forma simples e objetiva. A escolha do sensor de cor foi fundamental e demandou qualidades específicas para se conseguir uma resolução para satisfazer a distinção de variações de cores.

Com detalhes iniciais bem definidos, a metodologia é seguida. O processo inicial se deu com o estudo dos componentes a serem utilizados, englobando todo o processo de estudo da estrutura do microcontrolador e seu kit de desenvolvimento, dos detalhes do sensor de aquisição de cor e toda a comunicação entre as partes envolvidas. O desenvolvimento veio em seguida, implementando todo o sistema e demonstrando o resultado através do software. A montagem do equipamento se deu por último, com os ajustes necessários para garantir o seu correto funcionamento e formato final. Em cada etapa problemas apareceram, destacando-se o sensor por possuir um protocolo bem específico para seu funcionamento e dimensões muito reduzidas, dificultando muito a sua soldagem e utilização.

O desenvolvimento do sistema foi possível e as suas especificações propostas foram alcançadas. Pode-se citar como o principal resultado do projeto o equipamento funcional com um sistema móvel que faz a aquisição da coloração dentária através do sensor, transmite os dados desta aquisição para um sistema fixo que se comunica com um computador e o software que recebe estes dados, processa-os e apresenta para o seu usuário informações necessárias como a própria coloração e o seu valor em termos computacionais. Outro resultado proveniente deste sistema é o benefício social, possibilitando a perícia criminal mais uma ferramenta para o estudo e resolução de casos de óbito.

Através destes resultados pode-se afirmar que o sistema desenvolvido realiza seu objetivo proposto e possui resultados importantes nas partes tecnológica, científica e social.

Planos futuros para o sistema podem ser feitos, com propostas de melhorias e alterações para o sistema, podendo adquirir potencial econômico e atingir o mercado odontológico brasileiro.

REFERÊNCIAS

- [1] Faria, Rubens Alexandre, e, Gavrilko, Oleg. “**Estudo Post Mortem Através da Técnica do Pink Teeth nas Vítimas de Mortes Violentas em Curitiba e Região Metropolitana**”, XXIII Congresso Brasileiro em Engenharia Biomédica, Brasil.
- [2] Gavrilko, Oleg. “**Estudo Post Mortem Através da Técnica do Pink Teeth em Vítimas de Mortes Violentas em Curitiba e Região Metropolitana**”, 2013, 70 p. (Dissertação apresentada como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Ciências, do Programa de Pós-Graduação de Engenharia Biomédica, da Universidade Tecnológica Federal do Paraná).
- [3] Texas Instruments, **eZ430-RF2500 Development Tool**, revisão E, SLAU227E. 2009. Páginas 1.
- [4] Texas Instruments, **MSP430F22x2, MSP430F22x4 Mixed Signal Microcontroller**, revisão G, SLAS504G. 2012. Páginas 1.
- [5] Texas Instruments, **CC2500 Low-Cost Low-Power 2.4 GHz RF Transceiver**, revisão C, SWRS040C. 2011. Páginas 1-2.
- [6] Total Phase, **USB vs. Serial and Paralel**, 2011. Disponível em: <<http://www.totalphase.com/support/kb/10048/>>. Acesso em 10 abr. 2013.
- [7] Gizmodo, **Bateria e Pilhas: o guia definitivo**, 2012. Disponível em: <<http://gizmodo.uol.com.br/baterias-e-pilhas-o-guia-definitivo/>>. Acesso em 02 abr. 2013.
- [8] Avago, **ADJD-S313-QR999**, revisão B, 5989-4762EN. 2006. Páginas 1-12.
- [9] TAOS, **TCS230 PROGRAMMABLE COLOR LIGHT-TO-FREQUENCY CONVERTER**, revisão A, TAOS046A. 2004. Páginas 1-6.
- [10] Avago, **ADJD-S311-CR999**, revisão G, AV02-0191EN. 2007. Páginas 1-11.
- [11] Sparkfun Schematics, **ADJD-S311 Breakout**, 2011. Disponível em: <http://dlnmh9ip6v2uc.cloudfront.net/datasheets/Sensors/LightImaging/ADJD-S311_Breakout-v10.pdf>. Acesso em 10 jan. 2013.
- [12] SensTools, **SimpliciTI Brief Tutorial**, 2010. Disponível em: <http://sensertools.gforge.inria.fr/lib/exe/fetch.php?id=lib%3Asimpliciti&cache=cache&media=lib:simpliciti_brief_tutorial.pdf>. Acesso em 26 fev. 2013.
- [13] CFO, **Brasil é o país com maior número de dentistas**, 2013. Disponível em: <<http://cfo.org.br/imprensa/saiu-na-imprensa/brasil-e-o-pais-com-o-maior-numero-de-dentistas/>>. Acesso em 15 mar. 2013.
- [14] Wikipedia, **Dentística**, 2013. Disponível em: <<http://pt.wikipedia.org/wiki/Dent%C3%ADstica>>. Acesso em 21 mar. 2013.

- [15] Jornal Odonto, **A escalada do mercado odontológico**, 2013. Disponível em: <http://www.jornaldosite.com.br/materias/saude/anteriores/edicao187/saude187_12.htm>. Acesso em 25 fev. 2013.
- [16] Estado de Minas Economia, **De Cara Nova**, 2013. Disponível em: <<http://www.economia.uai.com.br/saude.htm>>. Acesso em 14 abr. 2013.
- [17] Texas Instruments, **SimpliciTI Compliant Protocol Stack**, 2012. Disponível em: <<http://www.ti.com/tool/simpliciti>>. Acesso em 03 fev. 2013.
- [18] IBOPE, **Mercado de Cirurgia Plástica no Brasil**, 2009. Disponível em: <http://www4.ibope.com.br/download/apresentacao_cirurgia_plastica.pdf>. Acesso em 29 mar. 2013.
- [19] ABO, **O voo do mercado odontológico**, 2013. Disponível em: <<http://www.abo.org.br/revista/95/materia2.php>>. Acesso em 14 abr. 2013.
- [20] EBAH, **Pilhas e Baterias**, 2012. Disponível em: <<http://www.ebah.com.br/content/ABAAABdxck/pilhas-baterias?part=2>>. Acesso em 10 abr. 2013.
- [21] ABCP, **Ascensão da classe C contribuiu para o aumento de cirurgias plásticas no Brasil**, 2013. Disponível em: <<http://www.sbcsp-sp.org.br/noticias-e-artigos/noticias/81-ascensao-da-classe-c-contribuiu-para-o-aumento-de-cirurgias-plasticas-no-brasil>> Acesso em 28 mar. 2013.