



Universidade de Brasília - UnB
Faculdade UnB Gama - FGA
Projeto Integrador de Engenharia 2

Bike-X Simulador Virtual Para Bicicletas

Brasília, DF
2014



Grupo 5
Equipe **Start-X**

Bike-X
Simulador Virtual Para Bicicletas

Universidade de Brasília - UnB

Faculdade UnB Gama - FGA

Brasília, DF

2014

Equipe

Camila Ferreira
Charles Daniel
Gabriela Navarro
José Alberto
José Alisson
Julio Cezar do Nascimento
Lucas Kanashiro
Luiz Fernando Gomes de Oliveira
Macartur Sousa
Priscila Pires
Tatiana Dias
Thiago Ferreira Gomes

Professores Coordenadores

Alessandro Borges de Sousa Oliveira
Edson Mitsu Hung
Juliana Petrocchi Rodrigues
Ricardo Ajax Dias Kosloski
Ricardo Matos Chaim
Suélia de Siqueira Rodrigues Fleury Rosa

Sumário

I	ESCOPO DO PRODUTO	9
1	PROBLEMA	11
2	PROPOSTA	13
3	PROJETO	15
4	REQUISITOS DO PRODUTO	17
5	IMPACTOS	19
II	PLANEJAMENTO	21
6	DIVISÕES	23
6.1	Equipe	23
6.2	Divisão das tarefas	23
7	MATERIAIS	25
7.1	Sistema Mecânico/Suporte de apoio	25
7.2	Circuito Elétrico	25
7.3	Cargas	26
7.4	Oculus Rift	27
7.4.1	Especificações de Hardware	27
7.5	Estrutura	28
8	INTERAÇÕES	31
9	ORGANIZAÇÃO DO TRABALHO	33
10	ORGANIZAÇÃO DAS ATIVIDADES	35
10.1	Cronograma	36
11	METAS	39
12	FINANCEIRO	41

III	DESENVOLVIMENTO	43
13	SOFTWARE	47
13.1	Puppet	47
13.1.1	O que é o Puppet	47
13.1.2	Integrando o Puppet ao projeto	47
13.2	Sistema BikeX	49
13.2.1	Diagrama de Sequência	49
13.2.2	Diagrama de Classes	51
13.2.3	Módulos	52
13.2.4	Unity	53
13.2.5	Interface Python	53
13.2.5.1	Visão do BikeX	54
13.2.5.2	Visão do MSP430	54
13.2.6	Integração Sensores e Sistema	57
13.3	Funcionamento do Oculus Rift	57
13.3.1	Esquema de coordenadas	57
13.3.2	Distorção	57
13.4	Unity 3D	59
13.4.1	O Unity	59
13.4.2	Workflow	59
13.4.3	Modelagem de Elementos	60
13.4.4	SDK OculusVR	60
13.4.5	Criação de Scripts	61
13.5	Ambiente virtual	63
14	ELETRÔNICA	67
14.1	Microcontrolador	67
14.1.1	Arduino	68
14.2	Visão Sistêmica da Eletronica Embarcada	69
14.3	Projeto do Software Embarcado	69
14.3.1	Leitura de posição do guidão	69
14.3.2	Leitura de velocidade	70
14.3.3	Atuador no freio	70
14.4	Circuitos	71
14.4.1	Sensor de Posição do Guidão	71
14.4.2	Tacômetro de Pulso	71
14.4.3	Atuador do freio	72
14.4.4	Sensor Infravermelho	75

15	AUTOMOTIVA	77
15.1	Estrutura (Especificação do Material)	77
15.1.1	Teoria das Falhas	78
15.1.1.1	Teoria da Tensão Máxima de Cisalhamento para Materiais Dúcteis	78
15.1.1.2	Teoria da Energia de Distorção para Materiais Dúcteis	79
15.1.1.3	Resumo das Falhas de Materiais Dúcteis	80
15.1.1.4	Introdução à Fadiga em Metais	81
15.1.1.5	Abordagem da Falha por Fadiga em Análise e Projeto	82
15.1.1.6	Método da Vida sob Fadiga	83
15.1.1.7	Método da Vida sob Tensão	83
15.1.1.8	Método da Vida sob Deformação	84
15.1.1.9	Limite de resistência	85
15.1.2	Simulação Numérica	87
16	ENERGIA	89
16.1	Projeto Elétrico Start X	89
16.1.1	Levantamento das Cargas	89
16.1.2	Fonte Geradora	91
16.1.2.1	Alternador: Princípio de Funcionamento	92
16.1.2.2	Partes Constituintes	93
16.1.3	Bateria	96
16.1.4	Dimensionamento dos Condutores	97
16.1.4.1	Cálculo da Corrente de Projeto Necessária	98
16.1.4.2	Capacidade de Condução de Corrente	99
16.1.4.3	Queda de Tensão	101
16.1.4.4	Seção Mínima	102
16.1.5	Dimensionamento dos Dispositivos de Proteção do Circuito	103
16.1.6	Dimensionamento de eletroduto	105
16.1.6.1	Especificação	105
16.1.6.2	Aplicação	106
16.1.6.3	Vantagens	106
16.1.6.4	Dimensionamento	106
16.1.7	Dimensionamento dos Circuitos de Alimentação das Cargas	108
16.1.8	Representação Esquemática do Circuito de Armazenamento/Distribuição do Projeto Elétrico Start X	110
IV	RESULTADOS E CONCLUSÕES	113
17	RESULTADOS	115

17.1	Ambiente virtual	115
17.1.1	Melhora da Usabilidade e Imersão no ambiente virtual	115
18	MANUAL DO PRODUTO	121
18.1	Modo de Uso	121
18.2	Precauções	121
18.3	Integração Automotiva e Eletrônica	122
18.4	Integração Automotiva e Energia	124
18.4.1	Eficiência Energética do Projeto Start X	124
18.4.1.1	Correia Transmissora de Potência Mecânica	125
18.4.1.2	Cálculo da potência mecânica no Projeto START X.	126
18.4.1.3	Multímetro	128
18.4.1.4	Cálculo da Potência Elétrica	129
18.4.1.5	Cálculo da Eficiência Energética	129
18.4.1.6	Demonstração do Resultado da Eficiência Energética ao Usuário do Projeto Start X	129
18.4.2	Dados do usuário	130
18.4.3	Transmissão (Dimensionamento da Correia)	131
	ANEXOS	135
	ANEXO A – COMANDOS UTILIZADOS PARA SIMULAÇÃO NO ANSYS	137
	REFERÊNCIAS	141
	Glossário	145

Parte I

Escopo do produto

1 Problema

O estilo de vida do ser humano mudou drasticamente ao longo dos últimos séculos. Atividades que antes eram realizadas por pessoas passaram a ser executadas por máquinas, e sistemas eletrônicos, exigindo cada vez menos do corpo humano. Esta diminuição em atividades físicas tem levado as pessoas a tomar um estilo de vida mais sedentário, provocando um aumento nos índices de doenças crônicas como obesidade, diabetes, hipertensão e uma série de outras doenças. Desta forma, as organizações de saúde recomendam uma alimentação balanceada e principalmente a prática de exercícios físicos para combater os problemas causados pelo sedentarismo.

Dentre as diversas formas de atividade física, o ciclismo se destaca por ser uma atividade simples e agradável ao ciclista. O ciclismo permite ao praticante exercitar vários músculos do corpo e trabalhar a coordenação motora. Além disso, o contato com o ambiente torna esta prática mais prazerosa ao usuário. No entanto, existem diversos fatores que dificultam a prática desta atividade nas grandes cidades brasileiras. A primeira das dificuldades enfrentadas por ciclistas é o acesso a espaços apropriados para a prática do ciclismo. A ausência de ciclovias obriga ao ciclistas a utilizar as ruas e a dividir espaço com motoristas, que geralmente não aceitam dividir o espaço pelo fato dos ciclistas trafegarem em velocidades menores que a dos carros, podendo causar acidentes. Mesmo quando há ciclovias, os ciclistas tem de enfrentar as avenidas urbanas para chegar ao local, novamente interagindo com motoristas.

Outros fatores que tornam a prática do ciclismo mais difícil envolvem questões relacionadas a falta de estrutura urbana. Muitas cidades brasileiras não são planejadas para o ciclismo, mesmo como forma de locomoção, pois quando há ciclovias, elas são geralmente descontínuas.

Em Pelotas, Rio Grande do Sul, Brasil, ([BARROS, 2003](#)), comparando informações de boletins de ocorrência e atendimentos no pronto-socorro durante dois anos, encontraram 33,0% de sub-registros relativos aos acidentes com lesão corporal envolvendo ciclistas.

Buracos e falta de recapeamento nas ciclovias também podem acarretar em acidentes e causar lesões aos ciclistas. Os ciclistas mais regulares afirmam também que a falta de biciletários os obrigam a improvisar formas de fixar seu veículo. Outro fator que contribui para as dificuldades enfrentadas por ciclistas é a falta de segurança e de estrutura em espaços públicos, onde a falta de iluminação ou mesmo as abordagens de assaltantes tornam a prática mais arriscada.

Para as pessoas que não praticam atividades físicas, a principal justificativa é a

falta de tempo com relação a suas atividades diárias. Em especial para o ciclismo, de fato, é necessário um gasto de tempo até a chegada em uma área apropriada para uma circulação mais tranquila de bicicletas. Como alternativa, as bicicletas ergométricas que em sua maioria estão presentes em academias são um incentivo a prática do ciclismo e devido a sua estrutura mecânica, tendem a ser mais confortáveis para o praticante. Outra característica destas bicicletas é que pelo fato de serem fixas, oferecem menos riscos de lesões causadas por quedas. Além disso, o stress causado pelo trânsito em avenidas movimentadas não existe para este caso. Apesar de permitir simular os movimentos da pedalada de uma bicicleta comum, a bicicleta ergométrica tem a desvantagem de não oferecer estímulo do ambiente ao usuário. Com isso, exercitar-se em uma bicicleta ergométrica se torna uma atividade monótona ao praticante.

2 Proposta

Desejamos construir um sistema que torne a prática do exercício algo prazeroso, saudável e seguro. Para isso o sistema contará com a integração com realidade virtual junto com uma bicicleta real. Com o sistema de realidade virtual o usuário poderá ficar entretido enquanto realiza seus exercícios e poderá ter uma experiência de andar de bicicleta em um parque em sua casa ou academia, o usuário também poderá monitorar alguns informações baseado na sua realização do exercício físico. Espera-se que o sistema esteja o mais próximo da autossuficiência energética, tornando-o mais sustentável.

Os potenciais consumidores para o projeto são donos de academias e o usuário convencional. Donos de grandes academias estão sempre na busca de novos equipamentos mais modernos e sofisticados para atrair clientes que priorizam um ambiente diferenciado. O usuário convencional se classifica como sendo aquela pessoa que tem como *hobby* andar de bicicleta ou simplesmente tem forte interesse em praticar esportes utilizando tecnologia de ponta.

3 Projeto

O projeto contará com diversas interações com o usuário que tem como objetivo fornecer a melhor sensação de utilizar uma bicicleta em um parque. O projeto irá ser feito de forma modular, para que a constituição final do produto seja feita com base nas necessidades de cada usuário.

Nesse sentido, o protótipo contará com uma bicicleta e uma base que possa fixar essa bicicleta. Para dar a sensação de que o usuário estará pedalando, utilizaremos um rolo para que a roda traseira possa ser utilizada normalmente. O guidão também será utilizado de forma natural e um sensor será utilizado para definir qual a direção o usuário está virando.

Para a realidade virtual, iremos fazer a modelagem de um ambiente e utilizando o *Oculus Rift*, iremos fazer uma imersão do usuário em uma área que normalmente seria utilizada para um passeio de bicicleta. O usuário poderá ter acesso a algumas informações referentes ao seu passeio e exercício, tais como: velocidade, batimento cardíaco e outras.

O *Oculus Rift* representa hoje no mercado a ferramenta que tange a fronteira da imersão em uma realidade virtual e ao mesmo tempo a acessibilidade ao usuário. As primeiras aparições de tecnologias semelhantes de imersão virtual são datadas de 1961 pela Philco([BOAS](#),). Atualmente hoje há diversas opções de dispositivos que oferecem uma pervasividade específica, tais como *Cave Automatic Virtual Environm*(CAVE), *Head-Mounted Displays*(HMDs) e dispositivos de entrada, tais como controles sem fio ou câmeras de rastreamento.

Uma interação que será feita a partir do ambiente com o usuário será em caso de subidas no mesmo. Para dar a sensação de dificuldade que se tem ao pedalar em uma subida, iremos acionar de acordo com a intensidade da subida, os freios da bicicleta nesses momentos.

Por fim, planejamos entregar um produto auto sustentável, ou seja, será feita a conversão de energia eletromecânica do exercício em energia elétrica. Acoplando um alternador ao rolo da bicicleta, poderemos alimentar parte do sistema ou até mesmo como um todo.

4 Requisitos do produto

A fim de deixar claro quais os limites do projeto, foram estabelecidos os requisitos funcionais e não funcionais do produto. São eles:

- Requisitos Funcionais do produto
 - permitir ao usuário admirar a paisagem virtual assim como a real
 - permitir ao usuário acelerar e desacelerar a bicicleta virtual
 - permitir ao usuário fazer curvas para direita e para a esquerda
 - permitir ao usuário trocar as marchas da bicicleta virtual
 - permitir ao usuário recarregar a bateria de seu dispositivo móvel
 - apresentar ao usuário a velocidade virtual, distância percorrida, número de batimentos cardíacos por minuto, quantidade de calorias gastas, tempo gasto e a energia elétrica
- Requisitos não funcionais do produto:
 - dar a sensação ao usuário de pedalar em trechos com subida
 - dar ao usuário sensação de conforto(ergonomia) ao pedalar a bicicleta
 - dar ao usuário sensação de conforto durante a imersão virtual
 - converter energia mecânica em elétrica para retroalimentação da bicicleta

5 Contribuições e prováveis impactos

Com a criação do produto Bike-x será possível criar em academias, ou mesmo na sala de uma casa, um ambiente divertido para realização de exercício físico. Além de se divertir em um ambiente de realidade aumentada, espera-se que o produto seja energeticamente autossuficiente, onde a energia gerada pela própria realização do exercício irá alimentar o produto assim como algum dispositivo móvel que o usuário deseje carregar a sua bateria, tendo assim um viés sustentável.

O produto trará mais segurança para quem gosta de andar de bicicleta, o usuário não precisará se expor a ambientes perigosos como andar ao lado de carros, ônibus, motos, caminhões, motoristas distraídos e muitas vezes bêbados, possibilitando até mesmo o usuário andar de bicicleta em um inverno rigoroso e com neve. Via esse produto cria-se a expectativa de diminuição do sedentarismo entre as pessoas, reduzindo a lista de fatores complicadores para a realização de atividades físicas. Um outro benefício significativo é que ao utilizar o dispositivo será possível monitorar algumas informações do indivíduo que está utilizando o produto, em relação a batimento cardíaco, distância percorrida, entre outras.

Apesar dos benefícios do produto mostrados anteriormente devemos levar em conta os possíveis impactos gerados ao utilizar a Bike-x, como desconforto após utilizar o óculos por muito tempo e a existência de menos bicicletas sendo utilizadas nas ciclovias.

Parte II

Planejamento

6 Divisões

6.1 Equipe

A equipe é formada por alunos da Universidade de Brasília - Campus Gama, cursando a disciplina de Projeto Integrador de Engenharia Dois. São eles:

- Automotiva
 - Tatiana Dias
- Eletrônica
 - José Alisson
 - José Alberto Alves de Andrade
- Energia
 - Priscila Pires
 - Thiago Gomes
 - Júlio César do Nascimento
- Software
 - **Charles Daniel*** (Gestor)
 - Camila Ferreira
 - Gabriela Matias
 - Lucas Kanashiro
 - Luiz Fernando Gomes de Oliveira
 - Macártur Souza

6.2 Divisão das tarefas

Para a construção do produto, a equipe designou a divisão de tarefas por áreas da seguinte forma:

- Automotiva
 - Ergonomia

- Análise estrutural
- Eletrônica
 - Construção dos circuitos fisiológicos
 - Bibliotecas para uso de comunicação e coleta de dados no microcontrolador
- Energia
 - Armazenamento de energia
 - Dimensionamento dos dispositivos responsáveis conversão eletromecânica de energia
 - Dimensionamento do circuito de distribuição da energia e do circuito de proteção da malha
 - Verificação da eficiência energética
- Software
 - Construção do Ambiente Virtual
 - Interface de comunicação com sensores
 - Interface de comunicação com o motor de freio

7 Materiais

Para a execução do presente projeto foram levantados os materiais que serão requisitados para a correta condução deste trabalho. Assim, são informados a seguir os materiais necessários, bem como o papel executado por cada material.

7.1 Sistema Mecânico/Suporte de apoio

- Bicicleta – será o meio pelo qual o usuário do produto realizará atividade física, e a partir dessa atividade, serão gerados dados que servirão de entrada para os sensores. Também será a partir dessa atividade que ocorrerá o acionamento mecânico do gerador.
- Cavalete – servirá de apoio para a roda traseira da bicicleta, de maneira que esta não entre em contato com o solo.

7.2 Circuito Elétrico

Em relação ao circuito elétrico que será responsável para a conversão eletromecânica de energia, distribuição dessa entre os diversos elementos da malha, bem como os dispositivos de proteção do mesmo, serão necessários os seguintes materiais:

- Gerador – será o elemento do circuito que irá realizar a conversão eletromecânica da energia oriunda do sistema escopo deste projeto. Para isso, será utilizado um gerador que utiliza o princípio da indução eletromagnética; especificamente, utilizar-se-á um alternador automotivo.
- Condutores – terão a responsabilidade de permitir o trânsito de corrente elétrica entre os diversos dispositivos do circuito. Convém informar que as bitolas dos condutores serão dimensionadas visando atender as características elétricas das cargas que serão alimentadas.
- Dispositivos de proteção – responderão pela segurança do circuito, isto é, cuidarão para que o circuito responda de maneira adequada quando submetido a possíveis distúrbios de ordem elétrica. Assim, permitirão segurança pessoal, integridade dos dispositivos do circuito, bem como isolar o sistema em caso de falta. Para o nosso projeto, propõe-se o uso de fusíveis.

- Direcionadores de corrente – serão utilizados com o intuito de garantir a correta polarização do circuito em comento. Nesse sentido, serão selecionados diodos que atendam aos requisitos do nosso circuito.
- Bateria – será o elemento do circuito que armazenará parcela da energia eletromecânica convertida. Desse modo, em caso de falta, ou após a paralisação de funcionamento do gerador, a bateria será responsável pela continuidade da alimentação elétrica das cargas do circuito, garantido certo nível de confiança de fornecimento de energia para as cargas existentes.
- Multímetro – responsável pela medição das grandezas de ordem elétrica do circuito, tais como tensão e corrente elétrica.
- Inversor de tensão – será o dispositivo do circuito responsável pela mudança de corrente contínua para corrente alternada.
- Regulador de tensão – este dispositivo será utilizado para controlar as possíveis flutuações de tensão que poderão existir no circuito, garantindo assim, a correta potência para cada carga.
- Interruptor – terá a responsabilidade de seccionar temporariamente uma parte do circuito, e também desligá-lo, quando não estiver sendo utilizado.

7.3 Cargas

Os materiais relacionados às cargas que serão conectadas ao circuito elétrico pertinente ao projeto em discussão são indicados a seguir:

- Dispositivo móvel – uma vez que ocorrerá conversão eletromecânica de energia, parcela dessa energia será disponibilizada para alimentar algum dispositivo móvel de interesse do usuário.
- Sensores – serão alimentados eletricamente sensores que detectarão dados de interesse para o projeto, sendo esses dados repassados ao usuário.
- Potenciômetro - para detectar virada do guidão.
- Notebook;
- Oculus Rift;
- MSP430 - microcontrolador responsável por coletar os dados dos sensores e transmiti-los para o computador.

7.4 Oculus Rift

O *Oculus Rift*([Palmer Luckey, 2014](#)) é um produto desenvolvido pela Oculus VR® que foi fundada por Palmer Luckey, um entusiasta em realidade virtual e nerd de hardware. A companhia lançou uma campanha no *Kickstarter*([Kickstarter, 2014](#)), uma plataforma que permite inventores encontrar patrocinadores, para ajudar a levantar fundos para seu primeiro produto, o *Oculus Rift*, um óculos de imersão virtual bastante inovador para jogos. Com o suporte de gigantes produtoras de jogos eletrônicos como a Valve, Epic Games e Unity, o *Kickstarter* foi o maior sucesso, levantando mais de US\$2,4 milhões em fundos. O time atualmente trabalha fortemente na comercialização do *Oculus Rift*, que promete revolucionar a maneira que as pessoas interagem com conteúdos.

7.4.1 Especificações de Hardware

O *Oculus Rift* é produzido somente em versões de desenvolvimento, não se sabe ao certo quais serão as especificações de hardware para o produto comercializável. A listagem a seguir apresenta as características de hardware do *Oculus Rift DK1* (primeira versão de desenvolvimento):

- Especificações da tela:
 - Área visível de 7 polegadas
 - Resolução total de 1280x800, 640x800 para cada olho
 - Distância fixa de 64mm entre os centros das lentes
 - LCD com frequência de 60Hz
 - HDMI 1.3+
- Especificações dos sensores:
 - Até 1000Hz de taxa de amostragem
 - Giroscópio de três eixos, para sensorear velocidade angular
 - Magnetômetro de três eixos, para sensoriais campos magnéticos
 - Acelerômetro de três eixos, para sensorear a aceleração, incluindo a gravitacional
- Conexões:
 - USB 2.0 para transmissão de dados dos sensores
 - HDMI para transmissão de imagens
 - Fonte de energia para alimentação do óculos

7.5 Estrutura

O suporte ou rolo, como é comumente chamado pelos ciclistas, tem como papel transformar uma bicicleta normal em uma do tipo ergométrica, uma vez que este suporte irá levantar a roda traseira ou as duas, dependendo do modelo, fazendo com que a bicicleta permaneça fixa no local em que se realiza a atividade física. Existem atualmente no mercado, quatro tipos mais comuns de rolos de treinamento:

1. Rolo de equilíbrio
2. Rolo de treinamento de resistência magnética
3. Rolo de treinamento com resistência de fluidos
4. Rolo de treinamento comum

Na figura 1 a seguir, podemos visualizar na sequência, os quatro tipos:



Figura 1 – Estrutura

Fazendo-se um levantamento das necessidades de projeto, o rolo escolhido para gerar a pedalada do ciclista foi o rolo de treinamento comum, pois sua construção é simples e barata se comparada aos outros modelos.

Como o produto proposto, deverá fazer uma transformação eletromecânica, não se fez necessário o uso do rolo no suporte, o pneu será retirado, e uma correia será acoplada na roda, para que essa rotação seja transmitida para o alternador.

Para a construção física do suporte, tiramos como base, a teoria de estruturas em treliça, o qual é formado por cinco ou mais unidades triangulares, construídas com

elementos retos, cujas extremidades são ligadas em pontos conhecidos como nós. Para as forças externas e reações consideram-se, de forma simplificada, aplicadas nestes mesmos nós. Onde, o bom desempenho de uma treliça é garantido se as cargas são aplicadas nas juntas ou nós. A forma como será montado o suporte, as solicitações se encontraram aplicadas sobre os nós, garantindo assim uma estrutura rígida o suficiente e estável para ser acoplada a roda traseira da bicicleta.

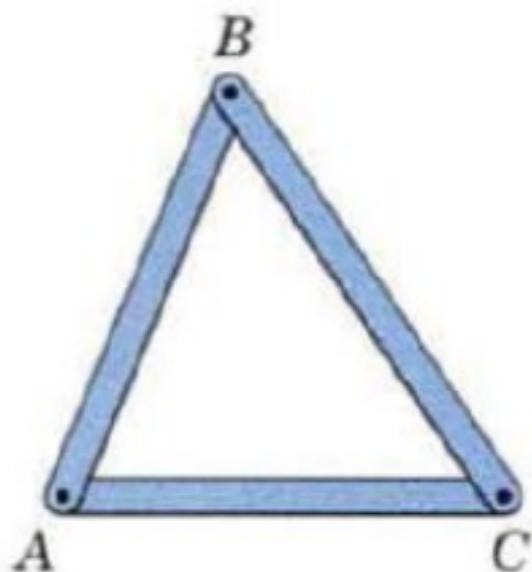
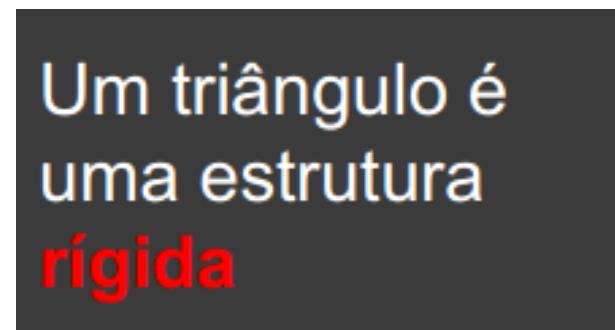


Figura 2 – Estrutura

Uma estrutura simples, de fácil montagem e que possui a rigidez necessária quando se aplicado o material escolhido, para suportar o peso do ciclista. A seguir, segue um diagrama de corpo livre, de uma das estruturas triangulares, que irão formar a base (ou rolo) sob uma carga de 1KN, estimando-se que o ocupante não exceda uma massa de 100Kg.

De acordo com as necessidade de projeto, o perfil escolhido foi o do tipo em T de 1", em aço 1010. Tal perfil possui as características geométricas necessárias, além de ser barato e possuir baixa densidade, tornando assim a estrutura mais leve. Segue as especificações geométricas do perfil usado:

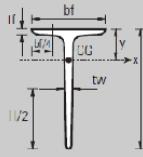


Tabela E.5 — Perfil T Propriedades para dimensionamento													
H	P	A	bf	tf	tw	Eixo X-X			Eixo Y-Y			y	
						I	W	r	I	W	r		
pol mm	kg/m	cm ²	mm	mm	mm	cm ⁴	cm ³	cm	cm ⁴	cm ³	cm	cm	
5/8"	15,88	0,71	0,90	15,88	3,18	3,18	0,2	0,9	0,47	0,11	0,14	0,35	0,51
3/4"	19,05	0,89	1,13	19,05	3,18	3,18	0,36	0,27	0,57	0,19	0,20	0,41	0,59
7/8"	22,23	1,05	1,34	22,23	3,18	3,18	0,59	0,38	0,67	0,30	0,27	0,48	0,67
1"	25,40	1,21	1,54	25,40	3,18	3,18	0,90	0,50	0,77	0,44	0,35	0,54	0,75
1 1/4"	31,75	1,51	1,92	31,75	3,18	3,18	1,84	0,81	0,98	0,86	0,54	0,67	0,91
		2,20	2,80	31,75	4,76	4,76	2,56	1,16	0,96	1,29	0,82	0,68	0,97
		1,82	2,32	38,10	3,18	3,18	3,24	1,18	1,18	1,17	0,77	0,80	1,07
1 1/2"	38,10	2,67	3,40	38,10	4,76	4,76	4,56	1,70	1,16	2,22	1,17	0,81	1,13
		3,49	4,44	38,10	6,35	6,35	5,77	2,20	1,14	2,99	1,57	0,82	1,18
2"	50,80	3,62	4,61	50,80	4,76	4,76	11,33	3,12	1,57	5,24	2,06	1,07	1,45
		4,75	6,05	50,80	6,35	6,35	14,47	4,04	1,55	7,03	2,77	1,08	1,50

Figura 3 – Estrutura

8 Interações Entre as Áreas

O projeto Bike-x contará com a interação das engenharias de Software, Energia, Automotiva e Eletrônica. Esta seção visa identificar e exemplificar cada uma das interações.

As engenharias de software e eletrônica vão se unir na área de coletar dados do sistema de forma geral e gerar informações relevantes a partir das mesmas. A área de engenharia eletrônica será responsável em fazer que os microcontroladores leiam dados de diversos sensores, tais como: oximetria e potenciômetro para definir a direção do guidão. A engenharia de software irá processar esses dados e gerará informações para interagir com o usuário, informando os valores ou agindo no sistema.

As engenharias de energia e software irão interagir utilizando a eletrônica como intermediária. Haverá um sensor que medirá a quantidade de energia gerada pelo usuário e essa informação será tratada via software para que o usuário tenha acesso a essa informação de uma maneira agradável dentro do ambiente virtual.

As engenharias automotiva e de software também irão interagir utilizando a eletrônica como mediadora. Uma das interações com o sistema será que quando houver uma subida no ambiente virtual, o software irá gerar uma alteração no sistema. Quando isso houver, a bicicleta irá ser freada.

O sensor que mede a quantidade de energia produzida será responsável pela interação das engenharias de energia e eletrônica. Com esse sensor será possível mostrar ao usuário o quanto de energia ele conseguiu produzir.

Durante uma subida no ambiente virtual, o sistema deverá frear a bicicleta para que o usuário sinta resistência ao pedalar e tenha a impressão de maior dificuldade de pedalar e que realmente pense que esteja em uma subida. Essa será a interação de engenharia eletrônica e automotiva.

Por fim, a interação das engenharias de energia e automotiva será feita pela adaptação do alternador no sistema para a geração de energia. Esse alternador será adaptado no rolo que usaremos para que o usuário possa pedalar sem se mover e com esse movimento a energia será gerada para alimentar o sistema.

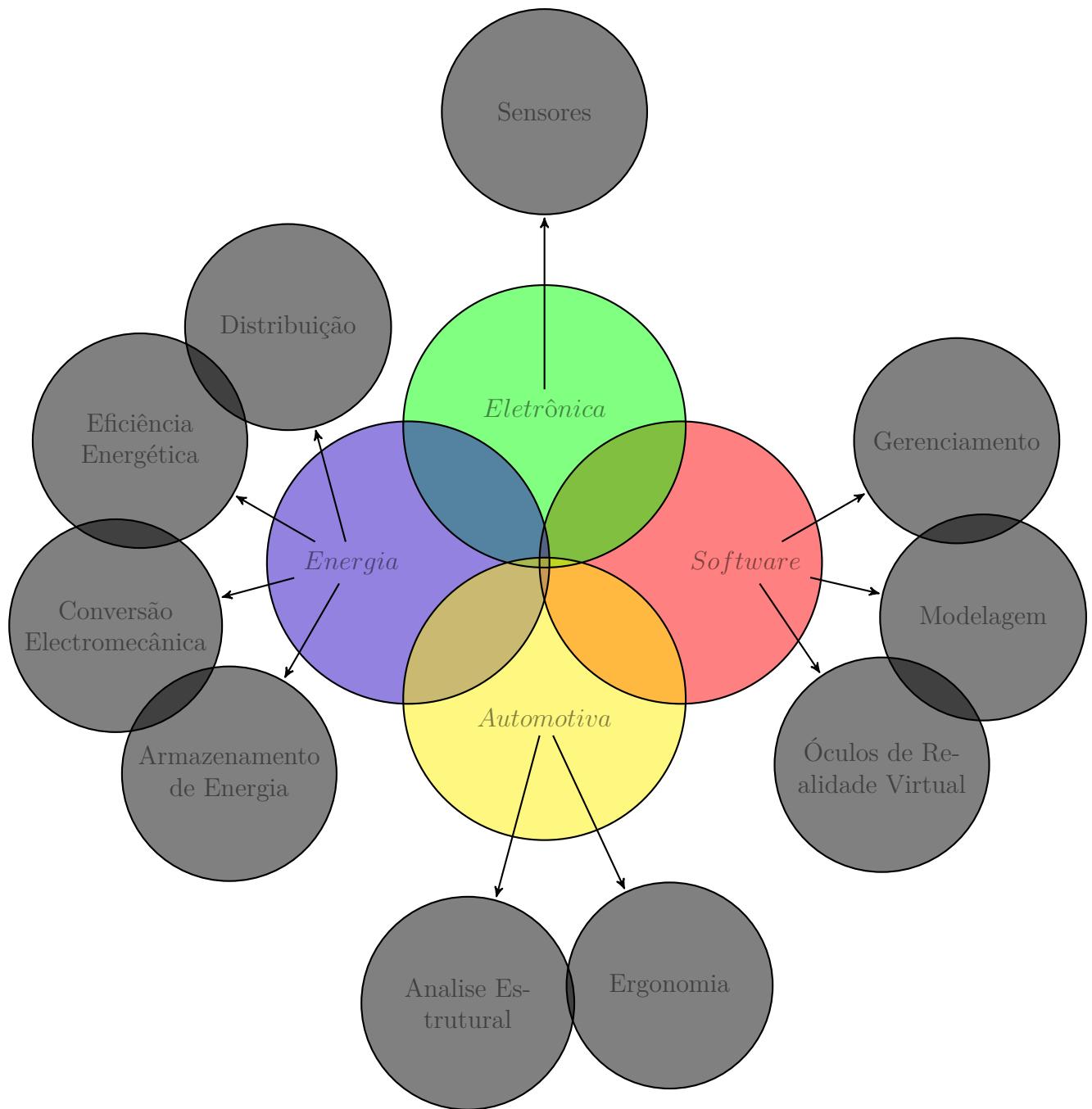


Figura 4 – Disponibilizações entre áreas

9 Organização do Trabalho

Para a realização do projeto de forma eficiente e organizada, dividiu-se inicialmente o grupo em quatro subgrupos, cada um destes representando uma das engenharias (automotiva, eletrônica, energia e software), e cada subgrupo tendo um representante. No decorrer do projeto, de acordo com as demandas, os integrantes dos subgrupos deverão ser permutados.

Haverá em média cinco reuniões semanais com duração de duas horas entre os integrantes do projeto, sendo três delas durante as aulas e duas extra classe. O grupo decidiu utilizar uma abordagem ágil de gerenciamento de projeto, tendo em vista que a mesma funciona bem com times pequenos, concentrando ao máximo o esforço do time em agregar valor ao produto proposto. Esse tipo de abordagem irá favorecer a integração do grupo de trabalho, objetivo principal da disciplina.

As decisões importantes a serem tomadas, como a definição do tema do projeto, as divisões e os principais resultados esperados, são feitas por todos os componentes do grupo durante os horários de reunião. Além das tomadas de decisões, as reuniões serão aproveitadas para cada subgrupo se reunir, trabalhar em sua determinada área, apresentar e discutir seus resultados obtidos para os demais subgrupos e, quando necessário, apresentar suas principais dificuldades e questionamentos para os professores da disciplina. Essas horas também serão úteis para que as tarefas em que é necessário mais de um subgrupo para sua realização sejam cumpridas através da reunião entre os mesmos para coletar as informações necessárias e discutir os melhores métodos e soluções para essas tarefas.

Foi estimada uma média de quatro horas semanais de trabalho além das seis horas de aula para cada componente do grupo, a fim de concluir as tarefas e metas propostas para cada um desses. Essas horas são utilizadas em sua maioria para pesquisas, testes, simulações e atualizações do relatório.

Segundo ([VASCO; VITHOFT; ESTANTE, 2006](#)), metodologias ágeis também dividem o desenvolvimento do software em iterações, buscando redução de riscos ao projeto. Ao final de cada iteração, uma versão (*release*) funcional do produto, embora restrita em funcionalidades, é liberada ao cliente. As metodologias ágeis destacam aspectos humanos no desenvolvimento do projeto, promovendo interação na equipe de desenvolvimento e o relacionamento de cooperação com o cliente. Comunicação face-a-face é preferida à documentação comprehensiva.

Com o objetivo de aperfeiçoar a integração entre os componentes dos grupos e para que cada um possa acompanhar o andamento do projeto são utilizadas algumas ferramentas e práticas ágeis, como *software* de gerenciamento de projeto e *daily meetings*.

Assim, de modo que cada componente e/ou subgrupo possa acompanhar o que os outros estão fazendo no projeto está sendo utilizado: a ferramenta livre [Redmine](#), onde são apresentadas as tarefas, seus andamentos e o responsável por cada uma delas em um quadro *kanban*; e os encontros diários, onde todos dizem o que foi feito, o que está sendo feito, as dificuldades e o que será feito, possibilitando com que os principais problemas e dificuldades sejam detectados e solucionados por todos em conjunto. Para o agrupamento dos dados e pesquisas coletadas, além dos testes e resultados gerados e atualizações do relatório, é utilizada a ferramenta Google Docs.

Está sendo utilizada a ferramenta Git para realizar o controle de versão tanto dos códigos fonte gerados quanto dos documentos e apresentações, e como Source Forge está sendo utilizado o GitHub. Sendo o Git uma ferramenta livre e o GitHub gratuito.

Com essa maneira de organizar o tempo, as tarefas e as equipes, espera-se que o andamento do projeto seja satisfatório, integrando as engenharias através do trabalho entre os subgrupos de maneira eficiente. Além disso, objetiva-se o melhor aproveitamento possível das horas disponíveis e determinadas para a realização do projeto por todos os componentes, de modo que a divisão de trabalho seja equilibrada ao longo do projeto, o que pode ser observado e analisado através das ferramentas utilizadas para o controle e divisão de tarefas.

10 Organização das atividades

Para gerenciamento do projeto está sendo utilizada a ferramenta [Redmine](#), com esta ferramenta é possível fazer o gerenciamento do projeto no contexto ágil que é o que está sendo utilizado no Projeto.

Na figura dois abaixo observa-se o quadro de estórias (*backlog*). O objetivo do quadro é pensar em todos os conjuntos de tarefas do projeto como um todo. Uma vez o quadro estando completo pode-se alocar as estórias em *sprints*, que são ciclos de trabalho curtos com objetivos bem definidos. Na figura três observa-se um quadro de tarefas, que foi resultado de uma estória dividida em pequenas tarefas individuais.

The screenshot shows the Redmine 'Master Backlog' page. At the top, there's a navigation bar with links like 'Visão geral', 'Atividade', 'Planejamento', 'Backlog', 'Quadro de tarefas', 'Releases', 'Tarefas', 'Nova tarefa', 'Notícias', 'Documentos', 'Wiki', 'Arquivos', 'EVM', and 'Configurações'. Below the navigation is a search bar and a date range selector ('2014-08-20 - 2014-09-05'). The main content area is titled 'Sprint 1' and lists several user stories:

- [101] Definir Componentes da Ciclofaixa
- [102] [Definir] Módulo Pedalista
- [103] [Definir] Definir soma de Ponto
- [104] [Definir] Cria a EAF
- [105] [Definir] Adicionar Interações entre os Redmine
- [106] [Definir] Escolher Ferramentas de Gerenciamento do Projeto
- [107] [Definir] Implementar o ciclo de vida do Projeto
- [108] [Definir] Implementar o ciclo de vida da Bateria
- [109] [Definir] Implementar o ciclo de vida das bicicletas
- [110] [Definir] Definir sistema de comando eletromecânico-e-aeromotriz
- [111] [Definir] Definir componentes físicos
- [112] [Definir] Definir bibliotecas

Below the list, there's a red button labeled 'Fechar Sprint Concluído'.

Figura 5 – Redmine e backlog do projeto

The screenshot shows the Redmine 'Taskboards' page for task ID 101. The board has four columns: 'História' (History), 'A Fazer' (To Do), 'Em andamento' (In Progress), and 'Terminada' (Done). The 'A Fazer' column contains several tasks, some of which are expanded to show sub-tasks. The 'Em andamento' column contains tasks that have been started but not completed. The 'Terminada' column contains tasks that have been completed. The 'História' column shows the history of changes made to the task.

Figura 6 – Quadro de tarefas

10.1 Cronograma

Na figura quatro tem-se a Estrutura Analítica do Projeto - EAP, nela encontram-se os principais entregáveis do projeto. Com base nessa organização foi definido o seguinte cronograma para o projeto com três grandes pontos (datas a partir da Entrega 1 são aproximadas):

- Entrega 1: 05/09/2014
 - Viabilidade do projeto
- Entrega 2: 31/10/2014
 - Eng. Automotiva
 - * Ergonomia do produto
 - * Estrutura do produto
 - Eng. Eletrônica
 - * Montagem dos circuitos dos sensores
 - Eng. Energia
 - * Conversão eletromecânica
 - * Armazenamento de energia
 - * Eficiência energética
 - Eng. Software
 - * Modelagem do ambiente virtual
 - * Integração da modelagem
 - * Leitura dos dados dos sensores
- Entrega 3: 21/11/2014
 - Energia/Software: Disponibilização dos dados de produção de energia
 - Eletrônica/Software: Leitura dos sensores e informações no Oculus Rift
 - Automotiva/Software: Acionamento dos freios em subidas virtuais
 - Automotiva/Energia: Acoplamento da fonte motriz
 - Eletrônica/Automotiva: Circuito que aciona os freios
 - Eletrônica/Energia: Circuito controlador de energia produzida

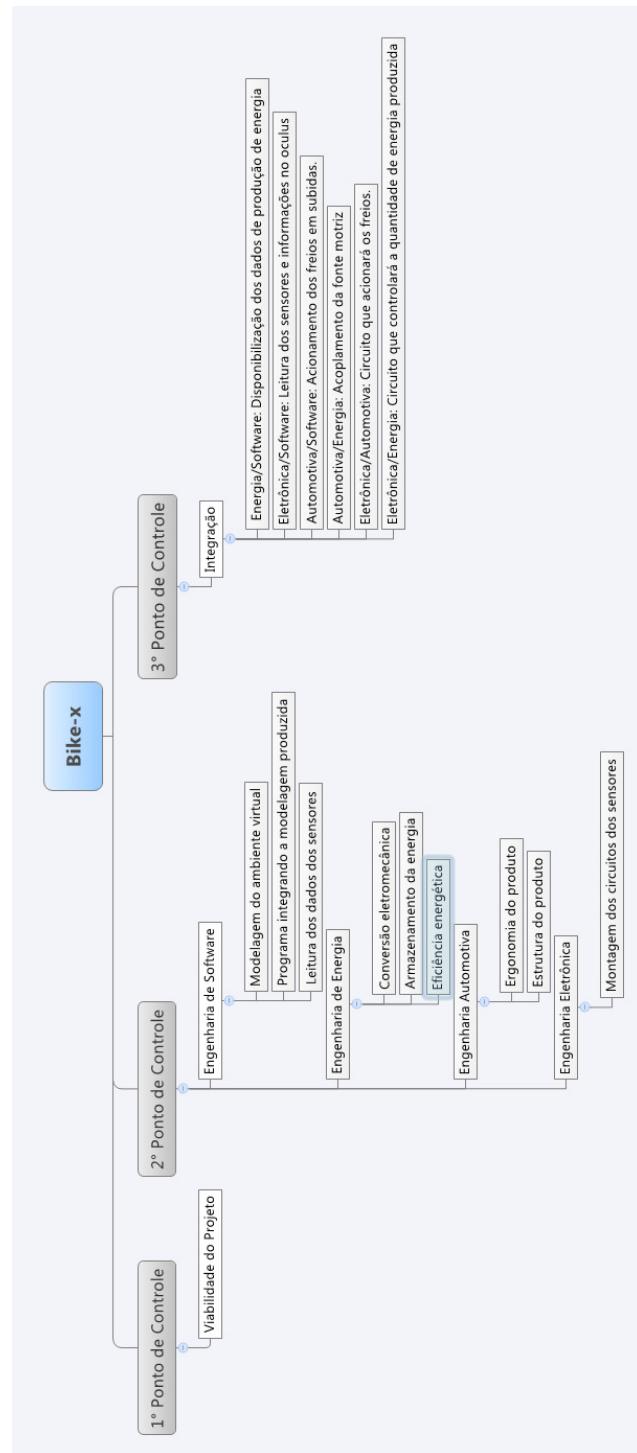


Figura 7 – EAP

11 Metas

Foram definidas 3 metas para o projeto:

- Definição do Projeto:
 - Definição do projeto e entrega do escopo.
- Módulos funcionando separadamente:
 - Os módulos do produto devem estar funcionando separadamente.
- Produto concluído
 - A entrega do produto final com todos os módulos integrados e funcionais.

12 Financeiro

Foi feita estimativa dos custos do projeto em termos de recursos materiais. Os custos relativos à recursos humanos serão calculados e apresentados nos próximos relatórios.

Tabela de custos do projeto				
Áreas	Descrição das etapas	Materiais	Quantidade	Valores
Engenharia Automotiva	Compra da bicicleta, após definição do usuário	Bicicleta	1 unidade	R\$140.00
	Construção do suporte para bicicleta	Barra de aço chato 1020	2 metros	R\$24.00
		Barra de aço retang. 1020	2 metros	R\$30.00
		Barra de aço circular 1020	1 metros	R\$14.00
		Rolamento de alumínio (rolo)	1 unidade	R\$70.00
	Peças para encaixe da roda traseira	Conjunto de parafusos/-rosca/porcas	x	R\$40.00
		Manípulo de Aperto Amaciador	2 unidades	R\$10.00
		Borracha para fixação	4 unidades	R\$30.00
	Junção das barras para o suporte	Soldagem	x	R\$60.00
	Subtotal			R\$418.00
Engenharia Eletrônica	Leitura da velocidade do ciclista	Circuito	1 unidade	R\$3.00
		Sensor de velocidade	1 unidade	R\$170.00
	Leitura dos batimentos cardíacos do ciclista	Circuito	1 unidade	R\$3.00
		Sensor de oximetria	1 unidade	R\$10.00
	Leitura do nível da bateria	Sensor de nível de bateria	1 unidade	R\$10.00
	Medir o giro do guidão	Potenciômetro p/ guidão	1 unidade	R\$1.00
	Leitor dos sensores	1 micro msp 430	1 unidade	R\$30.00
	Frenar a bicicleta	Servo motor	1 unidade	R\$40.00
	Ventilação do ciclista	Cooler	2 unidade	R\$100.00
	Subtotal			R\$367.00
Engenharia de Energia	Transforma energia mecânica em elétrica	Alternador	1 unidade	R\$230.00
	Armazenamento de energia	No break (bateria, tomadas e inversor)	1 unidade	R\$260.00
	Medição	Multímetro	2 metros	R\$40.00
	Distribuição de energia	Cabos (chicotes)	1 unidade	R\$18.00
		Cabos tipo jacaré	4 unidade	R\$16.00
	Subtotal			R\$564.00
Engenharia de Software	Óculos usado para simular ambiente virtual	Oculus Rift	1 undiadde	R\$1,500.00
	Subtotal			R\$1,500.00
	Total			R\$2,849.00

Tabela 1 – Planilha de custos com equipamentos/materiais

Considerando o valor médio ganho por um estagiário de Engenharia como 900,00

reais, com 20 horas semanais temos que uma hora de um estagiário de engenharia equivale a 11,25 reais.

Consideramos 6 horas de trabalho por semana em 16 semanas dedicadas ao projeto Start-X.

Integrante	Horas Trabalhadas	Valor Total
Camila Ferreira	96	R\$1,080
Charles Daniel	96	R\$1,080
Gabriela Navarro	96	R\$1,080
José ALberto	96	R\$1,080
José Alisson	96	R\$1,080
Júlio Cezar	96	R\$1,080
Lucas Kanashiro	96	R\$1,080
Luiz Fernando	96	R\$1,080
Macarcur Sousa	96	R\$1,080
Priscila Pires	96	R\$1,080
Tatiana Dias	96	R\$1,080
Thiago Ferreira	96	R\$1,080
Total		R\$12,960

Tabela 2 – Planilha de custos com pessoal.

Custo Total

Tipos de custo	Valor
Equipamentos/materiais	R\$2,849,00
Pessoal	R\$12,960
Total	R\$15,809

Tabela 3 – Custo total do projeto

Parte III

Desenvolvimento

Este capítulo descreve partes do sistema como um todo, abrangendo ferramentas de controle de estrutura, módulos de interface, hardwares envolvidos e afins. Serão apresentados os desenvolvimentos das partes de:

- Software

- Controle de infraestrutura
- Interface de controle
- Visualização de dados

- Eletrônica

- Aquisição de dados
 - * Circuito do sistema
 - * Interface de aquisição e disponibilização dos dados (microcontrolador)

- Automotiva

- Estrutura do produto e seus esforços

- Energia

- Acoplamento do alternador
- Cálculos de eficiência

13 Software

13.1 Puppet

Para agilizar e evitar os problema com compatibilidades e erros de versões de bibliotecas e outros ativos, foi utilizado a ferramenta [Puppet](#) para auxiliar com este processo administrativo de desenvolvimento do sistema. O Puppet está sendo usado como ferramenta para gerenciamento de configuração do ambiente de desenvolvimento do projeto Bike-X.

13.1.1 O que é o Puppet

[Puppet](#) é uma ferramenta de gerenciamento de configuração feita em [Ruby](#) que permite que seja definido o estado da infraestrutura de TI (Tecnologia da Informação), com isso, a configuração pode ser replicada em qualquer ambiente, levando em consideração as restrições de implementação da definição do ambiente. Para gerenciamento de alguns servidores ou maquinas, sejam elas físicas ou virtuais, o Puppet automatiza as tarefas administrativas do sistema que normalmente são feitas manualmente, liberando tempo e espaço mental dos administradores de sistemas para trabalhar nos projetos que proporcionam maior valor ao negócio.

O Puppet possui uma sintaxe própria, o mesmo utiliza uma linguagem declarativa, ao invés de uma linguagem imperativa, que é utilizada pela maioria das ferramentas similares, como por exemplo o [Chef](#). A linguagem imperativa é um conceito baseado em estados, definidos por variáveis, e ações que são manipuladoras de estado, procedimentos. Pelo fato de permitir o uso de procedimentos como estruturação, também é conhecido como procedural. A linguagem declarativa, ao contrário da linguagem imperativa que informa ao computador "como" as instruções devem ser executadas, preocupa-se em apenas dizer ao computador "o que" precisa ser feito, cabendo ao computador decidir qual a melhor solução para essa solicitação.

13.1.2 Integrando o Puppet ao projeto

Para a utilização do Puppet dentro do projeto foi desenvolvido um módulo *puppet* específico, chamado [bike-x](#). Nesse módulo é definido nome e versão de pacotes a serem instalados, é definido links simbólicos, criação de arquivos de configuração para o [Oculus Rift](#). O módulo em questão foi testado e homologado para algumas distribuições do sistema operacional Linux:

- Ubuntu 13.10
- Ubuntu 14.04
- Mint 17
- Debian Wheezy
- Debian Sid

Todas as distribuições apresentadas são "Debian like" e o módulo está totalmente modularizado para a adição de qualquer nova distribuição necessária, entretanto, as apresentadas acima atende 100% a equipe de desenvolvimento do projeto. A lista de pacotes Debian necessários para o projeto estão listados a seguir:

- python2.7
- python2.7-dev
- python-serial
- doxygen
- graphviz
- dots
- binutils-msp430
- gcc-msp430
- msp430-libc
- msp430mcu
- mspdebug
- libxext-dev
- mesa-common-dev
- freeglut3-dev
- libxinerama-dev
- libxrandr-dev
- libxxf86vm-dev
- swig

A seguir lista de pacotes Python utilizados:

- pyserial
- mock

Após a execução do módulo Puppet desenvolvido, todos os pacotes listados acima estarão instalados no sistema. Para facilitar a execução do módulo Puppet para todos da equipe, foi desenvolvido um Shell script chamado "setup_development_environment.sh" onde é instalado o Puppet em si e os módulos que são dependência, que são o *pip* e *stdlib*, e executado o módulo Puppet bike-x.

13.2 Sistema BikeX

13.2.1 Diagrama de Sequência

Para melhor compreensão do funcionamento da aplicação e interação entre os módulos e os integrantes da equipe quanto a proposta levantada, foi elaborado um diagrama de sequência para apresentar de forma visual a execução da aplicação como um todo, focando no *loop* principal do sistema.

A aplicação inicializa no módulo *Bikex* que é formado por um *loop* principal que é executado até o fim da execução da aplicação. Este *loop* está dentro do método *play* da classe *Bikex* e executa os seguintes procedimentos:

- Leitura das informações dos sensores.
- Realiza os cálculos das posições e rotação do *Player*.
- Envia os dados necessários para atualização do estado dos sensores.
- Renderiza a tela.
- Calcula período do *loop* principal.

Ao iniciar a aplicação, é instanciado o *Bikex*, que por sua vez levanta dois processos responsáveis por iniciar os módulos *Communication* e *Unity*, como apresentado na figura 8. Em seguida ele executa o método *play*, iniciando assim o *loop* principal, nas figuras 9, 10 e 11 são apresentadas a execução de cada uma das tarefas realizadas no *loop* principal.

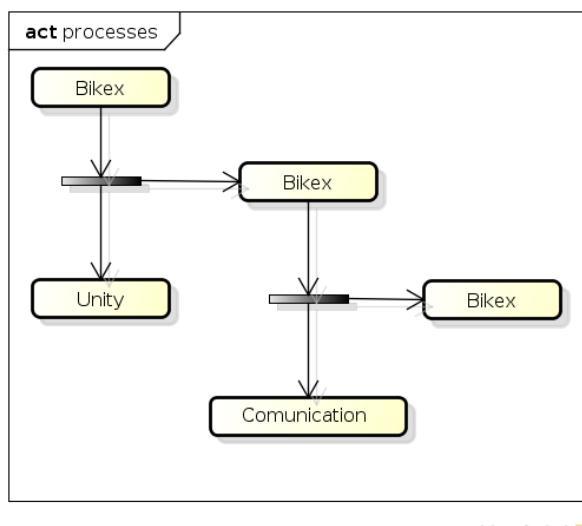


Figura 8 – Diagrama de Processo

Durante a leitura dos valores dos sensores, é enviado um sinal assíncrono **SIG1** para o módulo *Communication* para requisitar novos valores dos sensores. Após o módulo

Communication adquirir os dados enviado pelo módulo *MSP430* pelo método *read_data*, o dado é escrito em um arquivo pela chamada do método *write_data* e em fim enviado um sinal assíncrono **SIG1** para o módulo *Bikex* avisando que os dados já podem ser lidos do arquivo.

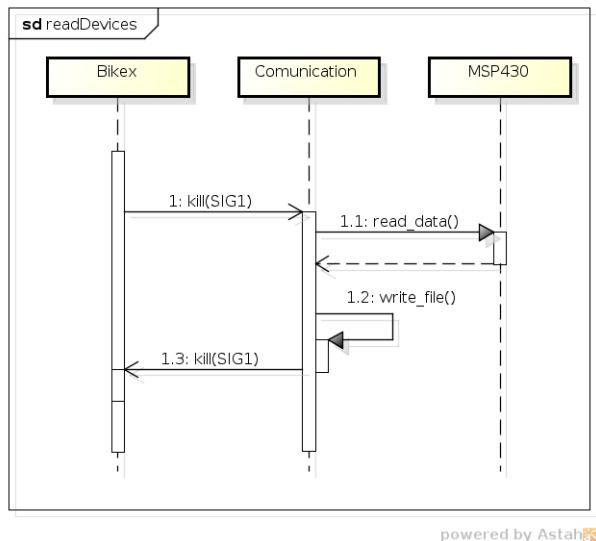


Figura 9 – Diagrama de Sequência para leitura dos sensores passivos

Feita a leitura dos dados contidos no arquivo, inicia-se a fase de cálculos baseados nestes dados de entrada. Para realizar essa atividade, é enviado um sinal assíncrono **SIG2** para o módulo *Unity*, que se encarrega em posicionar o objeto corretamente e atualizar a tela através do método *render*. O módulo *Unity* retorna então as informações necessárias para que seja atualizado o valor dos sensores ativos do produto através de um arquivo e sinaliza com o sinal assíncrono **SIG2**.

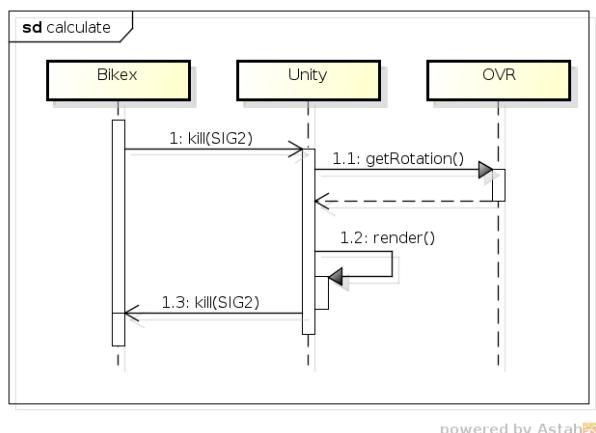


Figura 10 – Diagrama de Sequência para processamento de dados e renderização das informações

Para a atualização do estados dos sensores ativos, o *Bikex* executa o método *writeDevices*, o qual escreve as informações em um arquivo e envia o sinal assíncrono **SIG3**

para o módulo *Comunication*. Por sua vez, o módulo *Comunication* realiza a leitura dos dados no arquivo pelo método *read_file* e faz a escrita na porta serial dos valores desejados para os sensores ativos através do método *write_data*. O MSP430 por sua vez seta os valores recebidos nos sensores ativos.

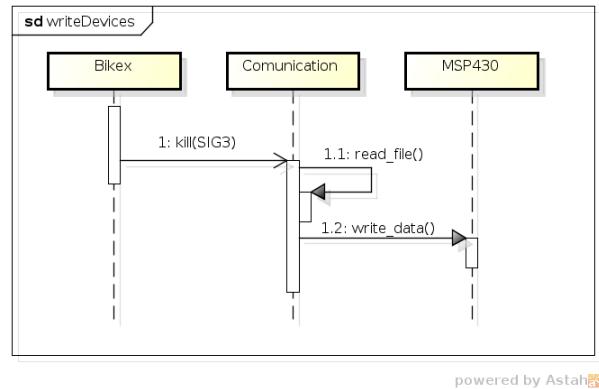


Figura 11 – Diagrama de Sequência para atualizar valores nos sensores ativos

13.2.2 Diagrama de Classes

Para maior compreensão das atividades e responsabilidades de cada classe da aplicação, foram desenhados diagramas de classes dos módulos que haviam necessidade, apresentados nas figuras 12 e 13.

O módulo Bike-X é o módulo central onde ocorre a integração dos outros módulos e o processamento de todos os dados vindos dos sensores, gerando informações para serem repassadas para o usuário. O *design* desse módulo foi pensado para que seja possível a fácil adição de quaisquer novos sensores.

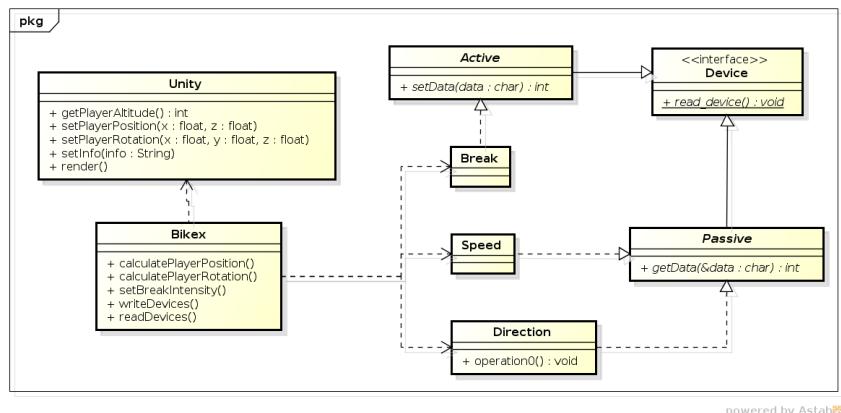


Figura 12 – Diagrama de Classe do módulo Bike-X

O módulo *Comunication* é responsável por ler e atualizar informações dos sensores, sendo sensores passivos para leitura e ativos para atualização. Possui interação direta com o módulo Bike-X, logo, também foi pensado para aceitar novos sensores facilmente.

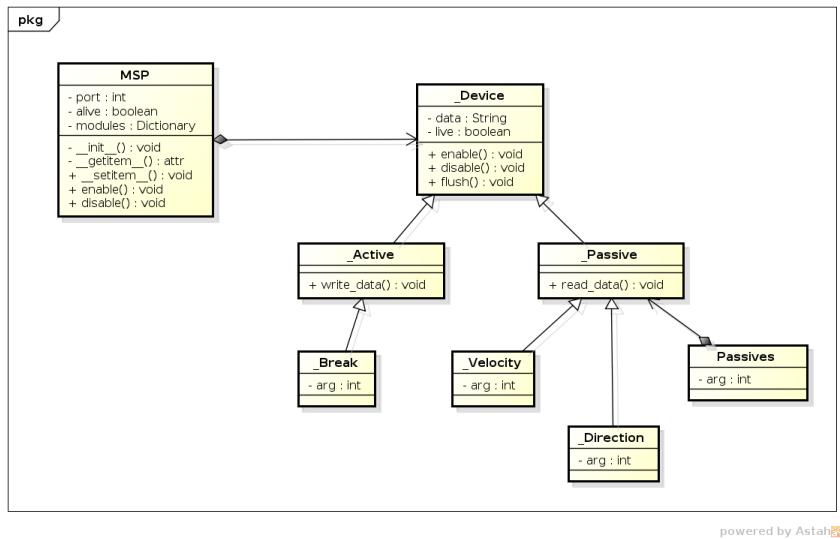


Figura 13 – Diagrama de Classe do módulo *Comunication*

Como o foco do projeto do sistema era a modularidade como um todo, em especial da presença dos sensores, o sistema foi desenhado de forma que seja fácil a adição e remoção de novos sensores, através da abstração da interface de comunicação entre os módulo *Bikex* e o *Comunication*.

A descrição de cada módulo será apresentada na seção 13.2.3, sendo assim, desnecessária a descrição detalhada de cada um deles nesta seção.

Não foi pensado em diagrama de classes para os outros módulos devido os mesmo não possuírem classes, serem constituídos apenas de *scripts* e código estruturado.

13.2.3 Módulos

Esta seção visa descrever como os diversos módulos do sistema irão se comportar separadamente e como vão interagir entre si. O sistema será composto pelos Unity, Bikex, Device.

O módulo Unity será responsável com as interações entre o usuário e o sistema. A primeira responsabilidade é retornar para o sistema a altitude atual do usuário. Essa informação será usada para definir se é necessário o acionamento da frenagem para simular uma inclinação no ambiente virtual. Outra responsabilidade será definir a posição e rotação atual do usuário no sistema. Essas informações irão ser disponibilizadas com a interação de outros módulos. Algumas informações serão disponibilizadas pelo sistema para o usuário. Informações como: velocidade, distância e a velocidade máxima atingida pelo usuário. Por fim, esse módulo irá fazer a renderização do frame para o usuário. Essa renderização irá considerar todas as interações com o sistema e as informações geradas com essa interação.

No sistema terá um módulo que será composto por várias classes. Esse módulo,

que é o responsável em fazer a interação com os dispositivos externos, se chama Device. Primeiramente, a classe principal será uma interface chamada Device. Duas classes irão relacionar com essa interface diretamente, a Active e a Passive. A classe Active representará os dispositivos que irão influenciar ativamente e fisicamente no sistema. Essa classe irá ser responsável por informar os dados para essa influência no sistema. Um dispositivo que exemplificar é a frenagem do sistema. A classe Passive são dispositivos que fornecem informações para o sistema. Os dispositivos de velocidade, direção e OVR são exemplos desse tipo de Device. A classe Passive irá ser responsável de coletar informações desses dispositivos e fornecer para o sistema realizar os procedimentos necessários. O dispositivo OVR é o Oculus em si e será responsável em fornecer a posição da cabeça do usuário.

O módulo Bikex é o módulo central do sistema e fará a interface com o módulo Unity e os outros módulos. Esse módulo é responsável por receber as informações dos dispositivos do tipo Passive e fazendo as transformações necessárias para enviar para o módulo Unity. O primeiro procedimento que esse módulo realiza é o cálculo da posição do usuário e tem como entrada a velocidade e a direção atuais do usuário. Outro procedimento será o cálculo da rotação do usuário. Isso será feito a partir de dados fornecidos pelo dispositivo Oculus. Essa rotação definirá a direção que o usuário está olhando. Definimos a separação desses dois procedimentos para que a rotação da cabeça do usuário não interfira na rotação da bicicleta. O outro procedimento é definir a intensidade de frenagem de acordo com a altitude coletada do módulo Unity. A partir dessa intensidade, o Bikex aciona o dispositivo de freio com a mesma.

13.2.4 Unity

13.2.5 Interface Python

A interface *Python* simplifica a comunicação com o microcontrolador, possibilitando o *parse* entre o modulo principal (BikeX 13.2) e o *MSP430*.

A interface faz de uso da biblioteca *Pyserial* para manter a comunicação com o microcontrolador. Devido as inúmeras possibilidades de conflitos existentes de caracteres e velocidade de comunicação existentes na comunicação *UART*, os desenvolvedores da *Pyserial* construíram a classe *serial.tools.miniterm* na qual simula um terminal de comunicação como exemplo de uso da biblioteca. O grupo construiu então uma classe que herda da *serial.tools.miniterm*, simplificando assim a comunicação e incrementando a estabilidade de comunicação. Esta ação gera a dependência de que a versão da *Pyserial* necessita ser 2.7 ou superior.

13.2.5.1 Visão do BikeX

Do ponto de vista do BikeX a aplicação Python estará rodando sempre em *background* esperando um sinal para a realização de alguma tarefa. A depender do sinal recebido, será realizado uma leitura do estado dos sensores ou o envio do valor de posicionamento do freio.

A tomada de uso de sinais para acordar o processo possibilita que o mesmo se mantenha em descanso durante todo o período em que não há requisição de dados. Como resultado do ponto de vista da arquitetura que suportado software, não há uma sobrecarga de processamento, evitando o *overhead* de requisições desnecessárias e possibilitando assim que o processamento possa ficar focado onde realmente há uma grande demanda de CPU e GPU, que é a interface gráfica da aplicação.

No trecho de código a seguir (13.1) é possível observar a rotina principal da aplicação *Python* populando o objeto do MSP430 com alguns dispositivos e definindo os métodos a serem chamados na ocorrência dos sinais já pré-definidos. Em seguida o programa entra no já referido *loop*, permanecendo nele ate receber um sinal que requisite o termino do processo.

Código 13.1 Trecho da rotina principal do script Python

```

1 def main():
2     pid_bikex = sys.argv[1:2]
3     msp430.curb = sensor.Break(msp430.serial,0)
4     msp430.velocity = sensor.Velocity(msp430.serial,0)
5     msp430.passives = sensor.Passives(msp430.serial,0)
6
7
8     signal(SIG1, write_file)
9     signal(SIG3, read_file)
10    signal(SIGINT, safe_quit)
11    signal(SIGQUIT, safe_quit)
12    signal(SIGABRT, safe_quit)
13    while True:
14        sleep(0.01)
```

13.2.5.2 Visão do MSP430

Do ponto de vista do MSP430 a aplicação Python estará sempre em comunicação ativa com o MSP430, já que a porta serial será aberta assim que o sistema for iniciado e só fechará quando programa vier a fechar.

Como apresentado no código 13.1, a aplicação Python estará sempre a espera de um sinal para entrar em contato com o MSP430. Para que ocorra a interação, é enviado um comando específico ao MSP430 sobre qual dispositivo desejamos ter informação. No código 13.2 podemos observar a declaração de algumas classes de dispositivos passivos na estrutura física do projeto, como o freio. Todos os dispositivos herdam de uma classe primária que tem declarada uma sequência básica de leitura-escrita de comandos no MSP430.

Código 13.2 Declaração de classes fundamentais no script Python

```
1 class Passive(Device):
2     """docstring for Active"""
3     def __init__(self, terminal):
4         super(Passive, self).__init__(terminal)
5         self.data = self.serial.readline()
6         self.data = self.data.split('\n')[0]
7
8     def read_data(self, command):
9         """ Send some data to device """
10        self.serial.write(str(command))
11        self.data = self.serial.readline()
12        self.data = self.data.split('\n')[0]
13        return self.data
14
15    def write_data(self, command, data):
16        return None
17
18 class Velocity(Passive):
19     """docstring for Velocity"""
20     def __init__(self, terminal, arg=VELOCITY_MSP):
21         super(Velocity, self).__init__(terminal)
22         self.arg = arg
23
24     def read_data(self):
25         return super(Velocity, self).read_data(self.arg)
26
27 class Passives(Passive):
28     """docstring for Passives"""
29     def __init__(self, terminal, arg=ALL_VALUES):
30         super(Passives, self).__init__(terminal)
31         self.arg = arg
```

```

32
33     def read_data(self):
34         return super(Passives, self).read_data(self.arg)

```

Definido uma interface padrão de leitura-escrita nos dispositivos, é então instanciado no objeto **MSP** a os dispositivos desejados para que a rotina principal possa interagir com os dispositivos. Para uma maior comodidade e melhor visualização da escrita do código, foram definidos os métodos `__getitem__` e `__setitem__` da classe **MSP**, conforme apresentado a seguir:

Código 13.3 Declaração dos métodos de leitura e escrita de item

```

1  def __getitem__(self,key):
2      """ Return the value of a item """
3      try:
4          return getattr(self,key).read_data()
5      except Exception, e:
6          raise e
7
8  def __setitem__(self,key,item):
9      """ Set a value of a item """
10     setattr(self,key).write_data(str(item))

```

As rotinas implementadas no trecho do código 13.3 permitem a leitura e o envio de algum valor, respectivamente, de um possível atributo *foo* - meramente ilustrativo de exemplo - da seguinte forma:

```

>>> msp430.foo = sensor.Passives(msp430.serial,0)
>>> print msp430['foo']
>>> 33
>>> """Sending some value"""
>>> msp430['foo'] = 30

```

Obviamente que, como visto no código 13.2, o método de escrita de objetos passivos se resume a retornar um objeto nulo, não interagindo assim com o MSP430. Porém, esta solução permite que, se houvesse o interesse em fazer de uso de algum dispositivo no MSP430 que pudesse assumir estados e retornar valores, a interação com ele seria a mais transparente possível. Um possível exemplo seria uma segunda porta de comunicação, seja ela UART ou algum outro protocolo de comunicação como *CAN* ou *I²C*. Da mesma forma que poderíamos enviar uma *string* pela UART para ser equalizada na outra porta, poderíamos receber uma mensagem nova pela mesma.

13.2.6 Integração Sensores e Sistema

13.3 Funcionamento do Oculus Rift

O Oculus Rift é basicamente uma lente com uma tela de alta resolução juntamente com sensores e giroscópios trabalhando em conjunto. A sensação de imersão vem com a baixa taxa de resposta entre o movimento do usuário e a imagem gerada na tela, fazendo com que a experiência se torne algo prazeroso e confortável.

13.3.1 Esquema de coordenadas

Para manter a rastreabilidade dos movimentos da cabeça do usuário, o Oculus Rift trabalha com um sistema de coordenadas parecido com o da regra da mão direita. A figura abaixo ilustra como os eixos e sentidos são levados em consideração para o Rift.

- Y é positivo para cima
- X é positivo para direita
- Z é positivo para traz

A rotação é mantida como uma unidade quaternária, mas também pode ser reportada na forma *yaw-pitch-roll*. Os termos vêm do inglês e significam, respectivamente, giro, arremesso e rolo. Cada um dos eixos geram valores que significam as rotações (positivas ou negativas) de acordo com o movimento da cabeça do usuário:

- *Pitch* é a rotação entorno do eixo X, positivo quando arremessado para cima
- *Yaw* é a rotação entorno do eixo Y , positivo quando virado para esquerda
- *Roll* é a rotação entorno do eixo Z, positivo quando se encosta a cabeça no ombro esquerdo

13.3.2 Distorção

O Oculus Rift requer que a cena seja renderizada em uma tela dividida com metade da tela usada para cada olho. Ao usar o aparelho, o olho esquerdo enxerga a metade esquerda da tela e o olho direito a metade direita. Por mais que varie de pessoa para pessoa, a distância das pupilas de um ser humano estão, aproximadamente, 65 mm longe uma da outra. Essa distância é conhecida como *interpupillary distance*(IPD), ou distância interpupilar. Essa distância deve ser levada em consideração ao se escolher a distância entre as câmeras que captam as cenas na aplicação. Observe que o IPD se refere à translação da câmera, e não à rotação, e é essa translação que causa o efeito esteroscópico*.

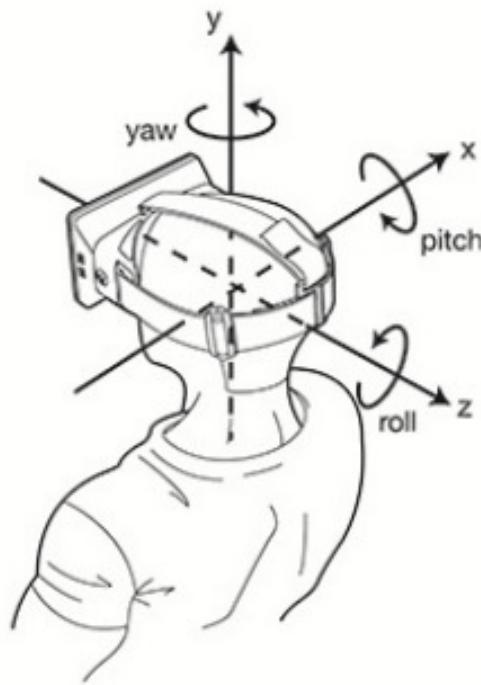


Figura 14 – Esquema de coordenadas do Oculus Rift

Isso significa que a sua aplicação precisará de renderizar a cena inteira duas vezes, uma para a metade esquerda e outra para a metade direita.

As lentes do Oculus Rift ampliam a imagem para proporcionar grande *field of view* (FOV), ou campo de visão, (quase total) que melhora muito a imersão virtual, basicamente não se vê outra coisa além do ambiente gerado pelas telas. Entretanto, as lentes distorcem a imagem final significativamente até o ponto do usuário enxergar a distorção de almofada (distorcida para dentro). Para reverter a distorção da lente, deve haver a aplicação de um pós-processamento nas imagens renderizadas a fim de distorcê-las para fora (distorção de barril), figura abaixo. Sendo assim, os desenvolvedores implementaram uma API para aplicar distorção na imagem com o objetivo de ser cancelada pela lente do Rift. Finalmente, a API também trata o efeito chamado efeito arco-íris causado pelas bordas da lente. Mesmo que os parâmetros de distorção dependam das características da lente e da posição relativa dos olhos em relação a lente, a API cuida de todos os aspectos de geração da distorção, gerando uma imagem final no Oculus sem distorção alguma.

A projeção dos eixos das câmeras deve ser paralela uma com a outra como na figura abaixo. As vistas esquerda e direita são independentes uma da outra, isso significa que a configuração das câmeras da aplicação é basicamente a mesma ao se utilizar uma câmera única, a diferença é a distância entre os dois eixos ao se criar uma cena para o Rift.



Figura 15 – Imagem com distorção de barril

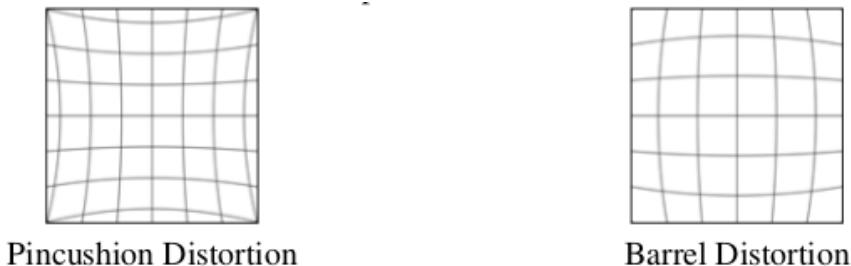


Figura 16 – Distorção de lentes e imagens do Rift

13.4 Unity 3D

13.4.1 O Unity

O Unity é um IDE de desenvolvimento de jogos com um potente mecanismo de renderização e totalmente integrado com um conjunto de ferramentas que permitem criação de conteúdos interativos em várias plataformas e em 3d ou 2d. Além disso é possível gerar builds para de 16 plataformas como o linux , android ,windows e iOS com um alto nível de qualidade pois é possível utilizar recursos prontos da Asset Store e de comunidades de compartilhamento de conhecimentos. Para esse projeto foi escolhido o Unity i,pois além dos benefícios citados acima com ele é possível que o desenvolvimento seja mais ágil, em menos tempo e com um custo menor e com uma qualidade razoável.

13.4.2 Workflow

Com o intuito de simplificar o processo de criação e produção de software, o Unity oferece um ambiente de trabalho com diversas ferramentas integradas para o desenvolvimento para a possibilitar a criação de mundos complexos com bloco de construção de cenas rapidamente escaláveis, implementar fluxos de controle utilizando linguagens alta-

mente utilizadas no mercado como C# e Java Script, com uma performance de tempo de compilação. Além disso durante o processo de criação é possível economizar tempo utilizando modelagens prontas, salas e fórum de bate papo para distribuição de conhecimentos e resolução de problemas e dúvidas.



Figura 17 – Edição de objeto no Unity

13.4.3 Modelagem de Elementos

Para a utilização de elementos no Unity é necessário a criação de objetos 3d, para isso pode ser utilizado qualquer um das IDE mais utilizadas do mercado tais como Maya , 3DMax, Blender ,Cinema4D, Modo, Lightwave, Cheetah3D, entre outros. A manipulação e ajustes de objetos em 3D está sendo realizada através da utilização da ferramenta Blender que é uma plataforma livre de alto desempenho que permite além da modelagem para a criação de objetos 3D, contém ferramentas para animações, criação de jogos, construção de foto realismo, simulações de fluidos, edição de vídeos, entre outros. Depois de feito os ajustes nos modelos o Blender possui suporte para exportar objetos nos formatos de arquivo: 3DS,DXF,FBX,OBJ,LWO,SVG,STL entre outros.

13.4.4 SDK OculusVR

Nos primeiros passos para a integração do Oculus Rift com o Unity foi necessário a utilização de uma SDK¹ do próprio Oculus Rift, que atualmente possui as versões 0.2, 0.3 e 0.4, permite extrair dados do óculos e manipulados utilizando C++. No entanto como o Unity possui suporte para o plugin do Oculus Rift, que são scripts oriundos da SDK que ao invés de ser implementada em C++ é implementada em C#, foi adotado o mesmo para auxiliar no controle do ambiente virtual no Unity. Com o plugin do Oculus

¹ SDK encontrada em <<https://developer.oculusvr.com/?action=dl&v=8>>



Figura 18 – Renderização de *Bick Buck Bunny* sendo feita no Blender

Rift no Unity é possível controlar 2 cameras(que representa o campo visual do óculos em um usuário), e visualizar todo um ambiente em volta, utilizando os sensores da bicicleta e o Oculus Rift será possível controlar a bicicleta e movimentar a cabeça para aproveitar o ambiente virtual.

13.4.5 Criação de Scripts

A linguagem de programação utilizada nos scripts da SDK é o C#, esta linguagem tem as características de ser: orientada a objetos, dirigida a eventos, possui gerenciador de memória em tempo runtime(igual ao mente ao java o Garbage Collector é utilizado para liberar áreas de memória não utilizadas depois que uma classe é instanciada utilizando o operador new), e suporte a código legado. Esta linguagem possui tipos de dados como tipo de valor ou tipo de referência. Tipo de valor contém dados deste tipo e tipo de referência contém um inteiro apontando para uma área específica da memória que irá conter os dados. Os tipos de valores normalmente representam dados simples como int e bool, os tipos de referências são mais utilizados em strings e objetos. Os desenvolvedores podem construir 3 tipos de dados de referências: classes , interfaces e delegados(tem a representação de um ponteiro de função em C, no entanto com a palavra chave delegados).As variáveis nesta linguagem podem ser do tipo Static(valor declarado fica disponível para todos os objetos da classe que foi declarada), Instance(variável criada na memoria a cada vez que um objeto é instanciado) e Array (grupo de elementos do mesmo tipo de dados). Em C# a unidade de programação é a Classe.Os objetos são instâncias(criações) destas classes , e suas funções são encapsuladas dentro dos limites das classes e dos métodos.Em C# as classes possui herança única , no entanto podem ser realizadas implementações de múltiplas interfaces.Esta linguagem possui também um suporte a struct(Estrutura formada utilizando um conjunto de funções e variáveis), vinda do da linguagem C.O

que é mais interessante nesta linguagem é a utilização de delegates, que são referencias de métodos encapsulados com assinatura e tipo de retorno definido, onde é utilizada basicamente para invocar métodos indiretamente. Abaixo é ilustrado um exemplo de código em C#, para a alteração do vetor direção da bicicleta e da modelagem 3D da bicicleta:

```
1 float current_position = 0;
2
3 public virtual void UpdatePlayerForwardDirTransform(){
4     if ((DirXform != null) && (CameraController != null)) {
5         //capturar botao D e rotacionar para a Direita
6         if (Input.GetKey(KeyCode.D)) {
7             current_position += 3f;
8         }
9
10        // capturar o botao A e rotacionar para a Esquerda
11        if (Input.GetKey (KeyCode.A)) {
12            current_position -= 3f;
13        }
14
15        //vetor identidade
16        Quaternion i = Quaternion.identity;
17
18        // rotataciona a bicicleta
19        Quaternion d = Quaternion.Euler (new Vector3 (90,
20                                         current_position, 0));
21        Bicycle.rotation = i * d;
22
23        //rotaciona o vetor direçao
24        d = Quaternion.Euler (new Vector3 (0, current_position + 2f
25                                         , 0));
26        DirXform.rotation = i * d ;
27
28        //escreve arquivo
29        write_position();
30        write_rotation();
31        write_altitude();
32    }
33 }
```

13.5 Ambiente virtual

Para iniciar a modelagem do Parque Virtual foi escolhido um mapa em escala de cinza para que sirva de base para a montagem do terreno do ambiente virtual. Para isso qualquer editor de imagem pode ser utilizado , no caso do projeto foi utilizado o *Photoshop*, e a imagem foi tratada e exportada para o formato aceito pelo *Unity* que é o '*RAW*'. Abaixo estão as imagens do arquivo do ambiente virtual em escala de cinza e o ambiente virtual que foi gerado.

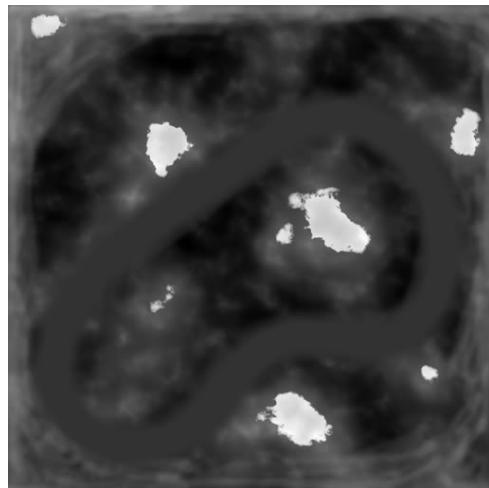


Figura 19 – Mapa do ambiente virtual em escala de cinza

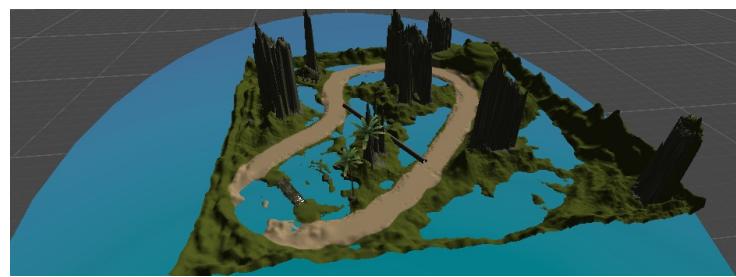


Figura 20 – Mapa do ambiente virtual gerado e modificado

O mapa foi importado para o *Unity* e foi colocada nele uma base de grama para que os outros componentes sejam colocadas por cima desta base. Foi feita uma adequação do terreno formado pelo mapa de cores para que fosse criada a ciclovía e na parte mais baixa do mapa foi adicionado água para termos pequenos lagos.

Os elementos que estão sendo adicionados no conforme ideias e necessidades encontradas pela equipe, primeiramente inserimos algumas árvores e vegetações para dar uma visão de parque ao mapa, inserimos também uma ponte para que o usuário possa passar por um ponto de água, está sendo elaborado um túnel para que o usuário possa passar e uma cachoeira para ser admirada durante o passeio no ambiente. Para uma melhor

visualização dos ambiente que estarão no ambiente virtual abaixo estão algumas imagens tiradas do ambiente no processo de montagem usando o *Unity*.



Figura 21 – Bicicleta utilizada pelo usuário no ambiente virtual



Figura 22 – Ponte para uma travessia no lago



Figura 23 – Fazenda criada em uma área do ambiente virtual



Figura 24 – Visão 1 do túnel gerado no ambiente virtual



Figura 25 – Visão 2 do tunel gerado no ambiente virtual



Figura 26 – Visão interior do tunel

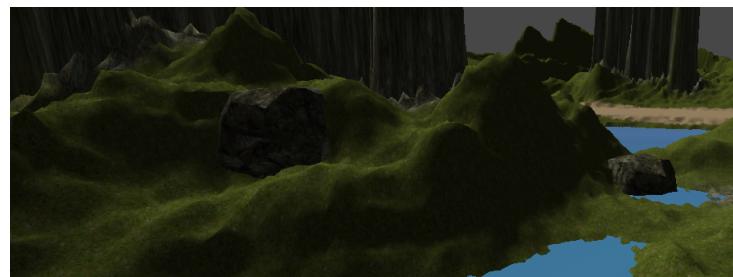


Figura 27 – Visão de algumas pedras para dar mais realiadade ao ambiente

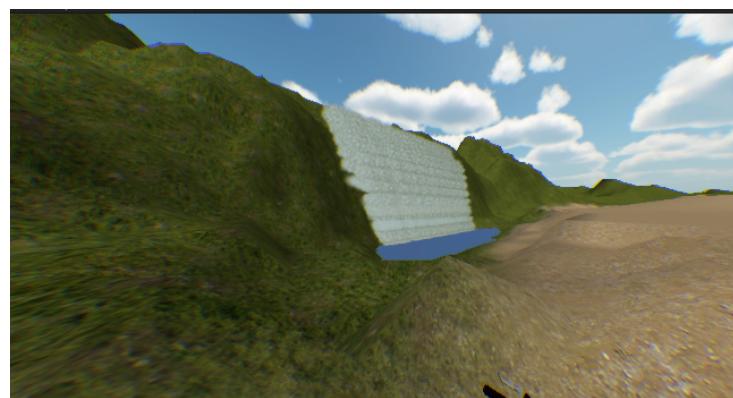


Figura 28 – Visão de uma Cachoeira

14 Eletrônica

14.1 Microcontrolador

Tinha como interesse neste projeto utilizar o microcontrolador MSP430G2553. Este microcontrolador possui uma arquitetura RISC com registradores de 16 *bits* e 27 instruções, 512 *Bytes* de RAM e pode operar com um *clock* de até 16MHz. As aplicações foram trabalhadas a partir da plataforma MSP430 *Launchpad*. Esta plataforma foi desenvolvida pela *Texas Instruments* (TI) como um *kit* de avaliação para microcontroladores da linha MSP430G. Este microcontrolador apresenta algumas características importantes para a realização deste trabalho. São elas:

- 2 *Timers* (TA0 e TA1) com 16 *bits* e 4 modos de contagem;
- 8 canais de entrada para um Conversor A/D de 10*bits* (ADC10 tipo SAR);
- Serviços de interrupção por *Hardware*;
- *Hardware* de comunicação serial com suporte para UART.

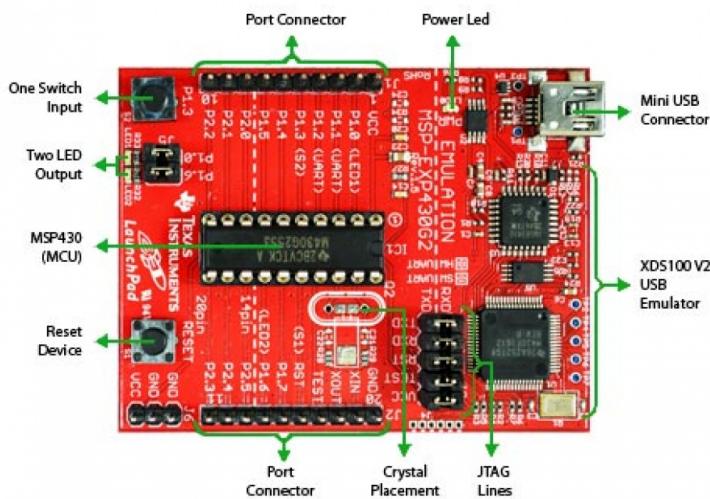


Figura 29 – Plataforma para desenvolvimento MSP430 *Launchpad*.

Todavia, imprevistos na penúltima semana de desenvolvimento resultaram no comprometimento do uso do MSP430 para o trabalho, deixando o grupo com as seguintes opções:

- Realizar a obtenção de uma nova Launchpad e custear o frete para rápida entrega a fim de que fosse entrega a tempo para a conclusão dos testes e calibração dos dados.

- Portar o código para o MSP430 modelo *eZ430-RF2500*, necessitando a reimplementação das bibliotecas para portas digitais, PWM, interrupções, Timers e ADC.
- Utilizar outra plataforma de desenvolvimento que permita rápido desenvolvimento e que seja de conhecimento do grupo.

Assim, a equipe decidiu pelo uso do Arduino como uma plataforma que permitia o rápido desenvolvimento. Em comparação com outras plataformas, como o Arduino, a MSP430 *Launchpad* apresentava um menor custo financeiro e energético. A plataforma Arduino apresenta mais facilidade para a implementação de protótipos através da linguagem de programação *C++* na Arduino IDE, porém, a plataforma *Launchpad* também possui uma plataforma similar disponível chamada de *Energia*. Neste projeto, entretanto, havia optado por utilizar as ferramentas `msp430-gcc` e `mspdebug` para desenvolver as aplicações de software embarcado e programar o dispositivo respectivamente. Elas haviam sido escolhidas por possibilitar mais liberdade de desenvolvimento no microcontrolador e possibilidade de seguir em nível mais próximo do *hardware*, apesar da maior complexidade na elaboração das aplicações.

A mudança para a plataforma Arduino fez com que fosse adotada a Arduino IDE por praticidade em gerar um protótipo. Devido a lógica já estar definida e o Arduino oferecer bibliotecas já implementadas para interfacear com servos motores, leituras analógicas, entradas digitais e comunicação serial, foi necessário apenas evoluir como seria tratado a leitura da velocidade da bicicleta para alcançar o estado anterior do projeto, quando ainda se fazia uso do MSP430. Foi estimado a necessidade de 4 horas para o desenvolvimento desta solução com base na equipe envolvida, *knowhow* adquirido com o projeto até então e a disponibilidade dos circuitos até então.

14.1.1 Arduindo

O Arduino é uma plataforma *open-source* criada de forma a facilitar o uso da integração de *software* e *hardware*. Foi utilizado o microcontrolador Arduino Mega que é baseado no Atmega 1280. Tem-se um total de 54 pinos digitais de entrada e saída no qual 14 deles tem a possibilidade de serem usados como um sinal PWM (*Pulse Width Modulation*), 16 pinos para entrada de sinais analógicos, 4 portas para comunicação UART (*Universal asynchronous receiver/transmitter*), um oscilador de cristal de 16 MHz, uma conexão USB, uma entrada de alimentação e um botão de *reset*.

O ATmega1280 possui 128 KB de memória *flash* para armazenamento de código (dos quais 4KB são usados pelo *bootloader*), 8 KB de SRAM e 4 KB de EEPROM (que podem ser lidos e escritos com a biblioteca EEPROM). Outra característica importante é a quantidade de portas de entrada e saída disponíveis, o que permitiu uma maior liberdade ao receber os sinais dos sensores;

14.2 Visão Sistêmica da Eletronica Embarcada

No ponto de vista da eletrônica embarcada, enxergam-se dois pontos principais: O PC com o ambiente virtual e os sensores e atuadores instalados na bicicleta. O primeiro destes realizará o processamento do ambiente virtual a partir dos dados obtidos pelos sensores e atualizando a posição do ciclista no ambiente. Em seguida, devolverá como sinal de retorno à bicicleta no controle do freio para transmitir uma sensação de peso ao ciclista. Para tornar isso possível, trabalhou-se com 2 sensores e um atuador, listados a seguir.

- Posição do guidão;
- Velocidade da roda.
- Servo motor.

Neste contexto, o sistema de software embarcado foi projetado baseando-se no diagrama de blocos apresentado na Figura 30. O sensor de posição do guidão se trata de um potenciômetro comum com variação de ângulo de 0 a 270 graus e 0 a 10 k Ω de variação de resistência proporcional ao ângulo. O sensor de velocidade se trata de um conta giros através de interferência entre um par transmissor-receptor de infravermelho que permitirá verificar o movimento da roda traseira. O atuador constante em um servomotor cuja posição será controlada de forma a controlar o freio da bicicleta, aumentando o atrito com a roda traseira e fornecendo uma sensação de peso ao usuário.

14.3 Projeto do *Software* Embarcado

Visando facilitar o desenvolvimento do *software* a ser embarcado no microcontrolador, implementou-se uma biblioteca contendo funções para o uso específico no *kit Launchpad*, com botões, LEDs e portas de comunicação pré definidas. Essa biblioteca contem funções básicas para entradas e saídas digitais, *timer* e comunicação. Outras duas bibliotecas são utilizadas neste projeto, sendo uma para amostrar um sinal a partir do conversor A/D e outra contendo as definições do ambiente virtual. A princípio, o projeto de *software* foi direcionado a leitura dos sensores do guidão, velocidade, atuador e comunicação. A seguir, serão descritas as implementações destas etapas neste projeto.

14.3.1 Leitura de posição do guidão

O sensor que verificará a posição do guidão se trata de um potenciômetro. Este dispositivo retornará um valor analógico de tensão que é proporcional a posição do guidão. Neste caso, a leitura do sinal é feita configurando-se uma entrada do microcontrolador

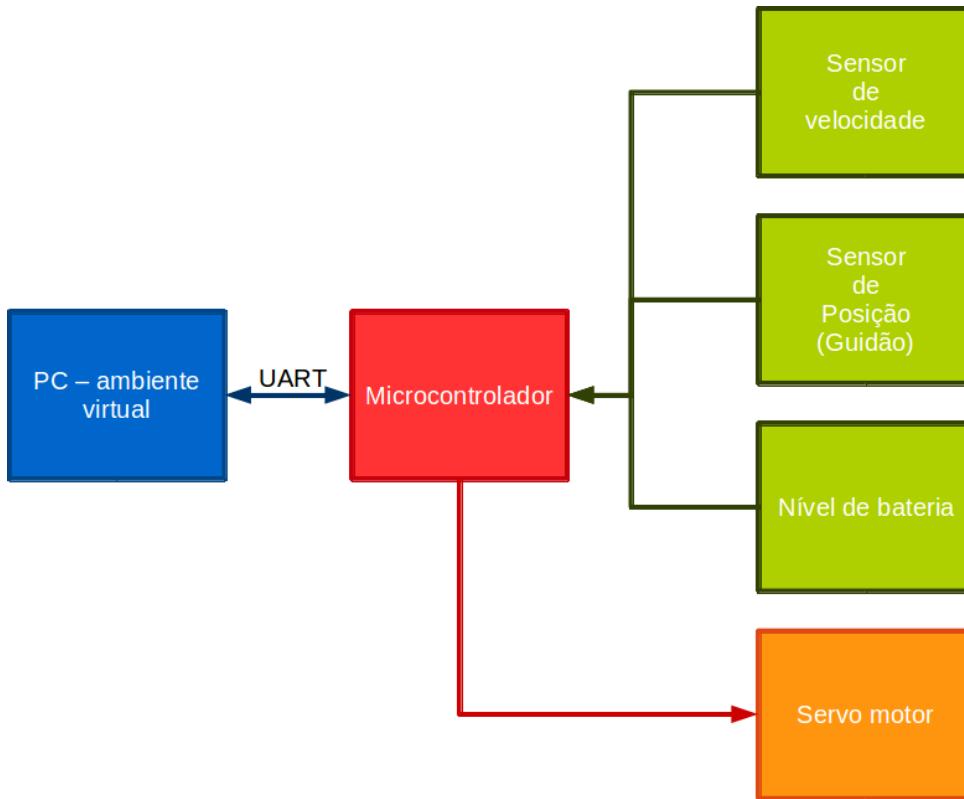


Figura 30 – Diagrama de blocos do sistema no ponto de vista do *hardware* embarcado.

como analógica. O valor lido tem resolução de 10 *bits* e deverá estar entre 0 e 3V. A leitura deste sensor não será constante, mas sim, solicitada pelo ambiente virtual.

14.3.2 Leitura de velocidade

Para estimar a velocidade da roda traseira da bicicleta, um par transmissor-receptor de infravermelho será utilizado para calcular o período de interferência entre ambos. O sinal lido será um nível lógico (alto ou baixo) e será obtido por uma entrada digital. Neste caso, um serviço de interrupção foi configurado para iniciar uma contagem e encerrar a mesma. O período obtido dividirá uma constante de forma a obter uma velocidade com resolução de 8 *bits*. A contagem será realizada por um *timer* do microcontrolador.

14.3.3 Atuador no freio

Para o controle do servomotor, implementou-se um algoritmo de PWM (*pulse width modulation*) a partir do timer. A modulação do pulso será controlada por um valor de 1 *byte* vindo do ambiente virtual. O sinal de controle gerado é transmitido por uma saída digital. O mesmo *timer* será utilizado para todas as aplicações que requererem contagens. Cada contagem deverá ser de no mínimo 100us. Com o mesmo *timer* foi possível emular 10

timers via software. Dessa forma, foi possível controlar a posição do servomotor e realizar a contagem do período do sensor de velocidade.

14.4 Circuitos

14.4.1 Sensor de Posição do Guidão

Para verificar o ângulo do guidão da bicicleta, o sensor que será utilizado se trata de um potenciômetro. Este dispositivo tem a capacidade de variar sua resistência em função do posicionamento de seu eixo. Este eixo será fixado no guidão da bicicleta e permitirá uma rotação de 270 graus. O potenciômetro escolhido possui uma resistência de $10k\Omega$ e funcionará como divisor resistivo de uma tensão de 5V. O pino central fornecerá a tensão resultante deste divisor que deverá ser um valor analógico e estar entre 0 e 5V. Este sinal é condicionado por um amplificador operacional na configuração de seguidor de tensão. Por fim, a saída deste circuito é acoplada a um divisor resistivo que deverá condicionar o sinal a uma tensão entre 0 e 3V, que estão dentro da excursão de entrada do canal de entrada analógica do microcontrolador. A Figura 31 mostra o circuito deste sensor.

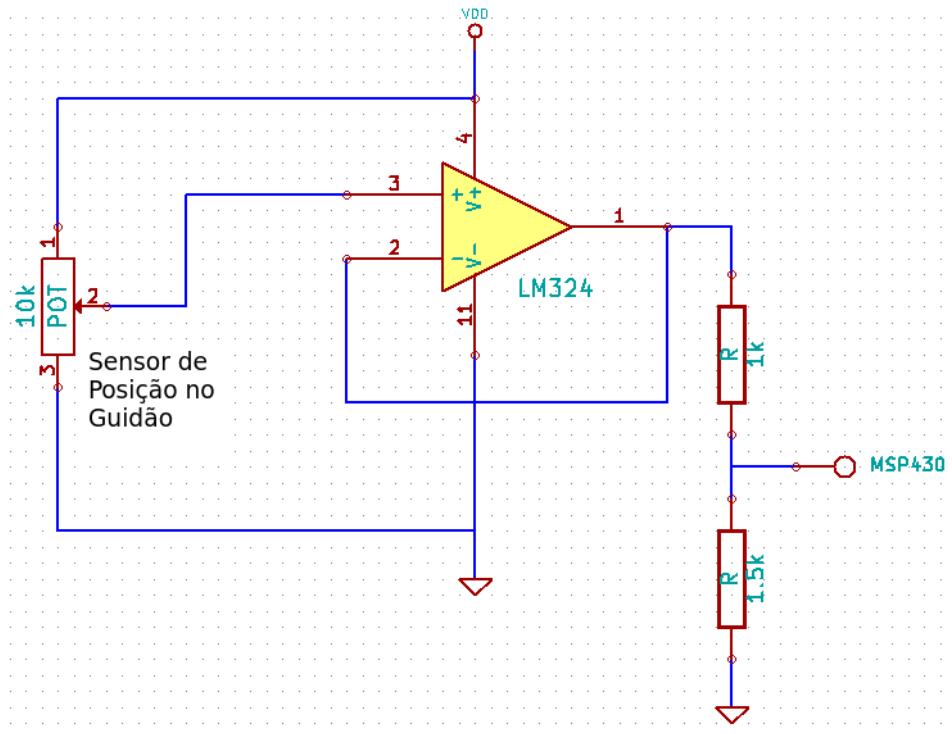


Figura 31 – Esquemático do circuito do potenciômetro.

14.4.2 Tacômetro de Pulso

O método empregado para obter a velocidade da roda foi o tacômetro de pulso. O projeto escolhido consiste em um circuito transmissor-receptor de Infravermelho, de onde

será realizada uma contagem do período de não interferência entre o emissor e o receptor. Quando a interferência terminar, o microcontrolador iniciará a contagem. Esta contagem termina quando ocorre uma nova interferência. O período obtido é utilizado para obter a velocidade de transição entre os raios da roda traseira da bicicleta.

O emissor e o receptor serão instalados em suportes acoplados ao quadro da bicicleta alinhados um com o outro em lados opostos da roda. O período obtido na contagem corresponde a transição de um raio para outro, cuja distância é de 4 cm. A Figura 32 mostra como será a disposição do suporte do par emissor e receptor no quadro da bicicleta. A Figura 33 mostra o esquemático do circuito utilizado.

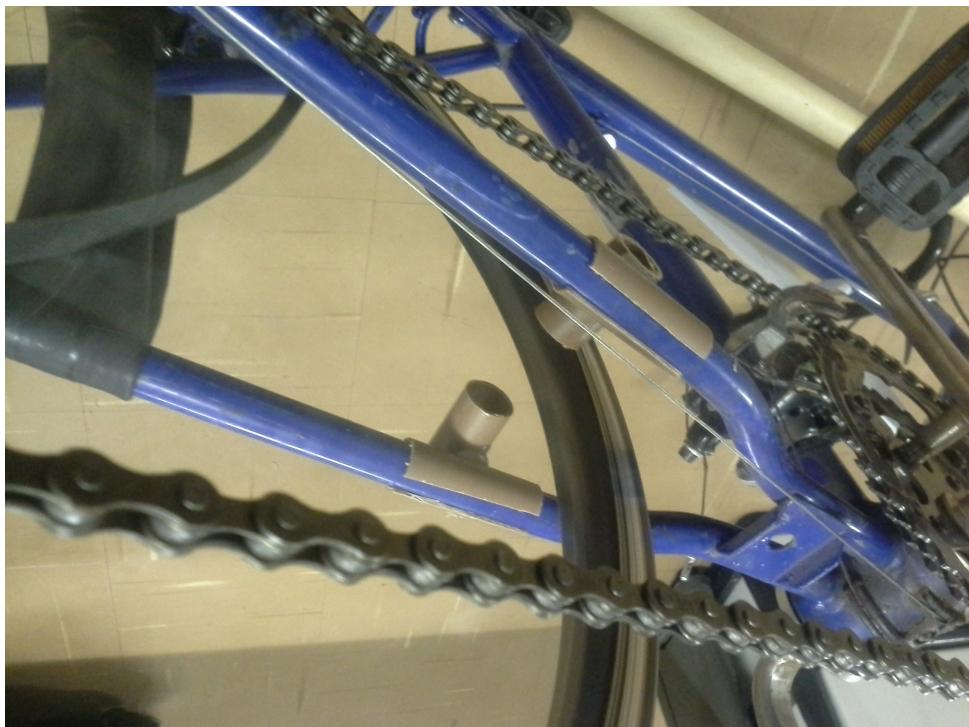


Figura 32 – Suporte do par transmissor-receptor de infravermelho para o tacômetro de pulso.

14.4.3 Atuador do freio

Será usado um servo motor para o controle do atuador do freio. Este servo motor é controlado por meio de uma onda PWM (*Pulse Width Modulation*). Ondas PWM são usadas para controlar circuitos analógicos de forma digital, o que reduz o custo de produção e consumo do sistema. Por meio do uso de contadores de alta resolução, o *duty cycle* de uma onda quadrada pode ser modulado para codificar certo valor de um sinal analógico. A tensão de controle é obtida com a constante mudança de pulsos que hora está na tensão máxima (ligado), hora está em 0 V (desligado). O tempo que este sinal fica na tensão máxima é chamado de *duty cycle* de um sinal PWM (Figura 34). Com uma repetida série de pulsos, a uma frequência satisfatória, é possível obter qualquer valor de tensão entre

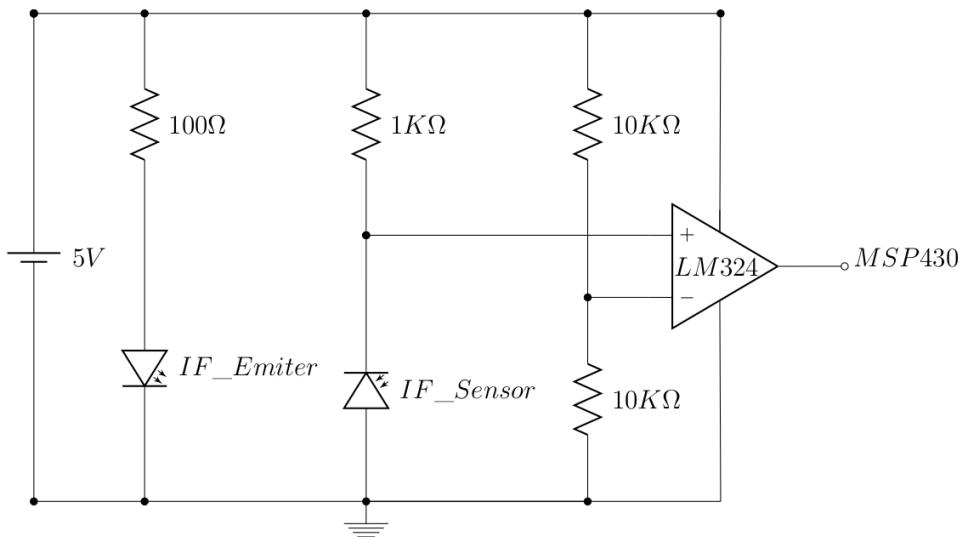
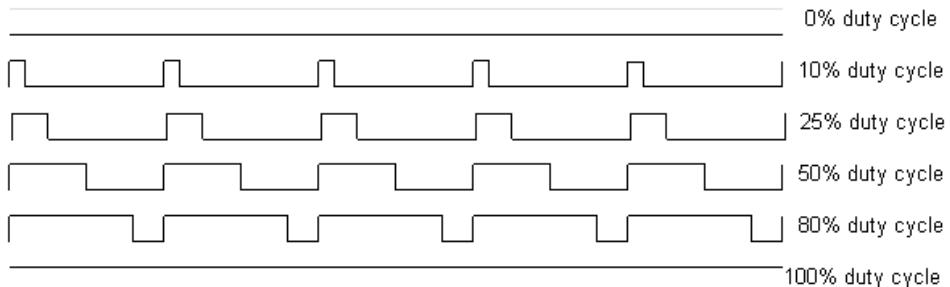


Figura 33 – Circuito do Tacômetro

o máximo e mínimo valor do sinal digital. Se um sinal PWM possui, por exemplo, 40% de *duty cycle* significa que o sinal digital está em seu valor máximo durante 40% do seu período e está desligado durante 60% do seu período. Caso a tensão de alimentação seja 9 V, a tensão que será medida na carga é de 40% de 9 V, ou seja, 3,6 V.

Figura 34 – Exemplo de sinal PWM com diferentes *duty cycles*.

Como dito anteriormente, o sinal PWM deve possuir uma frequência de variação entre os pulsos de forma que a carga "veja" uma tensão analógica constante. Suponha que um sinal PWM está em seu valor máximo durante 100 ms e depois muda para 0 V e fica neste estado por outros 100 ms. Se este ciclo se repetir 60 vezes por segundo, a tensão medida na saída será de 50% da tensão máxima com frequência de 60 Hz. A esta frequência é dado o nome de frequência de modulação e depende do tipo sistema que será controlado. Este método foi escolhido devido a sua grande imunidade a ruído, fácil controle da tensão de saída e redução do consumo total do sistema.

O microcontrolador irá gerar o sinal PWM. Porém, seu sinal de saída precisa ser condicionado pois os níveis de tensão do microcontrolador são de 0 a 3V e o servo motor será alimentado com uma tensão de 5V. Assim, o circuito apresentado na Figura 35 altera os níveis lógicos de tensão para 0 a 5V. Este circuito consiste em um amplificador

operacional em modo de comparação, tendo seu valor de saída sempre saturados. O servo motor será posicionado no quadro da bicicleta de forma a tracionar o cabo de aço do freio que passa pelo varão, tal como na Figura 36.

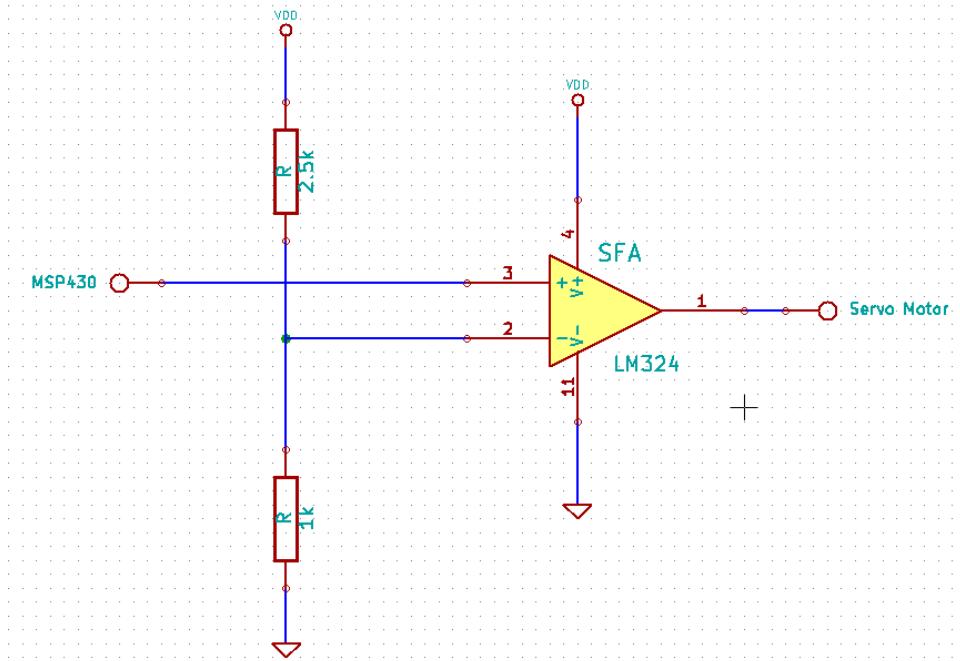


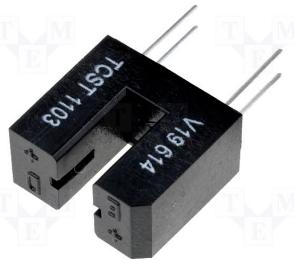
Figura 35 – Circuito utilizado para condicionar o sinal de PWM do microcontrolador para o servo motor.



Figura 36 – Detalhe do servo motor instalado no quadro da bicicleta.



(a) LED e Fototransistor montados
em um único encapsulamento



(b) Fototransistor separado do LED

Figura 37 – Conjuntos de LED emissor e o fototransistor

14.4.4 Sensor Infravermelho

Sensores Infravermelhos são detectores que possuem uma fotocélula capaz de reagir à emissão de luz infravermelha. São muito utilizados em controles remotos, teclados, mouses sem fio, bem como, no isolamento de circuitos elétricos e sensores de posição. Todos os aparelhos de TV e DVD *player* possuem estes sensores para comandar alguma ação nestes aparelhos. O sinal é enviado por um LED (*Light Emissor Diode*) emissor de luz infravermelha, é captado por um fototransistor e, por fim, os dados são processados. A aplicação destes sensores, juntos, é chamada de par ótico. Estes pares óticos podem ser fabricados em diversos formatos, geralmente personalizados para aplicações específicas. É possível encontrar o LED emissor e o fototransistor montados em um único encapsulamento para sensores de posição, com um sulco entre eles (Figura 37a), ou de forma separada funcionando como chaves ópticas (Figura 37b), por exemplo.

15 Automotiva

15.1 Estrutura (Especificação do Material)

Como já explicitado anteriormente, de acordo com as necessidades de projeto, o perfil escolhido foi o do tipo em T de 1", em aço 1010. Tal perfil possui as características geométricas necessárias, além de ser barato e possuir baixa densidade, tornando assim a estrutura mais leve. Segue as especificações geométricas do perfil usado:

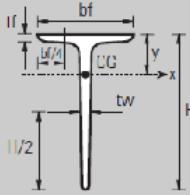


Tabela E.5 — Perfil T Propriedades para dimensionamento												
H		P	A	b _f	t _f	t _w	Eixo X-X			Eixo Y-Y		
							I	W	r	I	W	r
pol	mm	kg/m	cm ²	mm	mm	mm	cm ⁴	cm ³	cm	cm ⁴	cm ³	cm
5/8"	15,88	0,71	0,90	15,88	3,18	3,18	0,2	0,19	0,47	0,11	0,14	0,35
3/4"	19,05	0,89	1,13	19,05	3,18	3,18	0,36	0,27	0,57	0,19	0,20	0,41
7/8"	22,23	1,05	1,34	22,23	3,18	3,18	0,59	0,38	0,67	0,30	0,27	0,48
1"	25,40	1,21	1,54	25,40	3,18	3,18	0,90	0,50	0,77	0,44	0,35	0,54
1 1/4"	31,75	1,51	1,92	31,75	3,18	3,18	1,84	0,81	0,98	0,86	0,54	0,67
		2,20	2,80	31,75	4,76	4,76	2,56	1,16	0,96	1,29	0,82	0,68
		1,82	2,32	38,10	3,18	3,18	3,24	1,18	1,18	1,47	0,77	0,80
1 1/2"	38,10	2,67	3,40	38,10	4,76	4,76	4,56	1,70	1,16	2,22	1,17	0,81
		3,49	4,44	38,10	6,35	6,35	5,77	2,20	1,14	2,99	1,57	0,82
2"	50,80	3,62	4,61	50,80	4,76	4,76	11,33	3,12	1,57	5,24	2,06	1,07
		4,75	6,05	50,80	6,35	6,35	14,47	4,04	1,55	7,03	2,77	1,08
												1,50

Figura 38 – Especificações do perfil em T

A resistência à flexão e da rigidez de flexão têm de ser calculado sobre um dos eixos, aquele que resultar no menor valor. Rigidez de flexão é proporcional ao produto EI e a resistência à flexão é dada pelo valor de $\frac{S_y}{C}$ (para o aço 1010 os valores são: $S_y = 370MPA$, $E = 200...$)

E Módulo de elasticidade;

I Momento de inércia da secção transversal sobre o eixo com o menor valor

S_y Resistência ao escoamento do material em unidades de força por unidade de área;

c Distância a partir do eixo neutro da fibra externa

15.1.1 Teoria das Falhas

A seguir, será explicitada a teoria das falhas. Pois a mesma será fundamental para a determinação de critérios que tem por objetivo, a previsão de falha em um determinado material sob tensão. Na seqüência serão apresentados os critérios mais clássicos para materiais dúcteis.

15.1.1.1 Teoria da Tensão Máxima de Cisalhamento para Materiais Dúcteis

Essa teoria se aplica somente a materiais dúctil, também conhecida como Teoria de Tresca ou de Guest. “Prevê que o escoamento começa sempre que a tensão máxima de cisalhamento em qualquer elemento iguala-se ou excede à tensão máxima de cisalhamento em uma espécime de ensaio de tração do mesmo material quando aquele espécime começa a escoar”. (SHIGLEY; MISCHKE, 2005)

Fortes teorias são criadas, baseando-se em testes de tração, onde as linhas de escoamento devem formar um ângulo de 45 graus com o eixo central do corpo de prova, como mostrado na figura X a seguir. Essas linhas concebem o início do escoamento, onde as linhas de fratura também são observadas a um ângulo de 45 graus.



Figura 39 – Linhas de Lüder em uma tira de aço doce no seu escoamento (BEER FP E JOHNSTON, 1995)

Para tensão de tração $\sigma = \frac{P}{A}$ onde a tensão máxima de cisalhamento é $\tau_{max} = \frac{\sigma}{2}$. Assumindo que S_y é a resistência ao escoamento, no momento de escoamento, $\tau_{max} = \frac{S_y}{2}$. Para um estado duplo de tensões, sabe-se que a máxima tensão de corte é:

$$\tau_{max} = \frac{\sigma_1 - \sigma_2}{2} \leq \frac{S_y}{2} \quad (15.1)$$

Onde: $\sigma_1 \geq \sigma_2 \geq \sigma_3$

Nesta teoria pode-se notar que a resistência ao escoamento em cisalhamento seja metade do limite de escoamento à tração:

$$S_{sy} = 0.5 \times S_y \quad (15.2)$$

Onde é necessário ainda, incorporar aos cálculos um fator de segurança n.

$$\tau_{max} \geq \frac{S_y}{2n} \quad (15.3)$$

A figura 40 a seguir, mostra o gráfico para a teoria da tensão máxima de cisalhamento em problemas biaxiais, onde uma das tensões principais é nula.

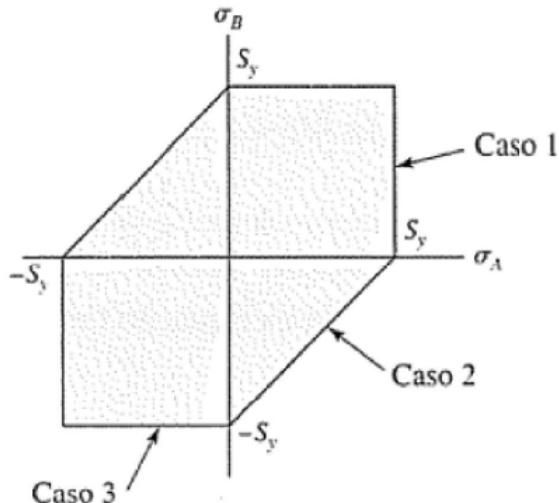


Figura 40 – Teoria da tensão de cisalhamento máxima (MSS) para estado plano de tensão, sendo σ_A e σ_B as duas tensões principais não-nulas (BEER FP E JOHNS-
TON,1995)

15.1.1.2 Teoria da Energia de Distorção para Materiais Dúcteis

Essa teoria é uma pouco mais difícil de ser empregada do que a teoria de tensão de cisalhamento máxima.

Também conhecido por teoria da energia de cisalhamento e teoria de von-Mises-Hencky, originou-se quando foi observado que materiais dúcteis tensionados hidrostáticamente (tração ou compressão iguais) possuíam limite de escoamento muito maiores do que os valores dados pelo ensaio de tração simples. Huber-von Mises-Hencky postularam que o escoamento não era um simples fenômeno de tração ou compressão, mas do que isso, era relacionado de algum modo a distorção angular do elemento tensionador. A energia de distorção é obtida subtraindo da energia total de deformação a energia usada para provo-

car uma variação de volume. Onde para tensão plana, σ_A e σ_B as duas tensões principais não-nulas. Obtém-se:

$$\sigma'_A = \left(\sigma_A^2 - \sigma_A \sigma_B + \sigma_B^2 \right)^{1/2} \quad (15.4)$$

A teoria de von-Mises prevê que a falha por escoamento ocorre sempre que:

$$\sigma' \geq S_y \quad (15.5)$$

A figura 41 mostra a elipse criada pela equação XY no plano σ_A , σ_B com $\sigma' = S_y$. As linhas tracejadas apresentam a teoria da tensão máxima de cisalhamento, onde nos mostra um maior conservadorismo quando comparada com a teoria da energia de distorção.

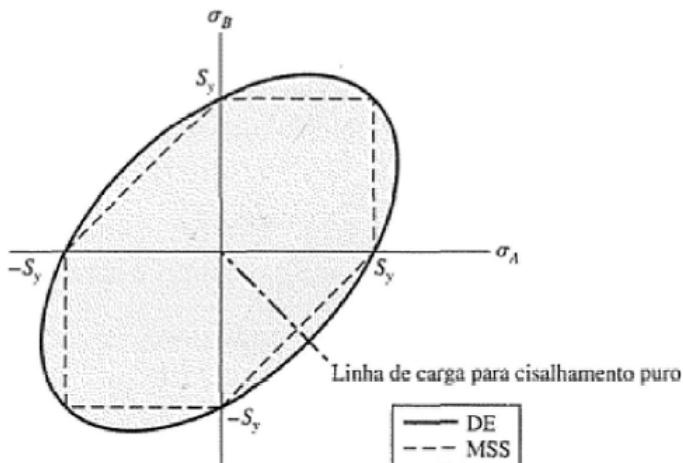


Figura 41 – Teoria da energia de distorção (DE) para estados planos de tensão. Gráfico obtido com a partir da equação XY com $\sigma' = S_y$ (BEER FP E JOHNSTON, 1995)

15.1.1.3 Resumo das Falhas de Materiais Dúcteis

Por conta do material usado na construção do suporte (tipo cavalete) para a bicicleta, ferro, que é dúctil, assim sendo será dado enfoque apenas a falhas em materiais dúcteis.

Joseph Marin (MARIN, 1952) foi um dos pioneiros no desenvolvimento de material relacionado à falha de elementos de engenharia. Alguns dos pontos abordados pelo autor que foram utilizados estão mostrados na figura 42 a seguir, onde alguns dos dados dispostos ao longo da linha inferior, onde se refere ao ferro fundido. A figura ainda mostra que tanto a teoria da tensão máxima de cisalhamento, quanto à energia de distorção são aceitáveis para projeto e análise de materiais que falham de forma dúctil.

A decisão quanto abordar um das duas teorias será explicitada mais adiante. A teoria da tensão máxima de cisalhamento é mais fácil, rápida de aplicar sendo mais conservadora. Caso se faz necessário descobrir por qual motivo alguma peça tenha falhado, então a teoria da energia de distorção é a mais aconselhada, devido às melhores aproximações com os dados coletados, mostrados no gráfico a seguir.

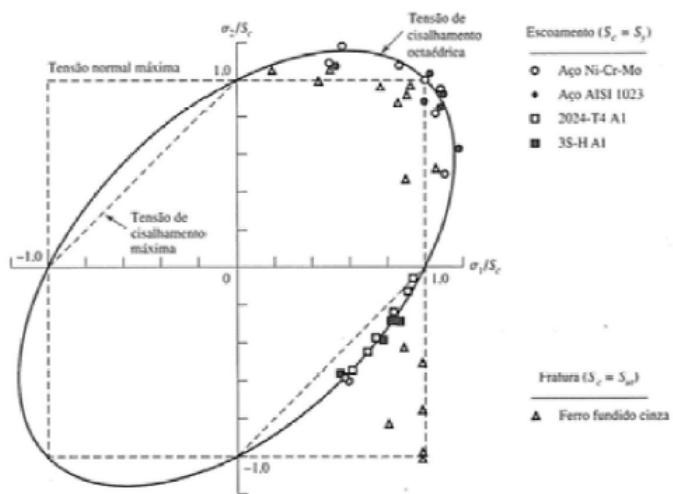


Figura 42 – Dados experimentais sobrepostos a teorias de falha (NORTON, 2000).

15.1.1.4 Introdução à Fadiga em Metais

A maioria dos ensaios, a carga é aplicada gradualmente para que possa haver um tempo do desenvolvimento pleno da deformação. Os corpos de prova são ensaiados até sua plena destruição, sendo as tensões aplicadas somente uma vez. Esse tipo de ensaio é conhecido como condições estáticas as quais são bastante aplicáveis e se aproximam das condições em que máquinas, estruturas estão sujeitas. Normalmente surge outro tipo de carregamento, o qual passa de ser do gênero estático e viram tensões flutuantes ou variantes entre níveis. Um bom exemplo vem de eixos que sofrem rotação, os quais sofrem cargas de flexão, onde passam por etapas de compressão e tração ao longo de suas revoluções. Esses tipos de carregamentos produzem tensões chamadas de flutuantes, alternantes, repetidas ou variáveis.

Vários componentes falham devido a tensões repetidas, porém esse tipo de falha revela que as tensões reais estavam muito abaixo da resistência última do material até mesmo da resistência de escoamento. Daí vem à denominação de falha por fadiga. Fadiga é o processo progressivo e localizado de falha material, sob carregamento cíclico. Cerca de 80% a 90% das falhas que ocorrem em componentes e/ou estruturas são causadas por fadiga. Afeta, portanto, qualquer componente que se move e/ou que esteja sob solicitação cíclica, tais como automóveis nas estradas, aviões (principalmente as asas e a junção dessas

com a fuselagem) em pleno vôo, pontos sob veículos, navios em alto mar, sob impacto das ondas (SANDOR, 1972)

Muitas falhas estáticas dão avisos visíveis antecipadamente, porém o mesmo não ocorre com a falha por fadiga, ela é súbita e sem aviso prévio, portanto perigosa. É um assunto mais complexo, onde projetar prevendo uma falha por fadiga é mais complexo e exige muito dos conhecimentos de um engenheiro. A aparência por falha por fadiga é muito semelhante a uma fratura frágil, apresentando superfícies de fratura planas e perpendiculares ao eixo da tensão.

De acordo com a teoria abordada por Norton (Norton, 2000), a falha por fadiga sempre inicia com uma fissura. A fissura pode estar presente no material devido ao processo de fabricação ou pode se desenvolver ao longo do tempo devido a uma deformação cíclica ao redor de regiões sujeitas a concentrações de tensões. As fissuras devido a fadiga geralmente iniciam em algum ponto onde há entalhes ou zonas de concentração de tensões. Conforme Norton (NORTON, 2000), há três estágios para a falha por fadiga:

1. Início da trinca
2. Propagação da trinca
3. Fratura repentina

Falha por fadiga se deve à formação de trinca e sua propagação. Essa trinca se iniciam, normalmente devida a uma descontinuidade no material. Vários fatores podem acelerar o início de trincas, onde, temperaturas elevadas, corrosão, ciclos de alta freqüência, ciclos de temperatura são fatores que afetam significativamente. A Figura 43 mostra a superfície de uma falha por fadiga de um parafuso sob carregamento cíclico.

15.1.1.5 Abordagem da Falha por Fadiga em Análise e Projeto

Toda e qualquer falha por fadiga, se inicia com uma pequena trinca, podendo estar presente desde sua manufatura até desenvolver ao longo do tempo. Sabendo que todo material possui descontinuidades, são três os estágios na falha por fadiga: início da trinca, propagação da trinca e fratura repentina.

- Início da trinca: Não são trincas normalmente visíveis a olho nu. Tal início ocorre, porque os metais não são materiais homogêneos e isotrópicos os quais sofrem deformação plástica cíclica seguida de propagação cristalográfica estendendo-se por dois a cinco grãos, relativamente à origem.
- Propagação da trinca: Esse estágio se deve a tensões de tração, onde a trinca se propaga ao longo de planos normais aos de tensão máxima de tração. Tensões cíclicas

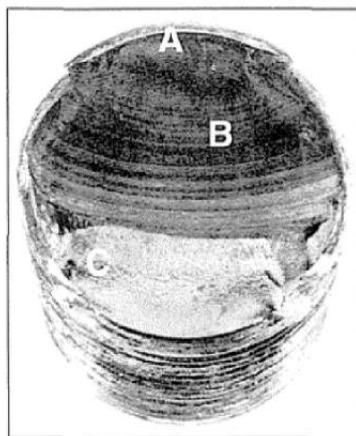


Figura 43 – Falha por fadiga de um parafuso, em decorrência de flexão unidirecional repetida. A falha começou na raiz da rosca em A, propagou-se através da maior parte da secção transversal mostrada, como evidenciado pelas marcas de praia em B, antes da falha final em C.

que são sempre de compressão não irão contribuir para o crescimento da trinca, onde sua tendência é fechá-la. Superfícies de fratura com platôs paralelos, separadas por sulcos também paralelos são formados, conhecidas como marcas

- Fratura: A trinca continuará a crescer enquanto houver tensões de tração cíclica ou fatores de corrosão estiverem presentes. Em certo ponto, a trinca terá tamanho suficiente para que haja uma falha repentina, onde o fator de intensidade de tensão K e o nível da tenacidade à fratura do material K_c tiverem aumento significativo.

Geralmente a ciência não apresenta respostas completas que se fazem necessárias para solução do problema. Mas mesmo com esse impasse, onde a ciência não explica completamente o mecanismo de fadiga, o engenheiro deve continuar a projetar, peças ou estruturas que não irão falhar.

15.1.1.6 Método da Vida sob Fadiga

Existem três métodos de falhar por fadiga usados atualmente em projetos, são eles: método da vida sob tensão ($S-N$), método da vida sob deformação ($\epsilon-N$) e o método da mecânica da fratura linear elástica (MFLE), cada um possuindo uma área de aplicação e um propósito. Neste trabalho não será abordado o MFLE, devido a esse método necessitar que uma trinca já esteja presente e tenha sido detectada, sendo empregado para prever o crescimento dessa trinca.

15.1.1.7 Método da Vida sob Tensão

Várias técnicas foram elaboradas com propósito de medir e verificar respostas dos materiais submetidos a tensões deformações variantes no tempo. A mais antiga foi

desenvolvida por Wohler que consistido por uma viga em balanço rotativa. R. R. Moore adaptou a técnica para eixos bi apoiados, essa máquinas realiza ensaios de flexão pura (sem cisalhamento transversal) por meio de pesos e é mais freqüentemente utilizada nas aplicações que envolvem fadiga de alto ciclo, nas quais espera-se que o conjunto mecânico opere por mais de 10^3 ciclos de tensão aproximadamente.

Diversos corpos de prova devem ser ensaiados para que possa estabelecer a resistência à fadiga de um material devido a sua natureza estática da fadiga. A carga aplicada é decrescente, sendo o primeiro ensaio realizado com uma tensão um pouco inferior à resistência última do material. O segundo é feito com uma tensão menor que a anterior e assim sucessivamente onde é traçado um diagrama S-N na figura 44. A ordenada do diagrama S-N é denominada resistência à fadiga S_f e a abscissa é referente ao número de ciclos N correspondente a essa resistência.

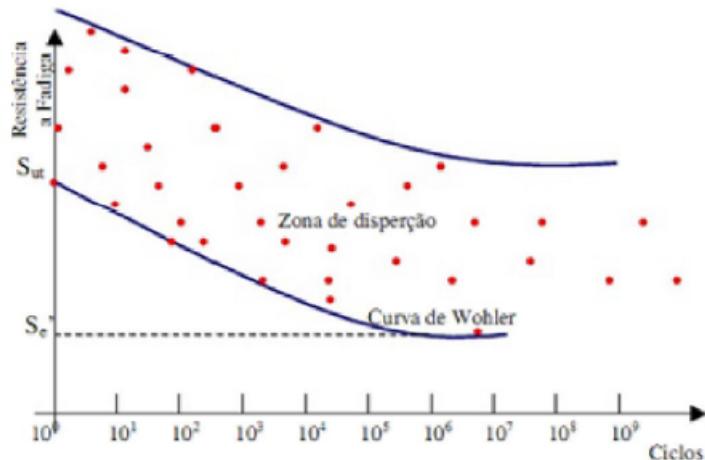


Figura 44 – Curva de Wohler.

Ao elevar os valores obtidos na curva de Wohler para um gráfico com coordenadas logarítmicas como na figura 45, percebe-se que o número de ciclos necessários para provocar a ruptura aumenta rapidamente com o decréscimo da carga aplicada. Esse gráfico determina que para certa carga a vida da peça é infinita, independente do número de ciclos. Essa inflexão (“joelho”) define o limite de fadiga S_e , para o material ensaiado.

Esse método é o menos preciso para aplicações de baixa ciclagem. Porém é o método mais tradicional, apresentando muitos dados publicados. É o de mais fácil implementação para muitas aplicações de projeto e apresenta adequadamente aplicações de alta ciclagem.

15.1.1.8 Método da Vida sob Deformação

Esse método é aplicado com maior freqüência em regimes de fadiga de baixo ciclo e em problemas de vida finita, nos quais as tensões cíclicas são elevadas o suficiente para

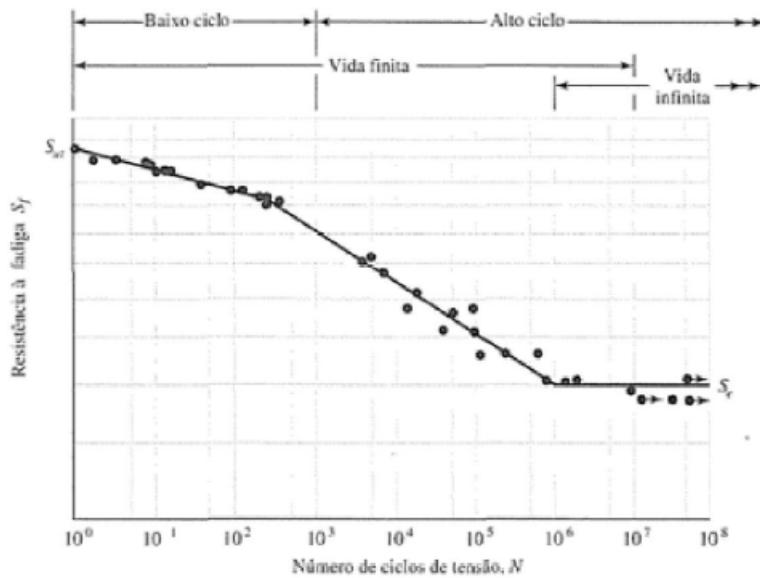


Figura 45 – Um diagrama S-N traçado a partir dos resultados de testes de fadiga axial completamente inversa. Material: aço UNSG 41300.

causarem escoamento local. É o melhor método já apresentado para explicar a natureza da falha por fadiga (Shigley).

Geralmente uma falha por fadiga tem como início uma descontinuidade local, tal como um entalhe, uma trinca ou outra área de concentração de tensão (Shigley). Devido ao fato de a iniciação de uma trinca envolver escoamento, modelos que usam aproximações que se baseiam na tensão são incapazes de fazer uma modelagem adequada para esse estágio de fadiga. Se uma fratura por fadiga está para ocorrer, deve haver deformações plásticas (Shigley).

Os limites elásticos do ferro e do aço podem ser mudados – para mais ou para menos – por variações cíclicas de tensão. Em geral, os limites elásticos de aço recocido devem provavelmente aumentar quando sujeitos a ciclos de inversão de tensão, ao passo que aços repuxados a frio exibem um limite elástico decrescente (Shigley).

A figura 46, foi construída com o fim de mostrar a aparência geral de gráficos de tensão-deformação cíclica para uma grande quantidade de aços de resistência muito alta para os primeiros poucos ciclos de deformação cíclica controlada.

15.1.1.9 Limite de resistência

Ensaios de fadiga são muitos usados para a determinação dos limites de resistência porém é um processo bastante longo, onde ensaios de tensão são preferidos quando comparados aos de deformação. A figura 47, mostra uma relação entre dois conjuntos de dados retirados de ensaios com vigas rotativas e ensaios de tração simples. Isso é feito pois para uma análise preliminar, um método rápido de estimativa dos limites de resistência

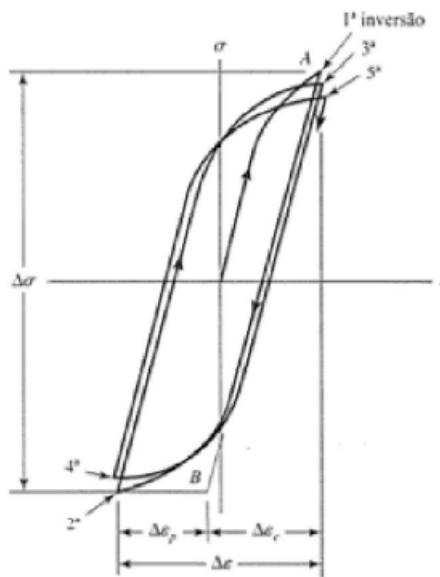


Figura 46 – Os ciclos de histerese da tensão verdadeira-deformação, mostrando as primeiras cinco versões de tensão de um material com amolecimento cíclico.

é necessário. O gráfico parece sugerir que o limite de resistência Vaira entre cerca de 40% a 60% da resistência à tração para aços de até 212 kpis (1460 Mpa) aproximadamente (Shigley).

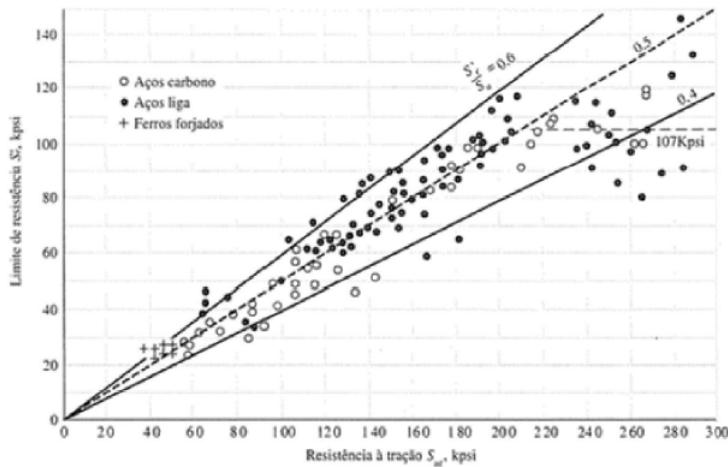


Figura 47 – Gráfico dos limites de resistência versus resistência à tração procedente de resultados de ensaios verdadeiros para uma grande quantidade de ferros forjados e de aços.

Estimativas obtidas de dados de uma série de fontes podem apresentar uma grande variação em seus resultados, podendo desviar significativamente dos resultados reais obtidos em laboratório. Sendo a área de incerteza grande, uma compensação maior que aquelas utilizadas em projeto estático devem ser empregadas.

15.1.2 Simulação Numérica

Uma vez construída a base em treliça, fez-se necessário a aplicações de esforços os quais a mesma será solicita, assim que o usuário se sentar na bicicleta. Porém, para início de dados gerados, foi feita uma análise sobre as distribuições de esforços sobre a bicicleta, uma vez que mesma estiva apoiada, apenas através do 'garfo' que serve para ligar o quadro, a roda, como pode ser visto na figura 48:



Figura 48 – Pontos de esforços.

Onde, na sete em vermelho foi aplicada a carga gerada pelo ciclista, um valor igual a no máximo 1.000N. Os pontos 1, 5 e 6 foram usados para fixar a bicicleta, e analisar as reações nos mesmos, pois, o suporte será fixo nos pontos 1, 5 6.

Utilizando-se o software *ansys*, foi feita uma simulação, adotando as características da uma bicicleta que será utilizada pelo usuário, do tipo aro 26, feita em alumínio, com um perfil circular vazado de diâmetro externo igual a 25mm com 2mm de espessura.

```

PRRSOL Command
File
PRINT REACTION SOLUTIONS PER NODE
***** POST1 TOTAL REACTION SOLUTION LISTING *****
LOAD STEP= 1 SUBSTEP= .1
TIME= 1.0000 LOAD CASE= 0
THE FOLLOWING X,Y,Z SOLUTIONS ARE IN THE GLOBAL COORDINATE SYSTEM
NODE   FX      FY      FZ      MX      MY      MZ
      1 -0.11937E-09 393.94    0.0000
      80   303.03   0.10547
      97   303.03  -0.10547
TOTAL VALUES
VALUE -0.11937E-09 1000.0   0.14211E-13 0.0000    0.0000

```

Figura 49 – Simulação

Onde, em 1 temos uma carga igual a 393,94N e em 5 e 6, uma carga igual a 303,03N. Usando estes valores encontrados no Ansys, através da simulação em 3D da bicicleta, foi feita uma simulação usando o CATIA VR19,no suporte já desenhado, para

verificar se o suporte projetado, consegue suportar as solicitações impostas. Como temos na figura 50 e 51.

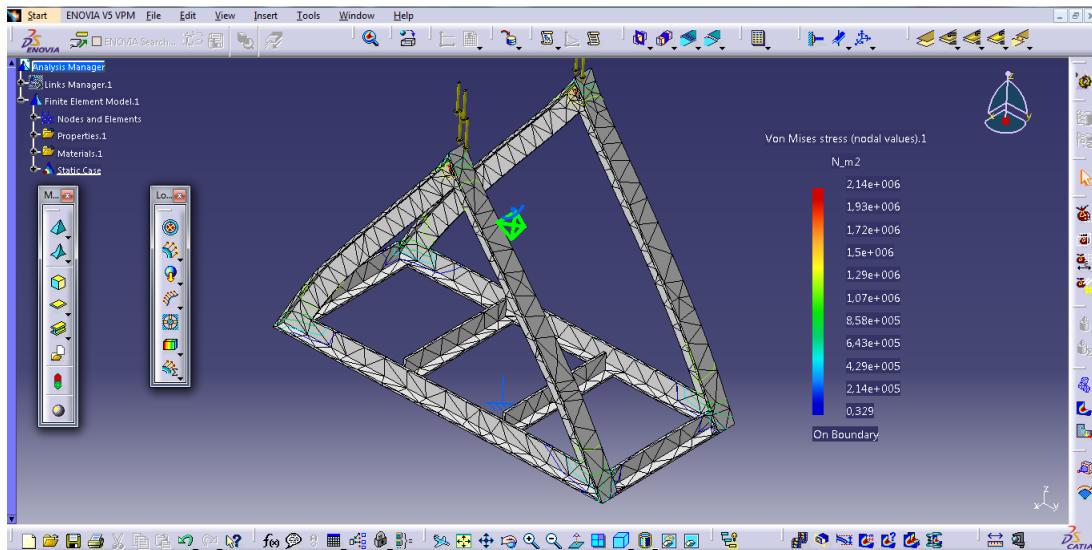


Figura 50 – O resultado para a análise de Von Misses

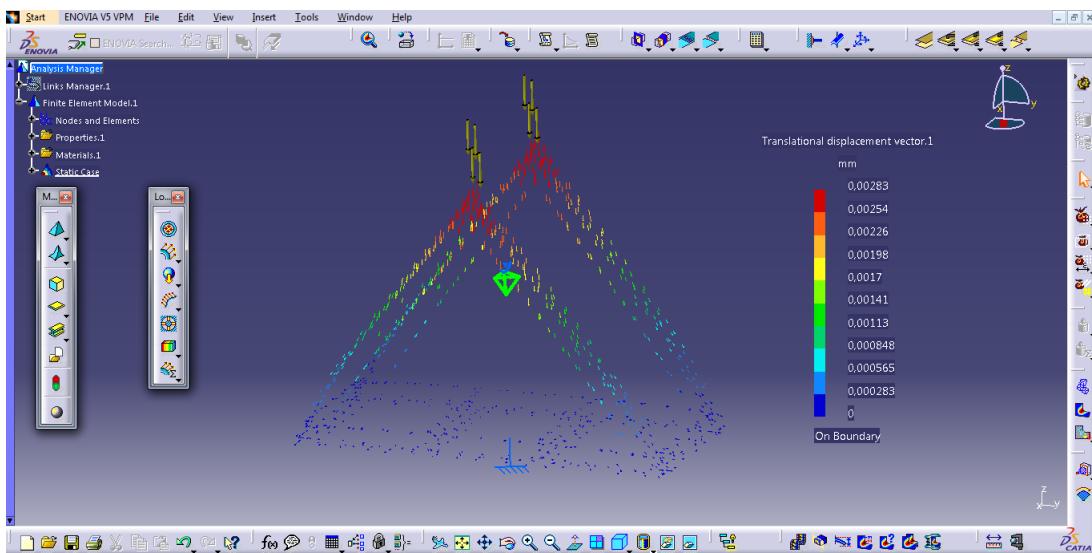


Figura 51 – O resultado para a análise de deslocamento.

16 Energia

16.1 Projeto Elétrico Start X

Com o intuito de utilizar a energia elétrica convertida a partir da energia mecânica oriunda da pedalada do usuário, torna-se imperioso o dimensionamento de um circuito elétrico de armazenamento e distribuição da referida energia elétrica visando ao uso desta para alimentar as cargas de nosso projeto. Assim, a presente seção abordará o projeto elétrico do projeto em tela.

16.1.1 Levantamento das Cargas

A primeira etapa para o dimensionamento de um projeto elétrico consiste no levantamento das cargas que serão alimentadas pelo circuito de distribuição de energia elétrica a ser projetado. Nesse sentido, as cargas do presente projeto serão aquelas informadas na Tabela 4.

CARGA	QUANTIDADE
Carregador de Celular	1
Sensores	7

Tabela 4 – Levantamento das cargas do Projeto Elétrico Start X.

Continuando, em posse dessas cargas, a próxima etapa consiste em estimar a potência elétrica requerida pelas mesmas. Esse cálculo pode ser realizado conforme Equação 16.1

$$\mathcal{P} = v \times i \times fp \quad (16.1)$$

Onde:

P potência da carga em watt

V tensão elétrica em volt

I corrente elétrica em ampère

fp fator de potência (adimensional)

Ocorre que o carregador de celular listado na Tabela 1 não será produzido por nós, dificultando assim o cálculo exato de sua potência através da Equação 1, devido à

existência de diversos modelos fabricados atualmente. Desse modo, usar-se-á modelo já fabricado para essa carga. Conforme relatado a respeito da existência de diversos modelos de carregadores fabricados atualmente, para o levantamento da potência dessa carga, usar-se-á dado de potência utilizado a partir de consulta junto ao sítio eletrônico da Eletrobrás – Distribuição Piauí, cujo valor é utilizado pela referida Distribuidora para fazer a simulação de consumo mensal de residências. Nesse ponto, apresenta-se o valor da supracitada potência (Figura 52).

Simulador de Consumo						
Equipamento	Quantidade	Potência	Dias de Uso	Tempo de Uso	Total	
Ar Condicionado	0	1400	W Dias/mês	30 Hr. 0 Min. 0		
Aspirador de Pó	0	600	W Dias/mês	30 Hr. 0 Min. 0		
Batedeira	0	180	W Dias/mês	30 Hr. 0 Min. 0		
Cafeteira	0	1000	W Dias/mês	30 Hr. 0 Min. 0		
Carregador de Celular	0	15	W Dias/mês	30 Hr. 0 Min. 0		
Chuveiro	0	4400	W Dias/mês	30 Hr. 0 Min. 0		
Computador	0	200	W Dias/mês	30 Hr. 0 Min. 0		
Cortador de Grama	0	600	W Dias/mês	30 Hr. 0 Min. 0		
Depilador	0	150	W Dias/mês	30 Hr. 0 Min. 0		

Figura 52 – Dado utilizado para o levantamento de potência do carregador de celular a ser utilizado no Projeto Elétrico Start X. Fonte: <<http://www.eletrobraspiau.com/simulador.php>>

Já em relação à potência requerida pelos supracitados sensores, informa-se que foi realizada estimativa junto aos integrantes da Engenharia Eletrônica presentes no presente projeto, no tocante às grandezas elétricas dos referidos sensores, isto é, corrente e tensão elétrica de trabalho; ainda, assumiu-se que o fator de potência dos mesmos é igual a 1, ou seja, tratou-os como cargas resistivas. Assim, os resultados estimados para essas cargas encontram-se dispostos na Tabela 5.

GRANDEZA ELÉTRICA	VALOR
Corrente	500mA
Tensão	5V
Fator de Potência	1

Tabela 5 – Grandezas elétricas dos sensores do Projeto Elétrico Start X.

Assim, em posse das informações da Tabela acima, e utilizando-se a Equação 1, conseguiu-se o valor quantitativo da potência elétrica requerida pelos sensores em comento. Esse valor, bem como o valor estimado para a potência requerida pelo carregador de celular são indicados na Tabela 6.

Portanto, o projeto elétrico aqui proposto deverá alimentar cargas que requerem 32,5 watts de potência.

CARGA	POTÊNCIA
Carregador de Celular	15W
Sensores	$2,5\text{W} * 7 = 17,5\text{W}$
TOTAL	32,5W

Tabela 6 – Estimativa da potência requerida pelas cargas do Projeto Elétrico Start X.

16.1.2 Fonte Geradora

Para que ocorra a conversão eletromecânica de energia no presente projeto, um dos requisitos necessários é a presença de uma fonte geradora de energia elétrica. Nesse passo, após cuidadoso levantamento da potência requerida pelas cargas existentes em nosso projeto, cuidou-se em conseguir a fonte geradora que pudesse atender à exigência de potência solicitada.

Ainda, além de cumprir com a exigência de potência acima mencionada, buscou-se uma fonte que pudesse realizar a integração entre as Engenharias Automotiva e de Energia, a fim de que os integrantes destes cursos pudessem explorar conhecimentos pertinentes ao funcionamento e utilidade da referida fonte. Pois bem, como resultado, escolheu-se como fonte do presente projeto uma máquina elétrica síncrona exercendo função geradora. Ainda, sendo mais específico, foi escolhido um alternador automotivo (Figura 53).



Figura 53 – Fonte Geradora de Energia Elétrica do Projeto Elétrico Start X: alternador automotivo.

A fim de confirmar o atendimento da potência requerida pelas cargas, apresenta-se a seguir, na Tabela 7, os valores quantitativos nominais referentes às grandezas elétricas do supracitado alternador.

¹ Não foi possível estimar o fator de potência do alternador, por isso, em uma aproximação grosseira, considerou-o igual a 1.

PROPRIEDADE	VALOR
Corrente	35 A
Tensão	14V
Fator de Potência ¹	1
Potência	490W

Tabela 7 – Grandezas nominais do alternador presente no Projeto Elétrico Start X.

Analizando-se a Tabela anterior, verifica-se que a potência nominal da fonte escolhida está acima da potência necessária à alimentação das cargas e, por consequência, resta atendido essa necessidade. Ainda em sede justificativa da escolha da fonte geradora, especificamente no tocante à integração das engenharias acima citadas, o uso do alternador automotivo no presente projeto permite que ocorra a almejada integração, pois a partir de seu uso no circuito aqui discutido, podem ser explorados conhecimentos relacionados às máquinas síncronas (Engenharia de Energia) e também conhecimentos inerentes a elementos automotivos (Engenharia Automotiva), por exemplo. Pois bem, uma vez escolhido e justificado os motivos que ocasionaram na determinação da fonte geradora escolhida, passa-se a seguir a abordar a respeito da mesma.

16.1.2.1 Alternador: Princípio de Funcionamento

O uso de geradores síncronos é bastante comum em centrais elétricas de grande porte, independente do seu tipo. A propósito, grande parcela da energia elétrica disponível mundialmente, e transmitida/distribuída na rede elétrica é gerada por esses geradores, os quais realizam a conversão da energia mecânica em energia elétrica.

Ainda, além do uso das centrais geradoras de energia elétrica de grande porte, os geradores síncronos são usados na geração de energia de pequeno porte e também em centrais autônomas, isto é, centrais não conectadas à rede elétrica convencional, como é o caso do presente projeto.

O alternador aqui adotado encontra-se incluído no rol das máquinas síncronas com função geradora. Por oportuno, apresenta-se o conceito do que seja uma máquina síncrona: (FITZGERARD, 2008): “Uma máquina síncrona é uma máquina elétrica cuja rotação é proporcional à frequência da rede à qual está conectada”. Ainda, o nome síncrono se deve ao fato de esta máquina operar com uma velocidade de rotação constante sincronizada com a frequência da tensão elétrica alternada aplicada aos terminais da mesma, ou seja, devido ao movimento igual de rotação entre o campo girante e o rotor (sincronismo entre campo do estator e rotor).

O princípio de funcionamento dos geradores síncronos, dentre eles o alternador, baseia-se na indução eletromagnética, ou seja, a corrente elétrica flui através do rotor criando um campo magnético que induz a movimentação dos elétrons nas bobinas do

estator, resultando em uma corrente alternada.

No caso do alternador, no automóvel, ele é acionado pelo motor do veículo no momento da ignição, através de uma correia sincronizadora, sendo o responsável pela produção de energia elétrica que irá alimentar os consumidores elétricos do automóvel. Ao contrário do que muitas pessoas imaginam, é o alternador, e não a bateria, quem alimenta todos os consumidores elétricos durante o funcionamento do veículo. Consequentemente é ele também, o responsável por recarregar a bateria.

Ocorre que os automóveis operam com corrente contínua e, por isso, há a necessidade de transformar a corrente alternada gerada pelo alternador em contínua. Assim, nos alternadores automotivos existe a adição de dois componentes fundamentais: a placa retificadora (retificador), que transforma a corrente alternada em contínua, e o regulador de tensão, responsável pelo controle da tensão produzida. Desse modo, constata-se que, enquanto a tensão disponibilizada pelo gerador síncrono clássico utilizado em centrais geradoras é alternada, no alternador automotivo, não obstante a tensão gerada seja alternada, devido ocorrer a retificação e regulação dessa tensão para aproximadamente 12 volts, sendo após isso direcionada à bateria, a tensão de saída do mesmo é contínua. Dada essa peculiaridade constitucional, as demais partes constituintes do alternador são as mesmas do gerador síncrono clássico. Por isso, vejamos.

16.1.2.2 Partes Constituintes

O alternador é composto de acordo com as partes demonstradas na Figura 54.

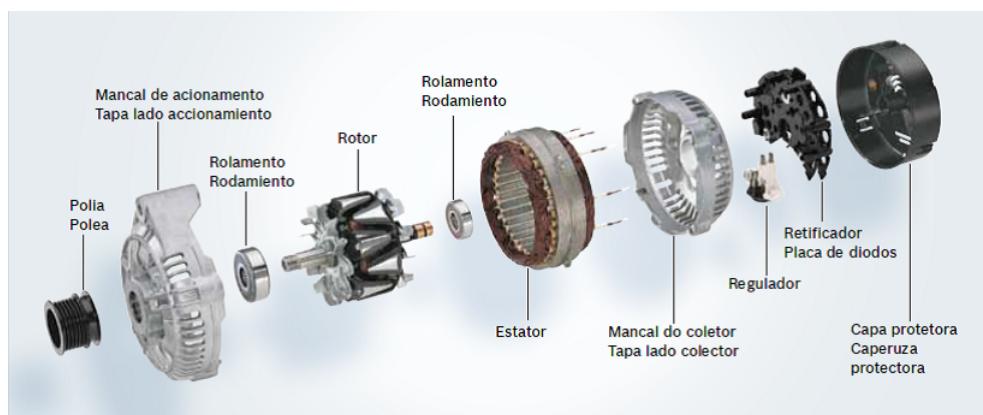


Figura 54 – Partes que compõem um alternador. Fonte: Bosch, 2014.

Não obstante todos os componentes demonstrados na Figura 3 sejam importantes, para o caso do projeto elétrico aqui discutido, serão abordados comentários a respeito apenas de alguns dos componentes presentes na Figura 3, os quais influenciaram significativamente o desempenho de nosso alternador. Vejamos.

Rotor O processo de geração da energia elétrica se inicia no rotor. O rotor aborda a parte

móvel no centro do alternador, sendo constituído por um eixo de aço envolto por um par de rodas polares, com uma bobina enrolada em seu interior, na qual a quantidade de fios de cobre da bobina varia de acordo com a capacidade e especificações de cada alternador. A Figura 55, é ilustrado o rotor do alternador utilizado no presente trabalho, representado pelo número 1.



Figura 55 – Rotor do alternador presente no Projeto Elétrico Start X.

A função principal do rotor consiste em formar um campo magnético que tem como resultado a produção de corrente elétrica, onde os seus polos são alimentados com corrente contínua e, a partir daí, geram o campo principal que induz tensão na armadura (estator).

Para que ocorra a indução do referido campo magnético, e por consequência o início da geração de energia elétrica, é necessário que haja uma corrente de excitação, a qual deve ser conduzida até o enrolamento de campo (rotor), a fim de ser criado o campo magnético já citado.

A corrente contínua de excitação requerida para a alimentação do enrolamento de excitação do nosso alternador será conduzida até o rotor por meio de escovas condutoras de energia elétrica.

A literatura informa que a potência contínua requerida para a excitação aproxima-se de 1% da nominal. Para o nosso projeto, a corrente necessária à excitação ora em comento será fornecida por uma bateria que atenda a capacidade de potência (excitação) requerida.

Estator O estator é formado por um conjunto de bobinas isoladas entre si e fixadas em um conjunto de lâminas de aço. Essas lâminas têm características magnéticas de alta permeabilidade, proporcionando um caminho com pequena relutância para o fluxo, o que diminui o fluxo disperso e concentra o campo no entreferro.

O uso de lâminas na construção do estator proporciona a diminuição das perdas provocadas por correntes parasitas em relação ao emprego de uma estrutura maciça. As mencionadas lâminas também são tratadas termicamente para diminuir o valor das perdas geradas por correntes induzidas.

A principal função do estator é a geração da corrente elétrica alternada. Entretanto, conforme já informado, para que ocorra a geração de energia elétrica, inicialmente, as

bobinas do estator requerem a produção de um campo magnético pelo rotor, sendo este campo magnético potencializado pelas garras polares do rotor. Uma ilustração representativa de um estator, com suas bobinas, é apresentada na Figura 56.



Figura 56 – Estator do alternador

Conjunto Retificador A tensão e a corrente produzida no alternador são alternadas (justificativa para o nome alternador), conforme já salientado neste relatório. Entretanto, essa tensão não serve para alimentar as cargas elétricas do nosso projeto, uma vez que a bateria de armazenamento/excitação do rotor do alternador requer corrente contínua. Por esse motivo, a tensão alternada gerada deverá ser retificada ou filtrada, com o objetivo de prosseguirmos com a fonte geradora adotada.

Seguindo essa linha de pensamento, há no gerador um dispositivo conhecido como conjunto retificador ou placa de diodos, cujo desempenho consiste em transformar a corrente e a tensão alternadas em contínuas.

Continuando, o supracitado conjunto retificador presente em nosso alternador são equipados com diodos Zenner, os quais protegem os dispositivos elétricos contra as cargas de retorno, sendo montados com o intuito de bloquear possíveis correntes reversas.

Regulador de Tensão Uma vez que a tensão alternada necessária à produção de corrente elétrica deve estar em conformidade com o sistema elétrico do alternador, a fim de não danificar todo o sistema, torna-se necessário a presença de um dispositivo que regule a tensão do mesmo. Esse dispositivo é o regulador. O regulador de tensão do alternador é um dispositivo de proteção do mesmo. É utilizado com o objetivo de proteger os equipamentos que usam a energia gerada pelo alternador, ou seja, as cargas conectadas a ele.

O modo de funcionamento deste dispositivo de proteção das cargas ocorre por meio do controle da tensão produzida, em qualquer regime de rotação do alternador, de modo a limitar a tensão para que não haja picos de corrente elétrica.

Neste raciocínio, a função principal do regulador de tensão do alternador consistirá em impedir que a bateria utilizada em nosso projeto sofra sobrecarga, pois os terminais de saída do alternador estarão ligados aos terminais da bateria.

16.1.3 Bateria

A presença de uma bateria em nosso circuito justifica-se por meio de três motivos:

1. Necessidade de armazenar a energia elétrica oriunda da conversão eletromecânica supracitada;
2. Necessidade de continuidade do fluxo de energia elétrica para atender as cargas quando o alternador não for capaz de fornecer a corrente elétrica necessária à alimentação do circuito em tela.
3. Necessidade inicial de uma fonte de excitação do enrolamento de campo do rotor do alternador.

Nesse sentido, para que isso ocorra, tem-se por necessário que a tensão disponibilizada no terminal do alternador aqui utilizado seja superior à tensão dos polos da bateria para que seja mantido o fluxo da corrente elétrica proveniente do alternador para a bateria. Caso contrário, a bateria não receberá a energia elétrica gerada no alternador. Nesse ponto, a fim de constatar se a bateria está sendo carregada, será alocado entre a mesma e o alternador um multímetro, posicionado na grandeza voltagem. Pois bem, voltando-se a atenção para o dimensionamento da bateria a ser utilizada em nosso projeto, informa-se que o primeiro passo consiste em escolher uma bateria que apresente tensão inferior à do alternador. Continuando, o próximo passo do dimensionamento da bateria requer que esta seja capaz de fornecer a corrente elétrica necessária à correta alimentação das cargas. Desse modo, com base na tensão terminal do alternador projetado e na corrente elétrica requisitada pelas cargas presentes no circuito elétrico em abordagem, dimensionou-se a bateria de nosso circuito (Figura 57).

Os dados nominais das grandezas elétricas pertinentes à bateria demonstrada na Figura acima foram listados na Tabela 8.

GRANDEZA ELÉTRICA	VALOR
Tensão	12V
Corrente hora	6Ah
Potência hora	72Wh

Tabela 8 – Dados nominais da bateria projetada.

Voltando-se a comentar a respeito da corrente de excitação do enrolamento de campo do rotor do alternador, foi dito acima que a literatura reporta a necessidade de 1%



Figura 57 – Imagem da bateria presente no Projeto Elétrico Start X

da potência nominal do alternador para que o mesmo seja excitado e comece o processo de geração de energia elétrica baseando-se no princípio da indução eletromagnética. Pois bem, analisando-se as propriedades da Tabela anterior, verifica-se que a bateria aqui projetada atende à necessidade de potência informada acima, visto que 1% da potência nominal do nosso alternador corresponde a 49 watts, sendo a potência da bateria igual a 72 watts hora, isto é, ela é capaz de fornecer durante 1 hora 72 watts mantendo sua tensão nominal.

16.1.4 Dimensionamento dos Condutores

O caminho percorrido pela energia elétrica ao longo de um circuito de distribuição deve ser projetado da maneira mais eficiente possível, desde a fonte geradora de corrente elétrica até as cargas terminais, uma vez que parcela daquela energia é dissipada sob a forma térmica devido à resistência elétrica que o fio condutor pelo qual a referida energia se movimenta exerce sobre o fluxo elétrico, restando, assim, prejudicada a eficiência final de distribuição da energia.

Nesse sentido, ao se projetar um circuito elétrico, deve-se procurar minimizar ao máximo possível as perdas de energia ao longo do mesmo e, agindo dessa maneira, por consequência, restaram observados aspectos ambientais e conservacionistas ligados ao desperdício de energia. Ademais, deve-se atentar que as perdas oriundas do calor gerado nos condutores de eletricidade reduzirão o nível da tensão disponível no circuito terminal.

Por isso, ao dimensionar os condutores pertinentes ao projeto elétrico ora em estudo, os aspectos acima mencionados foram levados em consideração, a fim de reduzir na prática as supracitadas perdas. Seguindo esse raciocínio, a escolha dos condutores utilizados neste projeto foi realizada conforme algumas das especificações dispostas pela Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) na Norma Brasileira número 5410, de

2004 (NBR 5410:2004), cujo teor aborda critérios para o dimensionamento de instalações elétricas de baixa tensão.

Desse modo, cuidou-se em dimensionar os referidos condutores de acordo com os critérios que visam auxiliar economia de energia, bem como economia de custos financeiros, a fim de atender às necessidades do nosso projeto.

Assim, conforme especificações técnicas daquela NBR, cuidou-se em identificar a seção do condutor que reduza o custo da energia desperdiçada, sem incorrer em custos iniciais excessivos de compra e instalação de um cabo, bem como dos dispositivos de proteção necessários, pautando-se pelos seguintes métodos:

- Capacidade de condução de corrente
- Queda de tensão
- Seção mínima

Ao final dos resultados, em princípio, cada um desses métodos poderá indicar uma seção diferente. Então, segundo a NBR, a seção a ser finalmente adotada consistirá na maior dentre todas as seções obtidas.

Desse modo, para que os métodos acima possam ser executados, inicialmente, torna-se necessário saber a corrente de projeto.

16.1.4.1 Cálculo da Corrente de Projeto Necessária

A corrente de projeto necessária ao atendimento das cargas a ser alimentadas pelo circuito de distribuição da energia elétrica gerada deve ser determinada conforme a Equação 16.2

$$I_{proj} = \frac{P_{ativa}}{V \times FP} \quad (16.2)$$

Onde:

I_{proj} corrente de projeto em ampère

P_{ativa} potência ativa total do circuito em watt

V tensão do circuito em volt

FP fator de potência total do circuito

Nesse sentido, com base nos dados levantados para a potência requerida pelas cargas (32,5 W), na tensão nominal do alternador (14 V), e levando-se em consideração

que as cargas são resistivas ($f_p = 1$), tem-se que a corrente de projeto necessária será igual a aproximadamente 2,32 ampères.

Entretanto, a corrente de projeto a ser adotada para o dimensionamento dos condutores do circuito elétrico será tida como 35 ampères, devido ao fato deste valor ser a capacidade máxima de corrente elétrica que a fonte geradora aqui adotada poderá atingir.

O fato de a corrente de projeto ter sido escolhida acima da necessidade real de nosso projeto é justificado, ainda, pelo motivo da possibilidade futura de expansão das cargas alimentadas pelo circuito ora projetado, ocorrendo assim a desnecessidade de re-dimensionamento do sistema elétrico caso novas cargas fossem inseridas no mesmo.

16.1.4.2 Capacidade de Condução de Corrente

O dimensionamento do projeto elétrico seguindo todos os critérios mencionados na NBR em comento tem sua relevância, embora seja compreensível que o critério da capacidade de condução de corrente apresente uma importância que parece ser superior às demais, surgindo como ponto de partida da escolha dos condutores apropriados.

Ainda, o critério aqui discutido, de fato, logo após as determinações das cargas existentes no circuito e do cálculo da corrente de projeto (I_{proj}), pode ser considerado a primeiro passo em relação ao dimensionamento dos componentes do circuito, tendo como resultado a determinação da capacidade de condução de corrente do circuito, e por consequência, determinando assim a seção do condutor que proporcionará nas condições práticas de execução a capacidade de condução de corrente suficiente para a circulação de I_{proj} sem riscos.

Desse modo, em posse do valor de I_{proj} , bem como das características de constituição dos condutores, recorreu-se às tabelas que orientam o dimensionamento através do critério em análise, apurando-se a seção do condutor que atenda às necessidades do nosso circuito, vejamos.

Para o caso concreto, segundo as disposições da NBR, quanto ao tipo de condutor empregado, ter-se-á condutor isolado (condutor metálico e isolação), sendo o material PVC (cloreto de polivinila). Isso é devido às características de trabalho listadas na Tabela 9, com informações extraídas da NBR.

Cumpre informar que o motivo da escolha dos condutores com tipo de isolação PVC foi feita devido esse condutor suportar adequadamente as condições de nosso projeto, além de ser de fácil aquisição.

No que tange ao método de instalação a ser utilizado, levou-se em consideração o fato de que este influencia a capacidade de troca térmica entre os condutores e o ambiente circundante, alterando a capacidade de condução de corrente dos condutores. Por isso, dentre os vários métodos disponíveis na NBR, procurou-se por um que se assemelhasse

Tipo de isolação	Temperatura máxima para serviço contínuo (condutor)	Temperatura limite de sobre-carga (condutor)	Temperatura limite de curto-circuito (condutor)
Cloreto de polivinila(PVC)	70	100	160
Borracha etileno-propileno(EPR)	90	130	250
Polietileno-reticulado(XLPE)	90	130	250

Tabela 9 – Tipos de Isolação dos Condutores e Características Operacionais

às condições de nosso projeto. Nesse sentido, optou-se pelo método de instalação B1, para condutor isolado. As demais descrições deste método são informadas na Figura 58. Convém informar que as informações expostas na referida Figura foram extraídas da supracitada NBR.

Nº	Ilustração	Descrição	Condutor Isolado	Cabo Unipolar	Cabo Multipolar
1,2		Condutores/cabos em eletrodo de seção circular embutido em parede termicamente isolante	A1	A1	A2
3,4		Condutores/cabos em eletrodo aparente de seção circular sobre parede ou espaçado menos de 0,3 vez o diâmetro do eletrodo	B1	B1	B2

Figura 58 – Alternativas para escolha do método de instalação dos condutores.

Continuando, a NBR diz que a Iproj adotada deve ser corrigida por fatores de correção apropriados, os quais são: a) fatores de correção para temperaturas ambientes diferentes; b) correção de resistividade do solo; e c) fator de correção de agrupamento. Uma vez que as condições de projeto do circuito em discussão não necessitam da utilização desses fatores, prosseguiu-se o dimensionamento com a Iproj anteriormente informada.

O próximo passo foi determinar o esquema dos condutores, conforme opções listadas na Figura 59, também retiradas da supracomentada NBR. Optou-se pelo esquema monofásico a dois condutores.

Após a definição dessas características/parâmetros, o próximo passo foi efetivar a escolha da seção dos condutores apropriados às condições de projeto. Assim, com base em dados disponibilizados pela Empresa Pirelli (Figura 60), os quais são relacionados a dimensionamento de condutores consoante prescrições estipuladas na NBR 5410:2004, chegou-se à conclusão da seção nominal dos condutores de nosso projeto, conforme o método de capacidade de condução de corrente.

Portanto, concluiu-se que a seção nominal dos condutores deverá ser igual à 6 mm².

Esquema de condutores vivos do circuito	Número de condutores carregados a ser adotado
Monofásico a dois condutores	2
Monofásico a três condutores	2
Duas fases sem neutro	2
Duas fases com neutro	3
Trifásico sem neutro	3
Trifásico com neutro	3 ou 4

NBR 5410:2004 - Tabela 46 pg. 112

Figura 59 – Determinação do esquema de condutores vivos do circuito.

Seções nominais (mm ²)	MÉTODOS DE INSTALAÇÃO DEFINIDOS NA TABELA 1											
	A1		A2		B1		B2		C		D	
	2 condutores carregados	3 condutores carregados	2 condutores carregados	3 condutores carregados	2 condutores carregados	3 condutores carregados	2 condutores carregados	3 condutores carregados	2 condutores carregados	3 condutores carregados	2 condutores carregados	3 condutores carregados
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)	(11)	(12)	(13)
0,5	7	7	7	7	9	8	9	8	10	9	12	10
0,75	9	9	9	9	11	10	11	10	13	11	15	12
1	11	10	11	10	14	12	13	12	15	14	18	15
1,5	14,5	13,5	14	13	17,5	15,5	16,5	15	19,5	17,5	22	18
2,5	19,5	18	18,5	17,5	24	21	23	20	27	24	29	24
4	26	24	25	23	32	28	30	27	36	32	38	31
6	34	31	32	29	41	36	38	34	46	41	47	39
10	46	42	43	39	57	50	52	46	63	57	63	52
16	61	56	57	52	76	68	69	62	85	76	81	67
25	80	73	75	68	101	89	90	80	112	96	104	86
35	99	89	92	83	125	110	111	99	138	119	125	103
50	119	108	110	99	151	134	133	118	168	144	148	122
70	151	136	139	125	192	171	168	149	213	184	183	151
95	182	164	167	150	232	207	201	179	258	223	216	179

Figura 60 – Determinação da seção dos condutores do Projeto Elétrico Start X por meio do método da capacidade de condução de corrente.

16.1.4.3 Queda de Tensão

A importância da aplicação desse critério consiste no fato de que as cargas consumidoras de energia elétrica foram projetadas para trabalharem com determinado valor de tensão, aceitando, apenas, reduzida tolerância de não-conformidade com o valor de tensão nominal para o qual a carga foi projetada.

Assim, ao utilizar esse critério, foi levada em consideração a possibilidade dos efeitos anormais que a queda de tensão poderá acarretar às cargas.

Segundo esse critério, à medida que a distância entre o medidor de energia e a potência da carga aumenta a queda de tensão ao longo do condutor também aumenta. Por isso, baseando-se nessa justificativa, e com auxílio das características dos condutores adotados neste projeto (PVC, eletroduto não magnético e método de referência B1), somado ao fato de que a NBR informa que em baixa tensão a queda de tensão nos

circuitos terminais não pode ser superior a 4%, calculou-se a seção dos condutores, veja.

Cálculo da Queda de Tensão

Para efetuar o cálculo da queda de tensão utilizou-se a Equação 16.3.

$$\Delta V = \Delta V_{\frac{V}{A \times km}} \times I_{proj} \times L \quad (16.3)$$

Onde:

ΔV percentual da queda de tensão admissível;

$\Delta V_{\frac{V}{A \times km}}$ queda de tensão em volt

I_{proj} corrente de projeto em ampère

L comprimento do circuito em quilômetro

Nesse sentido, segue o memorial do cálculo em comento:

$$\Delta V_{\frac{V}{A \times km}} = \frac{\Delta V}{I_{proj} \times L} \quad (16.4)$$

$$\Delta V_{\frac{V}{A \times km}} = \frac{0,04 \times 14}{35 \times 0,002} \quad (16.5)$$

$$\Delta V_{\frac{V}{A \times km}} = 8 \times \frac{V}{A \times km} \quad (16.6)$$

Com esse resultado, visitou-se os dados disponibilizados pela Empresa Pirelli (Figura 61), os quais são relacionados a dimensionamento de condutores consoante prescrições estipuladas na NBR 5410:2004, chegando-se à conclusão da seção nominal dos condutores de nosso projeto, conforme o método da queda de tensão.

Nesse sentido, a seção dos condutores de nosso projeto deve ser igual a 4 mm^2 .

16.1.4.4 Seção Mínima

As seções mínimas admitidas em qualquer instalação de baixa tensão estão indicadas na Figura 62, conforme disposições pertinentes ao método em cena, obtidas com arrimo na multicitada Norma 5410:2004, veja:

Assim, dentro desse quesito, adotou-se que as ligações de nosso circuito serão do tipo flexíveis, sendo a utilização consistente com circuitos de extra-baixa tensão para aplicações especiais. Por isso, levando-se em consideração a Figura acima, a seção indicada é $0,75 \text{ mm}^2$ para os condutores de cobre.

Seção nominal (mm ²)	Eletroduto e eletrocalha ^(A) (material magnético)		Eletroduto e eletrocalha ^(A) (material não-magnético)			
	Pirastic, Pirastic Flex		Pirastic e Pirastic Flex			
	Círculo monofásico e trifásico		Círculo monofásico		Círculo trifásico	
	FP = 0,8	FP = 0,95	FP = 0,8	FP = 0,95	FP = 0,8	FP = 0,95
1,5	23	27,4	23,3	27,6	20,2	23,9
2,5	14	16,8	14,3	16,9	12,4	14,7
4	9,0	10,5	8,96	10,6	7,79	9,15
6	5,87	7,00	6,03	7,07	5,25	6,14
10	3,54	4,20	3,63	4,23	3,17	3,67
16	2,27	2,70	2,32	2,68	2,03	2,33
25	1,50	1,72	1,51	1,71	1,33	1,49
35	1,12	1,25	1,12	1,25	0,98	1,09
50	0,86	0,95	0,85	0,94	0,76	0,82
70	0,64	0,67	0,62	0,67	0,55	0,59
95	0,50	0,51	0,48	0,50	0,43	0,44
120	0,42	0,42	0,40	0,41	0,36	0,36
150	0,37	0,35	0,35	0,34	0,31	0,30
185	0,32	0,30	0,30	0,29	0,27	0,25
240	0,29	0,25	0,26	0,24	0,23	0,21
300	0,27	0,22	0,23	0,20	0,21	0,18
400	0,24	0,20	0,21	0,17	0,19	0,15
500	0,23	0,19	0,19	0,16	0,17	0,14

Figura 61 – Determinação da seção dos condutores do Projeto Elétrico START X por meio do método da queda de tensão.

Instalação	Utilização	Seção Mínima p/ condutores de cobre (mm ²)
Fixas em geral	Circuitos de Iluminação	1,5
	Circuitos de Força	2,5
	Circuitos de sinalização e controle	0,5
Ligações flexíveis	Para um equipamento específico	Como especificado na norma do equipamento
	Para qualquer outra aplicação	0,75
	Circuitos a extra baixa tensão para aplicações especiais	0,75

NBR 5410:2004 - Tabela 47 pg. 113

Figura 62 – Disposições a respeito do Método da Seção Mínima usado no dimensionamento dos condutores.

Após realização dos três métodos (capacidade de condução de corrente, queda de tensão e seção mínima) chegou-se à conclusão de que a seção da bitola dos condutores do nosso circuito será de 6 mm², uma vez que é o maior resultado de seção obtido após cálculos baseados nos referidos métodos.

16.1.5 Dimensionamento dos Dispositivos de Proteção do Circuito

A fim de manter o perfeito funcionamento do circuito ora em projeção, faz-se necessária a presença de dispositivos que o protejam contra condições adversas, isto é, condições acima das especificações nominais de operação dos elementos de circuito presentes

no mesmo. Em outras palavras, a função da mencionada proteção consiste justamente em minimizar os danos ao sistema e seus componentes, sempre que ocorrer uma falha no equipamento, no sistema elétrico ou ainda falha humana. Por isso, a escolha, a aplicação e a coordenação seletiva adequada ao conjunto de componentes que constituem a proteção de um projeto elétrico é um dos aspectos de suma importância.

Continuando, os dispositivos de proteção agem de maneira automática, sendo essa ação provocada por dispositivos sensíveis a determinadas condições anormais, no sentido de evitar ou limitar danos a um sistema ou equipamento, conforme já salientado, resguardando-o dos possíveis efeitos adversos, como por exemplo, uma sobrecarga ou curto-circuito.

Nesse passo, para o nosso projeto, os dispositivos de proteção utilizados consistirão em fusíveis de vidro (Figura 63), além do regulador de tensão e dos diodos Zenner já presentes na estrutura do alternador.



Figura 63 – Imagem do fusível de vidro utilizado no Projeto Elétrico Start X.

Os fusíveis são dispositivos de segurança cuja função é interromper o fluxo de corrente elétrica no ramo do circuito considerado quando a corrente ultrapassar a especificação nominal dele, evitando-se, assim, um curto-circuito. Ainda, esses dispositivos protegem qualquer tipo de carga, tanto reativa, (picos de correntes que podem ocorrer nessas cargas) quanto resistiva (onde a variação de corrente não é grande, funcionando como prevenção).

Nesse sentido, chega-se, então, aos motivos que nos levaram a optar pelos fusíveis, dentre outras explicações, citando-se o baixo custo de aquisição dos mesmos, bem como devido ao seu modo de operação ser bastante simples.

Assim, para o dimensionamento dos fusíveis aqui utilizados foram observadas três características fundamentais, as quais especificam o modo de operação dos mesmos: corrente nominal, corrente de curto-círcito e tensão nominal.

As referidas características foram levantadas de acordo com as características das cargas e condições dos ramos dos circuitos que serão protegidos pelos fusíveis, a fim destes funcionarem adequadamente no tocante à proteção das cargas. Portanto, com base nessas informações, chegou-se a conclusão que os fusíveis requeridos ao nosso circuito deverão ser conforme as especificações dispostas na Tabela 10.

GRANDEZA	VALOR
Corrente Nominal(A)	0,98
Corrente de Curto-Circuito(A)	1
Tensão Nominal(V)	250

Tabela 10 – Propriedades nominais dos fusíveis utilizados no Projeto Start X.

16.1.6 Dimensionamento de eletroduto

Também conhecido como conduíte, o eletroduto é o elemento que protege os condutores elétricos contra influências externas, como choques mecânicos e agentes químicos. Têm, ainda, a função de controle de chamas em caso de incêndio provocado por curto-circuito. A figura 64 mostra os tipos de eletrodutos.



Figura 64 – Tipos de Eletrodutos

16.1.6.1 Especificação

Entre as características que precisam de atenção está a verificação da curvatura. Ou seja, após ser submetido a uma determinada sequência de dobramentos, o produto tem que permitir a passagem da fiação sem problemas ou obstruções. A resistência à compressão e a impactos também deve ser observada.

Os eletrodutos são fabricados para resistirem ao calor e ao fogo. Nos ensaios realizados em laboratórios, têm que suportar 60°C durante 24 horas sem apresentar qualquer deformidade. Seu desempenho elétrico também é testado, sendo que não devem permitir a passagem de corrente com valores superiores a 100mA e a resistência elétrica deve ser inferior a 100MΩ.

A versão corrugada amarela é específica para aplicações leves e, normalmente, instalada embutida em parede. Já a laranja, também corrugada, é para aplicação em lajes, onde a exigência por resistência aos esforços mecânicos é maior. Os rígidos, produzidos na cor preta, são ainda mais resistentes aos esforços mecânicos que podem ocorrer durante a concretagem da laje. A principal diferença entre eles está na resistência diametral.

16.1.6.2 Aplicação

O uso do eletroduto é definido de acordo com sua resistência mecânica (leve, médio ou pesado), e com a classificação quanto à propagação de chama. A instalação dos produtos deve seguir a ABNT NBR 5410:2004 – Instalações Elétricas de Baixa Tensão –, que especifica as condições a que devem satisfazer as instalações elétricas de baixa tensão de edificações

16.1.6.3 Vantagens

O gerente do produto certo para cada aplicação, além do respeito às normas técnicas, para garantir um executivo comenta que o custo-benefício está diretamente ligado à escolha desempenho satisfatório. Os conduítes são materiais facilmente encontrados no mercado, visto que qualquer revenda especializada em elétrica deve dispor, no mínimo, das três versões mais comuns do material.

16.1.6.4 Dimensionamento

Dimensionar um eletroduto é determinar o tamanho nominal do eletroduto para cada trecho da instalação.

O tamanho nominal do eletroduto é o diâmetro externo do eletroduto, este tamanho é expresso em milímetros(mm) e é padronizado pela norma NBR 5410:2004.

Segundo a norma NBR 5410:2004 o tamanho dos eletrodutos deve ser de um diâmetro tal que os condutores possam ser facilmente instalados ou retirados. Por isso a norma estabelece que o eletrodutos tenha um diâmetro 60% maior que os condutores, ou seja, é obrigatório que os condutores não ocupem mais que 40% da área útil dos eletrodutos. A figura 65 demonstra como isso pode ser mensurado de maneira simples.[2]

Para melhor explicação a norma afirma que uma das formas de dimensionamento dos eletrodutos segue o seguinte roteiro:

1. Determinar a seção dos condutores que irão passar no interior do eletroduto
2. Determinar a área total de cada condutor, lembrando de considerar a camada de isolamento de cada um.

Seção nominal (mm ²)	Número de condutores no eletroduto									
	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
	Tamanho nominal do eletroduto (mm)									
1,5	16	16	16	16	16	16	20	20	20	
2,5	16	16	16	20	20	20	20	25	25	
4	16	16	20	20	20	25	25	25	25	
6	16	20	20	25	25	25	25	32	32	
10	20	20	25	25	32	32	32	40	40	
16	20	25	25	32	32	40	40	40	40	
25	25	32	32	40	40	40	50	50	50	
35	25	32	40	40	50	50	50	50	60	
50	32	40	40	50	50	60	60	60	75	
70	40	40	50	60	60	60	75	75	75	
95	40	50	60	60	75	75	75	85	85	
120	50	50	60	75	75	75	85	85	-	
150	50	60	75	75	85	85	-	-	-	
185	50	75	75	85	85	-	-	-	-	
240	60	75	85	-	-	-	-	-	-	

Figura 65 – Tamanhos de eletrodutos

3. Efetuar a somatoria das seções totais dos condutores a serem utilizados.
4. Em uma instalação eletrica o eletroduto deve ter um diâmetro minimo de 20mm estes eletrodutos não são cotados na planta, este caso se refere a instalações prediais.

A norma mostra que outra forma de dimensionar o eletroduto é em função da quantidade de condutores e a seção nominal do maior condutor no eletroduto.

A ABNT NBR 5410:2004 admite, em 6.2.10.2, que os condutos fechados em geral e os eletrodutos em particular contenham condutores de mais de um circuito se as seções nominais dos condutores de fase estiverem contidas dentro de um intervalo de três valores normalizados sucessivos, tais como 1,5, 2,5 e 4 mm², 6, 10 e 16 mm² ou 35, 50 e 70 mm², e assim por diante. Dessa forma, por exemplo, pode-se colocar dentro de um eletroduto cabos com seções de 1,5, 2,5 e 4 mm², mas não se podem colocar juntos num eletroduto cabos com seções de 1,5, 6 e 10 mm².

Em 6.2.11.1.6, determina-se a quantidade máxima de condutores dentro de um eletroduto, de modo a se deixar uma boa área livre no interior do eletroduto para facilitar a dissipação do calor gerado pelos condutores e facilitar a enfiagem e retirada dos cabos. Para tanto, é necessário que os condutores ou cabos não ocupem uma porcentagem da área útil do eletroduto superior a 53% para um condutor, 31% para dois condutores e 40% para três ou mais condutores.

Com base nessa prescrição, a maneira de calcular a quantidade máxima de condutores é resumida em comparar a área interna de um eletroduto com a área total de condutores. Da geometria, a área útil de um eletroduto (AE) é dada por:

$$A_e = \frac{\pi}{4} \times (de - 2e)^2 \quad (16.7)$$

Em que: de é o diâmetro externo do eletroduto e e a espessura da parede do eletroduto. Tais valores podem ser obtidos no catálogo do fabricante.

A área total de um cabo isolado (A_c) deve ser calculada por:

$$A_c = \frac{\pi \times d^2}{4} \quad (16.8)$$

Sendo: d o diâmetro externo do cabo isolado, valor que é obtido no catálogo do fabricante.

Dessa forma, o número máximo (N) de cabos isolados, de mesma seção, que pode ser instalado em um eletroduto, é dado por:

$$N = \frac{toc \times A_e}{A_c} \quad (16.9)$$

Em que: $toc = 0,53$ para um condutor, $0,31$ para dois condutores e $0,40$ para três ou mais condutores a serem instalados no interior do eletroduto.

Para o trabalho em questão o grupo optou por utilizar o eletroduto flexível o eletroduto escolhido pelo grupo, segundo os cálculos foi o de 16 mm de diâmetro da marca TIGRE corrugando flexível como pode ser observado na figura 66



Figura 66 – Eletroduto marca TIGRE

16.1.7 Dimensionamento dos Circuitos de Alimentação das Cargas

Os circuitos de alimentação das cargas referente ao Projeto Elétrico Start X consistirão em dois ramos a partir da bateria, sendo um deles destinado à alimentação dos

sensores, enquanto o outro será destinado à alimentação do carregador de celular. Pois bem, passemos a discutir a respeito dos detalhes dos mesmos.

Na saída da bateria, a tensão aplicada às cargas pode apresentar-se com ondulação bastante acentuada, não desejada para a aplicação no circuito eletrônico dos sensores utilizados em nosso projeto. Deste modo, para que a tensão de saída da bateria ou tensão de entrada das cargas se torne mais uniforme possível, faz-se necessário o uso de algum tipo de filtro. O filtro mais utilizado é o filtro capacitivo, cujo objetivo reside na redução da ondulação da tensão de saída da bateria. Assim, serão utilizados filtros desse modelo em nosso circuito.

Além do filtro capacitivo, estarão presentes nos ramos dos circuitos dispositivos reguladores de tensão. O objetivo desses reguladores em nosso projeto consiste em adequar a tensão de saída da bateria (12 V) à tensão requerida pelas cargas aqui presentes. Nesse sentido, usar-se-ão reguladores de tensão na forma de circuitos integrados de três terminais, mais adequado ao nosso projeto, devido termos baixa potência no mesmo.

Continuando, no ramo de alimentação dos sensores será empregado um regulador de tensão da série 7805, o qual será antecedido pelos supramencionados capacitores que, por sua vez, são antecedidos pelo fusível já dimensionado. Esse ramo de alimentação apresentado na Figura 67, juntamente com o fusível utilizado.



Figura 67 – Dispositivos elétricos presentes em dos ramos do circuito do Projeto Elétrico Start X.

O regulador de tensão da série 7805 foi escolhido devido este apresentar-se adequado às grandezas elétricas nominais dos sensores de nosso projeto, visto que aquele regulador de tensão regula tensões de entrada de até 35 volts (aqui, a tensão de entrada no mesmo consiste em 12 V, proveniente da bateria). Convém informar que, para o correto funcionamento do mencionado regulador de tensão, a tensão de entrada do mesmo dever ser no mínimo 2 volts mais alta que a tensão desejada na saída. Desse modo, como a tensão de saída no regulador de tensão em apreço deverá ser igual à tensão de entrada

dos nossos sensores (5 V), resta atendido essa informação. Ainda em relação à justificativa de adoção do regulador de tensão aqui referenciado, informa-se que o mesmo tem tensão positiva com corrente de até 1 ampère de saída (o conjunto de sensores requer 500 mA).

Com relação aos filtros capacitivos empregados em nosso projeto, utilizar-se logo após o fusível dimensionado um capacitor eletrolítico de 100 micro-ampères, cuja finalidade é filtrar a frequência de entrada de modo a não permitir que entre no ramo de alimentação das cargas nenhuma tensão com frequência maior do que a desejada em nosso projeto. Ainda, após esse primeiro filtro capacitivo, será empregado um capacitor de poliéster de 100 nano-ampères, A finalidade dele consiste em filtrar a saída para que não passem frequências baixas.

Pois bem, com o intuito de se constatar a fidedignidade dos valores nominais inerentes aos filtros capacitivos, bem como do regulador de tensão 7805 empregados no ramo de alimentação dos sensores, realizou-se um teste em laboratório. O resultado prático desse teste encontra-se demonstrado na Figura 68.



Figura 68 – Imagem do teste prático demonstrado a tensão de saída da bateria ao passar por fusível, filtros capacitivos e regulador de tensão da série 7805.

Como o único objetivo do sistema de geração de energia não é apenas fornecer energia elétrica para a alimentação dos sensores mas também para pequenas cargas foi feito em paralelo ao circuito de alimentação de 5 volts um circuito de alimentação variável para que uma gama maior de equipamentos e dispositivos possam ser ligados ao sistema. O regulador de tensão variável usa um potenciômetro que pode regulado para fazer que essa parte do circuito atenda atenções de 2,3 a 12,63 volts. A figura 69 mostra o circuito feito pelo grupo com os dois reguladores de tensão.

16.1.8 Representação Esquemática do Circuito de Armazenamento/Distribuição do Projeto Elétrico Start X

Depois de explicado e detalhado o funcionamento dos dispositivos elétricos e eletrônicos presentes em nosso projeto, apresenta-se a seguir o esquema pertinente ao circuito

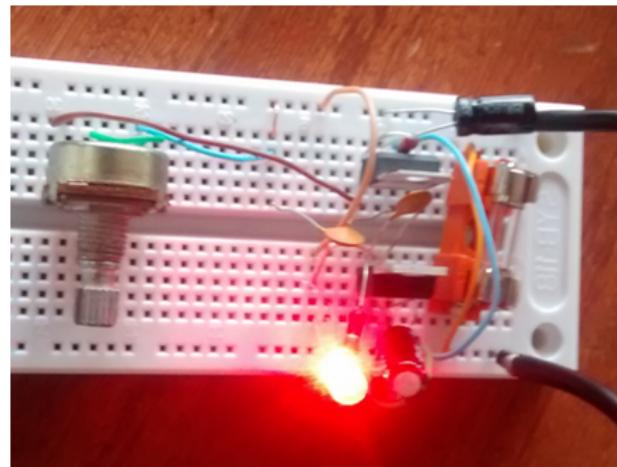


Figura 69 – Circuitos de alimentação constante (5V) e variável.

de armazenamento e distribuição de energia elétrica referente o Projeto Start X.

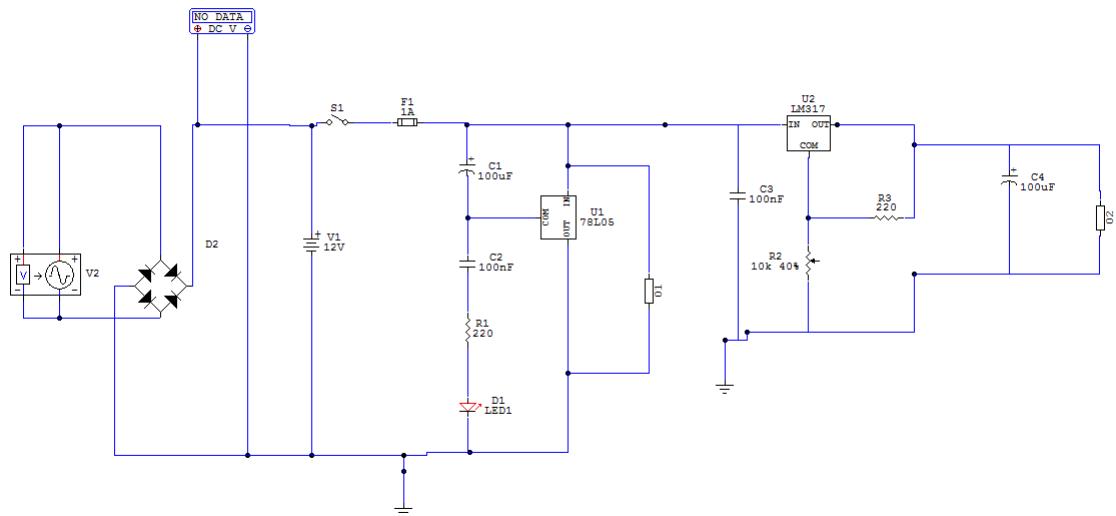


Figura 70 – Esquema do circuito

Parte IV

Resultados e Conclusões

17 Resultados

Com a inclusão dos sensores no sistema, obtemos a coleta dos dados que são considerados importantes para as mudanças físicas que irão ocorrer no ambiente virtual, bem como a produção de sensações no usuário de forma que o mesmo tenha um experiência semelhante a andar de bicicleta na rua. Os seguintes dados estão sendo coletados: velocidade e direção a qual o guidão é movimentado.

Os dados da velocidade serão apresentados ao atleta para que ele tenha consciência do seu desempenho. O sinal do sensor de direção do guidão fará com que haja uma alteração no ambiente virtual, ou seja, dependendo da angulação do guidão, o usuário terá a sensação de que está fazendo uma curva. Outro dado importante é que quando houver uma subida no percurso do ambiente virtual o usuário terá maior dificuldade ao pedalar, como se realmente estivesse subindo um morro, por exemplo.

Por meio destas características, espera-se simular um ambiente que seja tão próximo quanto possível da realidade de forma a tornar atividades físicas, como o *spinning*, algo menos monótono já que o atleta não se desloca e apresentar dados que possam melhorar seu rendimento. Outro resultado interessante é realizar a comparação do nível de interatividade do sistema com uma situação real e analisar como o usuário se comporta em ambos os ambientes. Isso é interessante para atletas de alto nível pois simular o percurso de uma prova e ter conhecimento das reações do corpo naquele ambiente é de fundamental importância para um bom desempenho.

Uma das medidas adotadas pela equipe para a produção do produto foi a busca pela conservação da estrutura original da bicicleta, no intuito que o produto possa ser oferecido como um pacote sem a inclusão da bicicleta, permitindo que com algumas peças e a remoção da roda traseira a bicicleta possa ser adaptada para o uso do produto.

17.1 Ambiente virtual

17.1.1 Melhora da Usabilidade e Imersão no ambiente virtual

Após o término do desenvolvimento do ambiente virtual, viu-se a necessidade de uma melhora na usabilidade e imersão, por parte do usuário, no ambiente virtual. Durante os testes realizados pela equipe foram encontrados alguns problemas como: a grande distância entre os pontos chave do ambiente virtual, onde o usuário deveria de locomover por quilômetros para atravessar todo o mapa desenvolvido; a grande largura das trilhas, que acabavam que não guiavam muito bem o usuário durante o percurso; o fato do usuário poder sair dos limites da trilha proposta e se adentrar em lugares não planejados e

projetados para isso; alguns objetos do ambiente eram desproporcionais entre si, sendo alguns objetos muito grandes e outros muito pequenos; as informações apresentadas para o usuário, como velocidade, não estavam em um local adequado.

Tendo em vista as dificuldades anteriormente encontradas para a utilização do ambiente virtual, foram feitas algumas melhorias a fim de maximizar a boa experiência do usuário no contexto do Bike-X. A seguir, são apresentadas as soluções adotadas:

O ambiente virtual como um todo foi reduzido, para que o usuário consiga realizar todo o percurso em um tempo e uma distância aceitáveis, sem valores absurdos. A figura 71, mostra a visão superior do mapa desenvolvido para o ambiente virtual.

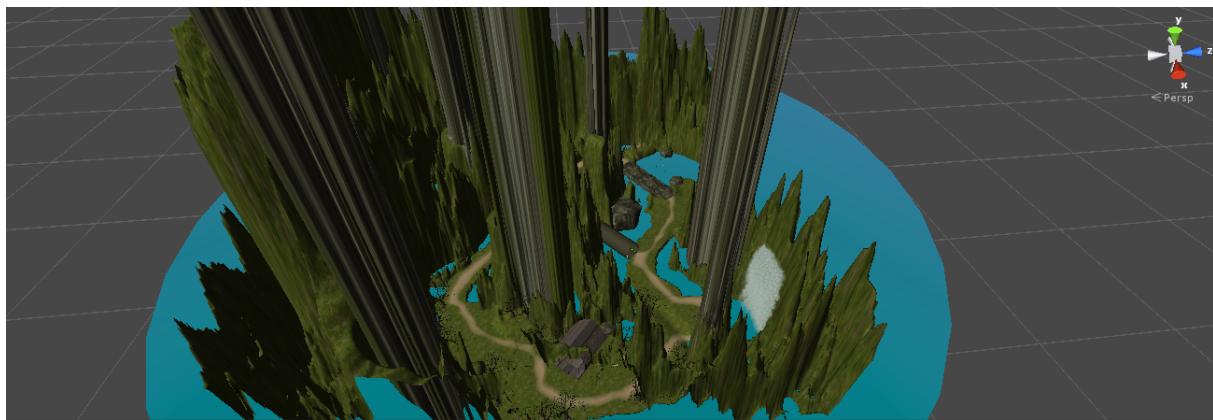


Figura 71 – Visão superior do mapa reduzido

As trilhas se tornaram mais estreitas, norteando de uma melhor maneira o usuário no decorrer do percurso. Além disso, foram adicionados alguns objetos adjacentes ao percurso a fim de melhorar a experiência do usuário, como os animais ilustrados na figura 72. Os animais apresentados apresentavam problemas de proporção com o resto do ambiente virtual, com isso, a escala de tamanho dos mesmos foi reduzida.



Figura 72 – Visão da trilha com animais adjacentes

Como pode ser visto nas figuras 74 e 73, foram criados vários blocos de colisão ao redor de toda a trilha para que o usuários não possa atingir lugares inadequados, como

a água. Essa solução foi implementada utilizando planos invisíveis para o usuário, que o impedirá de ultrapassar determinados limites. A utilização de planos foi a forma mais fácil, identificada pela equipe, de se contornar o problema enfrentado.

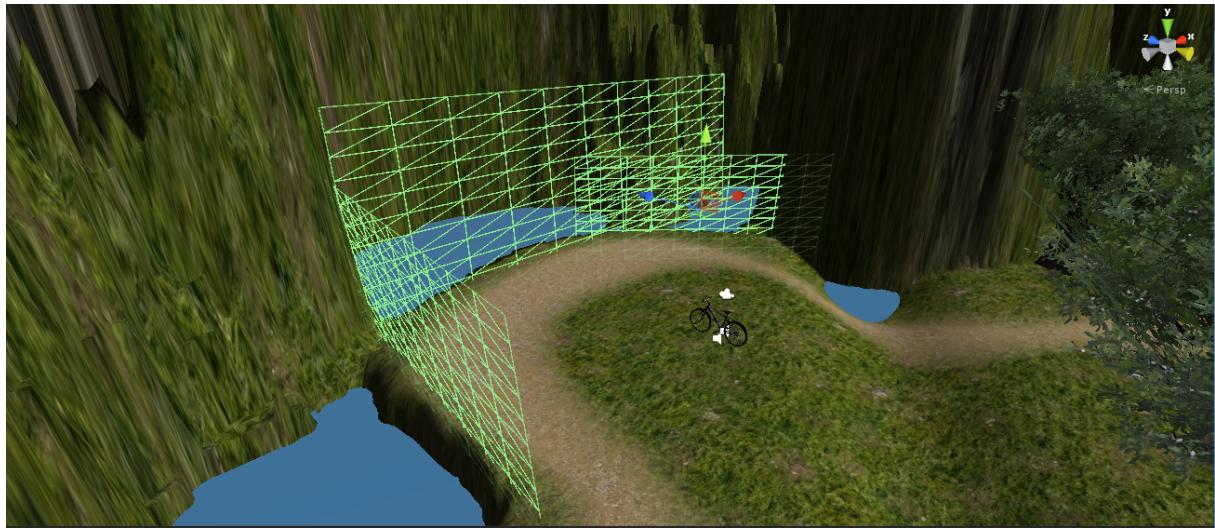


Figura 73 – Blocos de Colisão



Figura 74 – Blocos de Colisão no decorrer do percurso da trilha

Depois da criação dos blocos de colisão para impedir que o usuário ultrapasse locais indevidos foi acrescentado ao ambiente *MeshRenderCollider* de colisões de objetos nas pontes, pedras, animais, árvores e na casa, assim quando o usuário tentar colidir com uma casa ou com um animal , ou ao mesmo atravessar a ponte ou o túnel ele não irá passar por dentro do mesmo e sim por cima, permitindo a travessia, como pode ser visto nas figuras 75, 76 e 77.

Para melhorar ainda mais a experiência do usuário foram adicionados sons de natureza no ambiente virtual, como o som da cachoeira que foi adicionada ao percurso (figura 78) e de corrente de água ao atravessar a ponte.

A principal dificuldade encontrada pela equipe foi em como apresentar as informações para o usuário na tela sem comprometer a interação com o ambiente virtual.

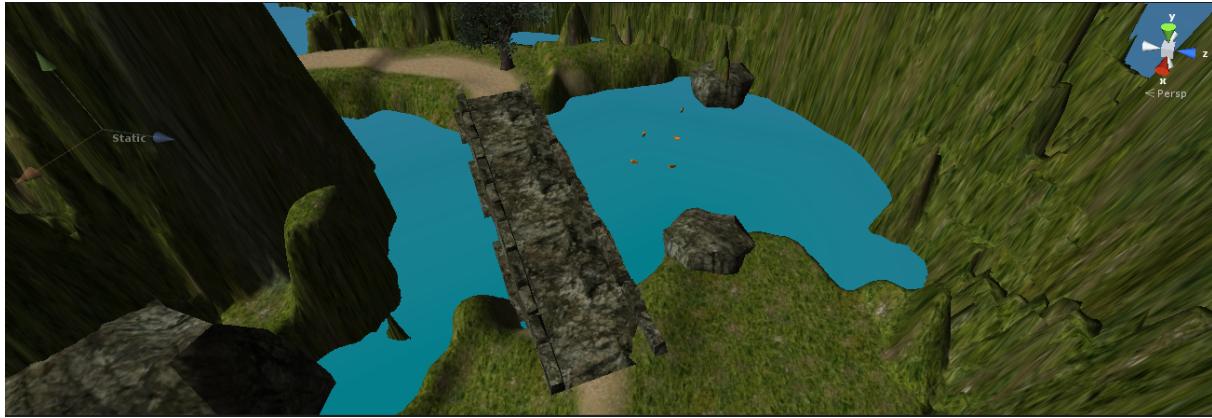


Figura 75 – Ponte utilizada no ambiente virtual

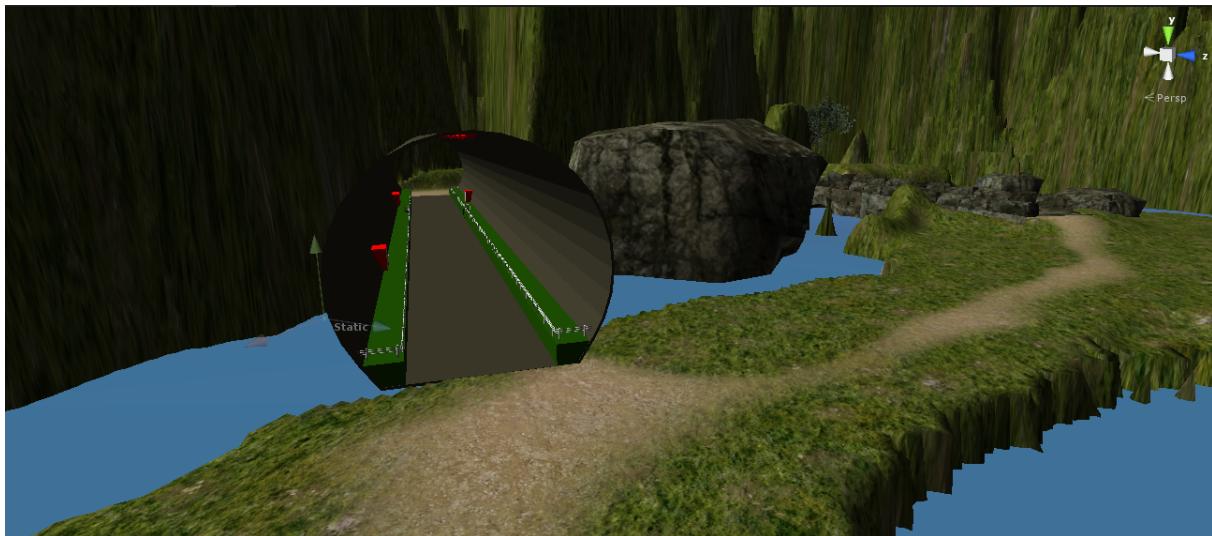


Figura 76 – Túnel utilizado no ambiente virtual

Preferiu-se então apresentar de uma maneira bem simples, através de uma caixa de diálogo no canto superior direito da tela, como pode ser visto na figura 79, ao invés de apenas adicionar as informações no centro da tela.



Figura 77 – Colisão nos animais adjacentes a trilha

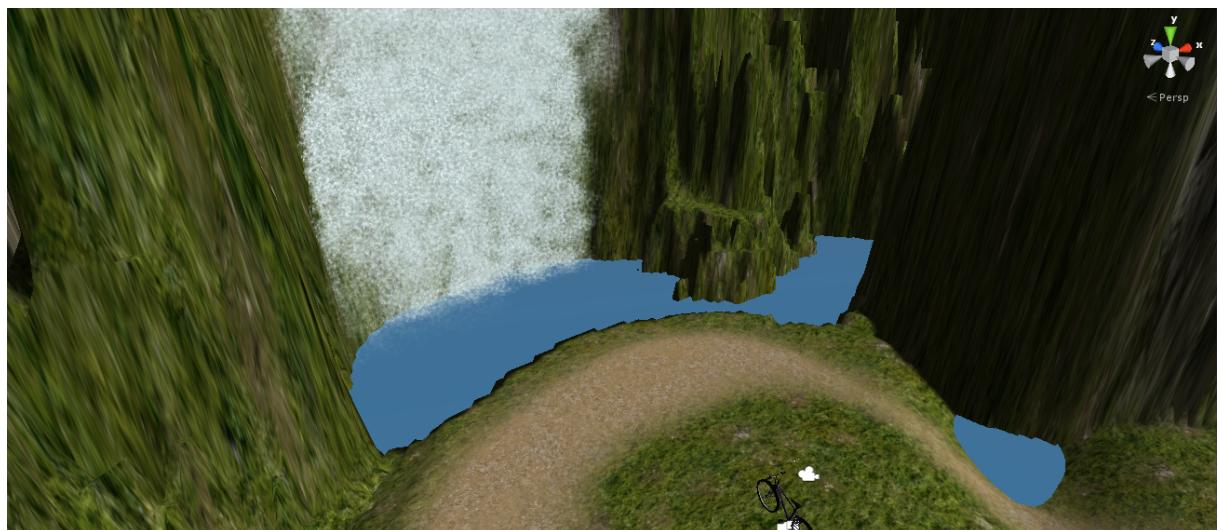


Figura 78 – Cachoeira presente no decorrer da trilha

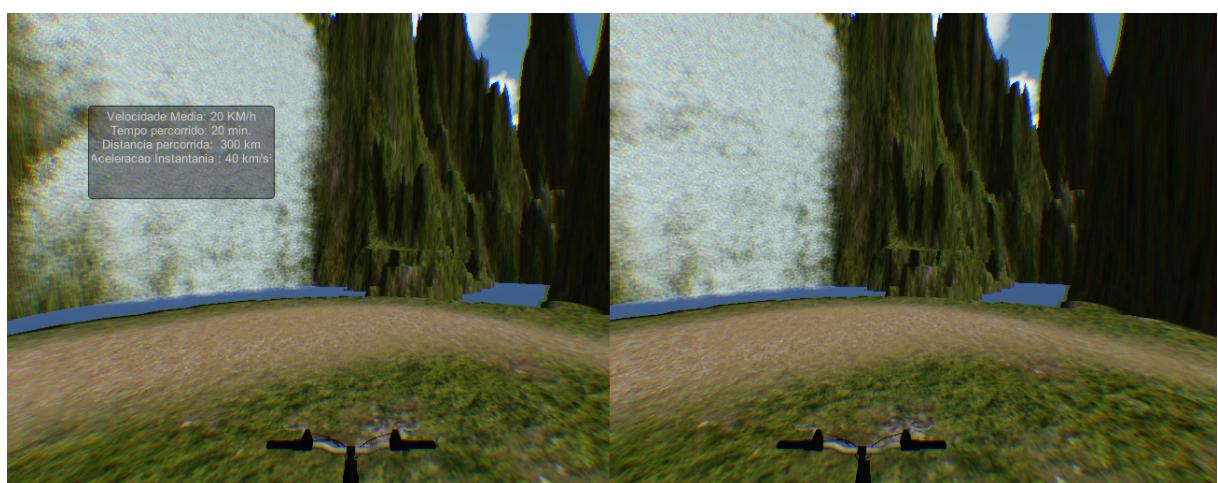


Figura 79 – Interface com o usuário para apresentação de informações

18 Manual do Produto

O trecho a seguir descreve o processo recomendado pela equipe para o uso do produto, assim como os cuidados que devem ser tomados com o manuseio.

18.1 Modo de Uso

1. Verifique se a aplicação já está em funcionamento com o auxílio da tela secundária (notebook/monitor).
2. Posicione-se sobre a bicicleta. Verifique se a mesma se mantém estável com o seu peso. Para mais informações sobre os valores para qual este produto foi projetado, verificar [subseção 18.4.2](#).
3. Imerja-se na realidade virtual com o *Oculus Rift*.
4. Após o uso do equipamento, remova o *Oculus Rift* e espere de 15 a 30 segundos antes de tentar desmontar da bicicleta¹.

18.2 Precauções

Não tente desmontar da bicicleta utilizando o glsrift – Ao utilizar o *Oculus Rift*, a imersão proporcionará uma perca da noção de espaço e posição da realidade. Tentar se movimentar na realidade visualizando o ambiente virtual é extremamente desencorajador.

Não grite – A imersão no ambiente virtual causa uma perca de contato com a realidade, lembre-se disto antes de tentar se comunicar com aqueles que te assistem.

Evite balançar muito na bicicleta ou ficar em pé nela – Apesar de cálculos terem sido feitos no intuito de manter a bicicleta o mais estável possível ao chão, o produto ainda é passível de tombamento quando exposto a determinados momentos angulares.

Divirta-se – Mesmo tendo como objetivo apresentar uma alternativa para a prática de atividades físicas em ambientes fechados, o projeto busca oferecer também entretenimento ao usuário.

¹ Devido a alta imersão, é recomendado um tempo para se acostumar novamente com a realidade antes de realizar movimentos bruscos.

Mantenha o produto – Evite reajustar os sensores, a altura do guidão ou do banco.

Por ser um protótipo, o produto ainda não oferece um amplo grau de personalização.

Tentar configurar o equipamento sem o devido conhecimento do produto pode vir a danificá-lo ou ao comprometimento dos sinais adquiridos para controle do ambiente.

18.3 Integração Automotiva e Eletrônica

No intuito de obter os melhores resultados dos sensores e mantendo a conservação da estrutura da bicicleta, a equipe de eletrônica em consulta com o resto do grupo e em especial com a equipe de automotiva, estudou o posicionamento dos sensores de forma a obter os melhores resultados possíveis sem a alteração na estrutura.

Uma das medidas discutidas para a captura da direção que o usuário deseja da bicicleta foi o aproveitamento do parafuso centrado do guidão em conjunto com uma segueta para a alteração da posição do potenciômetro. A [Figura 80](#) apresenta o detalhe do posicionamento da segueta com o parafuso já posicionado.



Figura 80 – Detalhe para a captura da direção da bicicleta

Para o posicionamento do potenciômetro, será fixada uma barra de ferro nos parafusos dos freios dianteiros, como mostra a [Figura 81](#). Isso proporciona melhor manejo do sensor, pois caso seja necessária uma troca do potenciômetro isso pode ser feito de forma mais rápida e menos danosa para a bicicleta.

Para o posicionamento do servo motor, foi projetado um suporte posicionado próximo ao freio traseiro, detalhe na [Figura 82](#), de forma a tracionar o cabo de aço quando indicado pelo programa para indicar a sensação de peso ao pedalar a bicicleta.



Figura 81 – Detalhe do posicionamento do suporte para o potenciômetro.

Os circuitos descritos na [seção 14.4](#) foram soldados numa placa que pode ser visualizado por meio da [Figura 83](#). Os pinos foram posicionados de forma ficarem na extremidade direita da placa. Isso proporciona maior facilidade de nas conexões entre a placa do Arduino. Todos os fios com o sinal de saída dos sensores foram unidos com fitas, pois a placa foi alocada junto ao Arduino.

Os sensores do tacômetro foram posicionados no cruzamento entre dois raios da bicicleta, como pode ser observado na [Figura 84](#). Isso se deve ao fato deste cruzamento apresentar maior área, fazendo com que a interrupção do sensor infravermelho seja mais pronunciante o que proporciona uma leitura mais precisa. Foi tomada a preocupação de posicionar os sensores do tacômetro o mais longe das correias para proporcionar uma integração melhor com a parte desenvolvida pela equipe da automotiva.

Para o completo funcionamento do sistema Bike-X, houveram três grandes focos de desenvolvimento: (i) software nativo para Arduino; (ii) software para a animação gráfica do parque virtual + scripts de comunicação; (iii) software de integração. O intuito de de desenvolver o software de integração se deu pelo fato de haver maior facilidade mudanças, isto é, existem mais passos para se gerar alterações em códigos para Arduino e Unity do que para o código da integração em si.

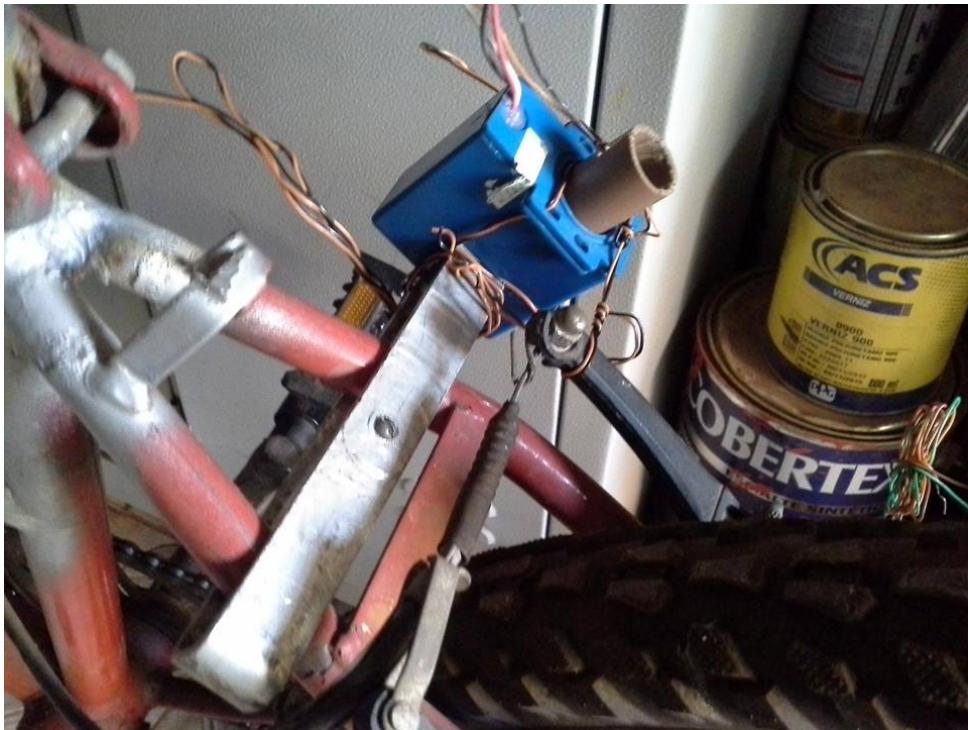


Figura 82 – Detalhe para suporte do servo motor

18.4 Integração Automotiva e Energia

Esta seção visa demonstrar a integração das áreas de automotiva e energia. Embora, as áreas não tenham tido uma integração direta, as mesmas trabalharam de perto, pois ambas precisavam estar em constante contato com a bicicleta. Outra integração indireta, foi o constante auxílio dos integrantes de Engenharia de Energia com a integrante de Engenharia Automotiva.

18.4.1 Eficiência Energética do Projeto Start X

Ao executar a atividade de pedalada, o usuário do Projeto START X gerará energia mecânica por meio do torque que será exercido no eixo da roda traseira da bicicleta, fazendo com que essa gire. A fim de aproveitar a citada energia, convertendo-a em energia elétrica para alimentar as cargas elétricas definidas na seção 18.4.1.5., instalou-se sistema de transmissão de potência capaz de conectar a roda traseira da bicicleta com o eixo do gerador síncrono (alternador).

Nesse sentido, sabendo-se que durante o processo de transmissão de energia ocorrerá inevitavelmente perdas energéticas, devido diversos fatores, como por exemplo: atrito entre a roda da bicicleta e a correia de transmissão, bem como desta com o eixo do gerador; perdas por efeito Joule nos condutores; perdas por correntes parasitas na estrutura do gerador etc., a presente seção tem o intuito de ilustrar o procedimento aqui executado para quantificar a eficiência energética da supracitada conversão, passando-se a discutir

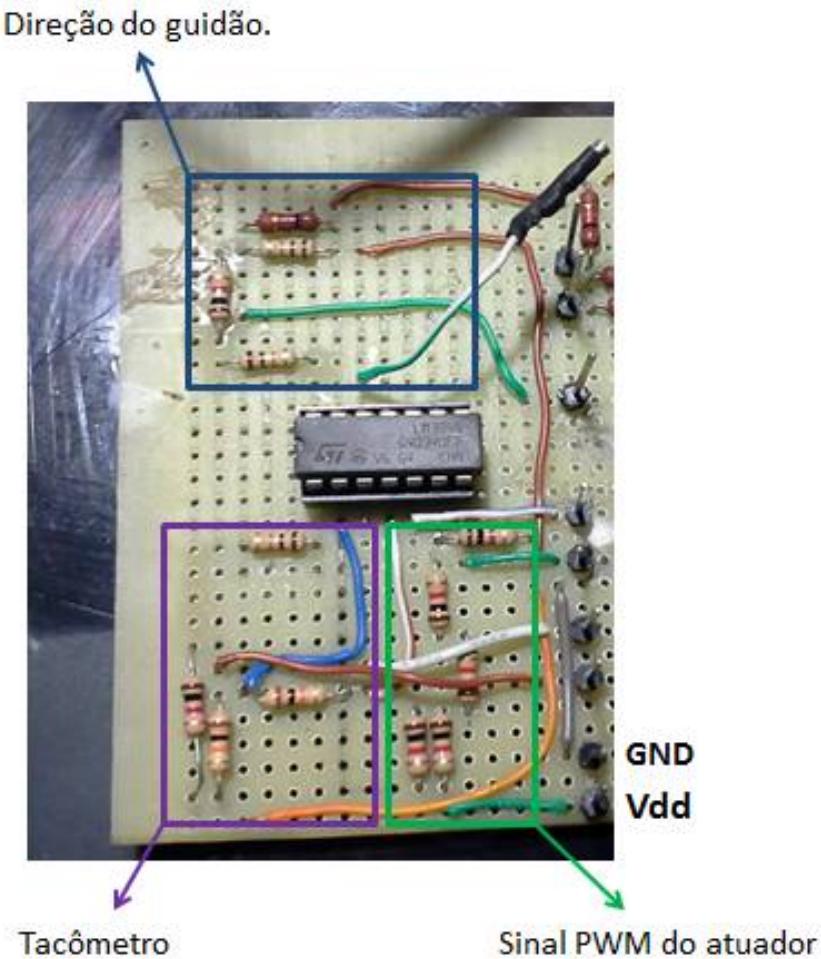


Figura 83 – Placa com os circuitos dos sensores.

sar, a seguir, a respeito dos dispositivos que serão utilizados no Projeto Start X para consecução de tal feito.

18.4.1.1 Correia Transmissora de Potência Mecânica

O sistema de transmissão de potência que realizará a conexão entre a roda traseira da bicicleta (polia motora) e a polia do gerador (polia movida) constituirá de correia mecânica, conforme demonstrado na Figura 85.

Conforme ensinamentos de Lino (2013), “correias são elementos de máquinas que transmitem movimento de rotação entre dois eixos (motor e movido) por intermédio de polias”. Ainda segundo esse autor, uma das finalidades das correias consiste em empregá-las para transmitir potência (Equação 18.1) a partir de um veio para outro a uma distância em que o uso de engrenagens é inviável.

$$P_{mec} = F * V(x) \quad (18.1)$$

Onde:



Figura 84 – Detalhe do posicionamento do tacômetro

- P_{mec} = potência mecânica em Watt;
- F = força em Newton;
- V = velocidade de deslocamento em m/s.

Sendo assim, ao dispor desse tipo de sistema de transmissão, e baseando-se na Equação 18.1, tornar-se-á possível transmitir força e velocidade de um eixo a outro, cuja finalidade dessa transmissão reside em movimentar o eixo do gerador para que se inicie o processo de conversão de energia mecânica em elétrica. Diante disso, o sistema de transmissão ora em comento é apresentado na Figura 86.

18.4.1.2 Cálculo da potência mecânica no Projeto START X.

A potência mecânica de um corpo pode ser escrita da seguinte forma:

$$Em = \frac{mv^2}{2} (w) \quad (18.2)$$

Onde:

- Em=energia mecânica

Figura 85 – Correia mecânica utilizada para transmissão de potência.



Figura 86 – Sistema de transmissão de potência do Projeto START X: conexão entre polia motora e polia movida.



Figura 87 – Multímetro digital utilizado no Projeto Start X.

- m=massa do corpo
- v=velocidade do corpo

Apesar de muito útil a equação acima não consegue descrever a potência mecânica de um corpo quando este está fazendo um movimento circular. A equação a seguir mostra de outra forma como obter a potência mecânica.

$$Em = \frac{Iw^2}{2} (w) \quad (18.3)$$

Onde:

- I=momento de inércia do corpo
- w=velocidade angular do mesmo

18.4.1.3 Multímetro

A potência mecânica que será entregue no eixo do gerador será convertida em energia elétrica, conforme já mencionado nesse relatório. Os aspectos físicos envolvidos na multicitada conversão foram detalhados na seção 18.4.1.2, restando agora explicar como será a quantificação do resultado dessa conversão, isto é, quanto de energia elétrica será disponibilizado nos terminais do gerador. Desse modo, para a suscitada quantificação, será colocado um multímetro digital (Figura 87) na posição de leitura de potência, sendo que o mesmo será posicionado na saída dos terminais do gerador.

18.4.1.4 Cálculo da Potência Elétrica

A potência elétrica pode ser obtida pela seguinte equação:

$$Pe = V * I \quad (18.4)$$

Onde:

- Pe=potência elétrica
- V=tensão
- I=corrente elétrica

Para o cálculo da potência elétrica consideramos que o usuário poderá gerar tensões entre 13 a 15 volts e correntes de 6 a 8,25 amperes sendo assim a potência elétrica gerada pelo sistema estará entre 78 e 123 watts para serem utilizados para a alimentação dos sensores e cargas de pequeno porte.

18.4.1.5 Cálculo da Eficiência Energética

Uma vez calculadas as potências mecânica e elétrica, a próxima etapa consiste em quantificar a eficiência energética do processo de conversão eletromecânica do Projeto em tela. Para isso, as referidas potências serão relacionadas entre si conforme descrito na Equação 18.5.

$$\eta = \frac{P_{eletr}}{P_{mec}} (x) \quad (18.5)$$

Onde:

- η = eficiência energética
- P_{eletr} = potência elétrica em Watt
- P_{mec} = potência mecânica em Watt.

18.4.1.6 Demonstração do Resultado da Eficiência Energética ao Usuário do Projeto Start X

Como continuidade do presente projeto no futuro, sugere-se o aperfeiçoamento do sistema de conversão eletromecânico ligado à bicicleta, tanto em eficiência como funcionalidade. Com os dados obtidos durante a pedalada de potência mecânica e potência elétrica, pode-se obter a eficiência energética.

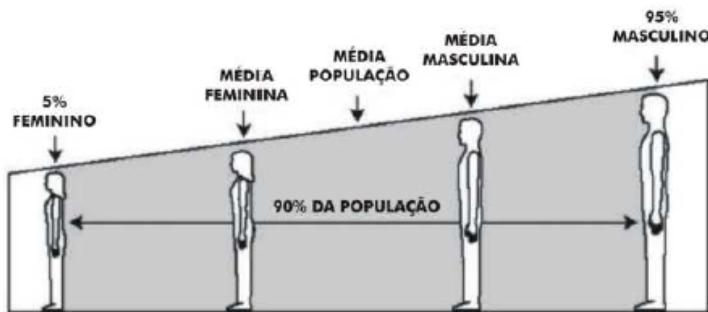


Figura 88 – Representação gráfica de 90% da população. (Fonte: Ergonomics Data & Mouting Heights)

Para demonstrar a eficiência energética ao usuário, serão coletados os dados das potências através de sensores futuramente instalados no pedal da bicicleta, para a potência mecânica, e os dados provenientes da medição através do multímetro, para a potência elétrica. Como mostrado anteriormente, a eficiência é dada pela divisão entre as duas potências obtidas. Pretende-se mostrar para o usuário a eficiência energética em cada uma das vezes que completar um circuito pedalado. Espera-se que essa eficiência varie de acordo com o tipo físico do usuário, o tipo do circuito, a velocidade e principalmente a frequência de pedalagem, que influencia diretamente o valor da potência mecânica.

18.4.2 Dados do usuário

O estudo ergonômico analisa principalmente as condições de trabalho em que as pessoas estão submetidas ao realizar uma atividade. Por exemplo, quando um motorista está ao volante, executa atividades corporais tão intensas quanto à de um operário em seu posto de trabalho. O corpo do motorista está submetido a esforços da posição de pilotagem e das forças transmitidas ao veículo.

Para o desenvolvimento de projetos de produtos ergonômicos faz-se necessária a aplicação correta das dimensões humanas. Hoje a evolução das formas de análise de dados estatísticos aperfeiçoa as informações levantadas em uma pesquisa de dados antropométricos. Analises realizada ultimamente indicam que se um produto for dimensionado utilizando o manequim de 95% masculino e um manequim 5% feminino este será capaz de acomodar 90% da população escolhida.

Fazendo-se uma pesquisa de mercado, para definição do usuário, temos que o mesmo possui um perfil jovem, e que seu percentil varia entre 5% para o feminino e 95% para o masculino. Observando tal variação do percentil, de acordo com a necessidade do usuário, foi feita a compra de uma bicicleta aro 26 que atende esses requisitos de projeto.

De acordo com estudos realizados pela Universidade Federal de São Carlos em parceria com o Instituto Nacional de Tecnologia, foram feitas pesquisas para uma melhor aproximação da variação antropométrica da população brasileira.

- População masculina: utilizando apenas os dados da população masculina coletados em empresas, e as medidas de manequins de outras nacionalidades, foi feita uma regressão múltipla das variáveis em estudo. Após diversas tentativas, foram estimados os valores, utilizando o modelo que melhor estimou as medidas observadas: Brasileiro = $1,030426 + 0,441852^{\text{Francês}} + 0,551620^{\text{Koreano}}$ Modelo que estima as medidas antropométricas do manequim brasileiro masculino.
- População feminina: a população feminina foi estimada seguindo os mesmos passos da população masculina: Brasileira = $0,345534 + 0,990981^{\text{Francesa}}$

As medidas do manequim brasileiro, feminino e masculino foram estimadas utilizando tais aproximações. Em que para análise do produto gerado pelo Grupo-X apenas duas variáveis serão de grande importância para definição do usuário, a altura e o peso.

Percentis	Peso	Altura
Feminino(5%)	70 Kg	1,60cm
Masculino (95%)	58 Kg	1,72cm

Tabela 11 – Tabela de variáveis, para os percentis. (Fonte: autor)

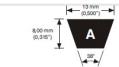
Em que a altura irá limitar a melhor acomodação do usuário na bicicleta, e o peso será uma variável de entrada para análise da estrutura montada para transformar a bicicleta norma, comprada, em bicicleta ergométrica.

18.4.3 Transmissão (Dimensionamento da Correia)

Além de proporcionar uma agradável e divertida pedalada através do ambiente virtual, o nosso produto irá transformar a energia mecânica, gerada durante a pedalada, em energia elétrica. Tal transmissão será feita por correia/polia.

Esse tipo de transmissão possui diversas vantagens, se comparada a transmissão por corrente:

- Podem transmitir grande quantidade de energia;
- Uma das formas mais utilizadas em sistemas de transmissão de potência;
- Possuem custos relativamente baixos, se compara a correntes, por exemplo (manutenção);
- Tendem a proteger a unidade motora;
- Possuem rendimento entre 0.96 a 0.98, pois podem apresentar escorregamentos, dependendo da aderência da correia sobre a polia;



SEÇÃO A				SECCIÓN A				SECTION A			
Dimensões Nominais Nominal Dimensions Altura 73 mm Height 73 mm Largura 60 mm Width 60 mm				Dimensões Nominais Nominal Dimensions Altura 73 mm Height 73 mm Largura 60 mm Width 60 mm				Nominal Dimensions Altura 73 mm Height 73 mm Largura 60 mm Width 60 mm			
Perfis A Profile A		Comprimento Ótimo Optimal Length pol. inches		Comprimento efectivo Effective Length mm Inches		Perfis A Profile A		Comprimento Ótimo Optimal Length pol. inches		Comprimento efectivo Effective Length mm inches	
22	23,5	650	24	610	61	62,5	63	1550	63	1650	
23	24,5	660	25	635	62	63,3	64	1610	64	1650	
24	25,3	640	26	660	63	64,3	65	1635	65	1650	
25	26,3	670	27	685	64	65,3	66	1660	66	1675	
26	27,3	680	28	710	65	66,3	68	1680	67	1700	
27	28,3	720	29	725	66	67,3	69	1710	68	1725	
28	29,3	745	30	760	67	68,3	70	1735	69	1755	
29	30,5	770	31	785	68	69,3	70	1760	70	1780	
30	31,3	795	32	810	69	70,3	71	1785	71	1805	
31	32,3	820	33	840	70	71,3	72	1810	72	1830	
32	33,3	845	34	865	71	72,3	73	1835	73	1855	
33	34,3	870	35	890	74	75,3	76	1910	76	1930	
34	35,3	895	36	915	75	78,3	76	1940	77	1955	
35	36,3	920	37	940	78	79,3	78	2015	80	2030	

Figura 89 – Tipos de correias. (Fonte: <http://www.correias.com.br/>)

Para ser acoplada ao alternador, a correia escolhida foi a do tipo trapezoidal, uma vez que a polia, onde esta correia será acoplada, possui essa especificação para melhor aderência durante a transmissão. A seguir, o tipo de correia usada, pode ser verificado:

Sabendo-se que o diâmetro maior (roda) possui 520 mm e que o diâmetro menor (polia do alternador) possui 78 mm foi feita o cálculo do comprimento da correia necessária. Em que a distância entre centros C é dada por:

$$C = \frac{3d + D}{2} \quad (18.6)$$

$$C = \frac{3 * 78 + 520}{2} \quad (18.7)$$

$$C = 377\text{mm}$$

Com os diâmetros e a distância entre centros encontramos o comprimento da correia, dado por:

$$L = 2C + 1,57(D + d) + \frac{(D - d)^2}{4C} \quad (18.8)$$

Assim temos:

$$L = 2 * 377 + 1,57(520 + 78) + \frac{(520 - 78)^2}{4 * 377} \quad (18.9)$$

$$L = 1930\text{cm} \text{ ou } L = 1,93\text{cm}$$

Sabendo-se o tipo de correia necessário e o seu comprimento, pode ser feita a escolha para compra, como pode ser observada na figura a seguir:

A correia escolhida estipulada foi a A-89 com perfil A 22.

TIPOS:

- Planas.



- Em V.



- Trapezoidal



- Hexagonal



Figura 90 – Correia trapezoidal. (Fonte: Site lesterborrachas)

Anexos

ANEXO A – Comandos utilizados para simulação no Ansys

Abaixo os comandos que foram utilizados para a simulação da Bike 3D no Ansys.

!Comandos para título da simulação - Bike 3D Start-X

/title,Bike Start-X

/prep7 ! Iniciando pre-processor

! Definindo alguns parametros

x1 = 500 ! Parametros desnecessarios, usados a seguir para facilitar os comandos.

x2 = 825

y1 = 325

y2 = 400

z1 = 50

! Definindo os Keypoints

K,1, 0,y1, 0 ! k,numero do key-point,coordenada-x,coordenada-y,coordenada-z

K,2, 0,y2, 0

K,3,x1,y2, 0

K,4,x1, 0, 0

K,5,x2, 0, z1

K,6,x2, 0,-z1

! Definindo as Linhas, ligando os Keypoints

L,1,2 ! l,keypoint1,keypoint2

L,2,3

L,3,4

L,4,1

L,4,6

L,4,5

L,3,5 ! Estas duas ultimas linhas, são para o suporte traseiro da bicicleta

L,3,6

! Definindo o tipo de elemento

ET,1,pipe16

KEYOPT,1,6,1

! Definindo as constantes reais (Características geometricas do perfil da bicicleta)

R,1,25,2 ! r,numero real,diametro externo,espessura da parede

R,2,12,1 ! segundo conjunto de constantes reais, para o suporte traseiro

! Definindo as propriedades do material

MP,EX,1,70000 ! mp,modulo de Yong,numero do material,valor

MP,PRXY,1,0.33 ! mp,coeficiente de Poisson's,numero do material,valor (Aluminio)

! Difinindo o número de elementos de cada linha, para a mesma ser dividida

LESIZE,ALL,20 ! (lesize)Numero de linhas(todas as linhas),o tamanho do elemento

! Line Meshing

REAL,1 ! ativando as propriedades reais (1)

LMESH,1,6,1 ! malhar as linhas, que possuem tais propriedades

! malhar linhas de 1 a 6, passo igual a 1

REAL,2 ! ativando as propriedades reais (2)

LMESH,7,8 ! malhar suporte traseiro

FINISH ! finalizando o processo

/SOLU

ANTYPE,0 ! Tipo de analise,estatica

! Definindo restrições aplicadas nos keypoint

DK,1,UX,0,,,UY,UZ ! dk,keypoint,direção,dislocamento,,,direção,direção

DK,5,UY,0,,,UZ

DK,6,UY,0,,,UZ

! Definindo forças aplicadas no Keypoints

FK,3,FY,-1000 !fk,keypoint,direção,força

SOLVE ! Resolver o problema

FINISH ! Finalizando a solução

SAVE ! Salvando o soluções

/post1

PRRSOL, ! lista reações de apoios

Referências

BARROS, A. Acidentes de trânsito com vítimas: sub-registro, caracterização e letalidade. cad saúde pública. 2003. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/csp/v21n5/23.pdf>>. Citado na página 11.

BOAS, Y. A. G. V. *Overview of Virtual Reality Technologies*. Citado na página 15.

Kickstarter. *What is Kickstarter*. 2014. Acessado em : 18 set 2014. Disponível em: <<https://www.kickstarter.com/hello?ref=footer>>. Citado na página 27.

Palmer Luckey. *OculusVR Story*. 2014. Acessado em : 18 set 2014. Disponível em: <<http://www.oculus.com/company/>>. Citado na página 27.

VASCO, C. G.; VITHOFT, M. H.; ESTANTE, P. R. C. Comparação entre metodologias rup e xp. 2006. Disponível em: <http://mat-faa.googlecode.com/svn/trunk/TCC/Material%20Pesquisa/RUPvsXP_draft.pdf>. Citado na página 33.

Glossário

A | C | G | M | O | P | R | U

A

Arduino

Arduino, ou Arduíno é uma plataforma de prototipagem eletrônica de hardware livre e de placa única, projetada com um microcontrolador Atmel AVR com suporte de entrada/saída embutido. Usa uma linguagem de programação padrão, de origem em *Wiring*, sendo essencialmente *C/C++*..

C

CAVE

Caverna digital ou CAVE (Cave Automatic Virtual Environment) é um ambiente onde são projetados imagens em suas paredes (e algumas vezes chão) no intuito de explorar e interagir com objetos, pessoas virtuais e outros para ter um ambiente virtual, desta forma mergulhando em um mundo virtual.

Chef

Chef é um sistema de gerenciamento de configuração que permite que seja definido o estado da infraestrutura de TI. Usa Ruby e domain-specific language (DSL) realizar as *receitas* no sistema.

G

Git

É um sistema de controle e versionamento de código open-source desenvolvido por Linus Torvalds e Junio Hamano sob licença GNU GPL2. Permite o desenvolvimento distribuído, autenticação criptográfica do histórico, estratégias de mescla (merge) conectáveis dentre outras funcionalidades que agilizam a produção e garantem integração do desenvolvimento da equipe com o projeto, fazendo dele uma das ferramentas mais utilizadas atualmente para versionamento de código.

M

MSP430

Microcontrolador de baixa potência da Texas Instruments (TI). A versão utilizada neste projeto é a MSP430G2553, disponibilizada junto ao kit [Launchpad](#).

O

Oculus Rift

Equipamento de realidade virtual para jogos eletrônicos desenvolvido pela Oculus VR e adquirido pelo [Facebook In](#) em 25 de março de 2014.

P

Puppet

Puppet é um sistema de gerenciamento de configuração que permite que seja definido o estado da infraestrutura de TI. A ferramenta open-source é mantida pela Puppet Labs.

Python

Python é uma linguagem de programação de alto nível , interpretada, imperativa, orientada a objetos, funcional, de tipagem dinâmica e forte. Foi lançada por Guido van Rossum em 1991(??). Atualmente possui um modelo de desenvolvimento comunitário, aberto e gerenciado pela organização sem fins lucrativos Python Software Foundation.

R

Ruby

Ruby é uma linguagem de programação dinâmica, refletiva, orientada à objetos de propósito de uso geral. Ela foi designada e desenvolvida nos anos 90 por Yukihiro "Matz" Matsumoto no Japan.

U

UART (RS232)

Padrão de protocolo para troca serial de dados binários entre um DTE (terminal de dados) e um DCE(comunicador de dados). Também é conhecido por *EIA RS-232C* ou *V.24*.

Unity 3D

Também identificado como Unity 3D para evitar equívocos de plataformas, o Unity é um ecossistema de desenvolvimento de jogos, com mecanismos de renderização, ferramentas de fluxos de trabalho rápido, com suporte para publicação em multi-plataforma e bibliotecas prontas para uso..