

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

Plataforma de ciclismo interativa com imersão em realidade virtual e monitoramento de dados fisiológicos e de desempenho

**Autores: Alisson Henrique S. Carvalho, Arthur S. Gonzaga,
Bruno M. V. Rocha, Daniel S. S. Moreira, Heitor M. D.
Esposte, Jeann F. Figueiredo, João Vitor A. Moura, Lenin A. S.
Cerqueira, Mateus Manuel R. Bezerra, Matheus P. Santana,
Thaynara Késsia E. Pereira, Renata S. Santos e Sabryna S.
Pessoa**

Brasília, DF
2017



Alisson Henrique Sousa de Carvalho, Arthur Simões Gonzaga, Bruno de Medeiros Vieira Rocha, Daniel sampaio Santos Moreira, Heitor de Moura Del Esposte, Jeann Feitosa Figueiredo, João Vitor Araujo Moura, Lenin Andrade de Souza Cerqueira, Mateus Manuel Rodrigues Bezerra, Matheus Pereira Santana, Thaynara Késsia Espíndola Pereira, Renata Soares dos Santos e Sabryna de Sousa Pessoa

Plataforma de ciclismo interativa com imersão em realidade virtual e monitoramento de dados fisiológicos e de desempenho

Trabalho submetido ao curso de Projeto Integrador de Engenharia 2 da Universidade de Brasília, como requisito parcial para obtenção do Título de Bacharel em engenharia aeroespacial, automotiva, eletrônica, de energia e de software .

Universidade de Brasília – UnB
Faculdade UnB Gama – FGA

Orientador: Alex Reis, Paulo Roberto M. Meireles, Rhander Viana e
Sebatien R. M. J. Rodineau

Brasília, DF
2017

Lista de ilustrações

Figura 1 – Estrutura Analítica do Projeto.	15
Figura 2 – Processo de Formalização de Entregas.	21
Figura 3 – Processo de Gerenciamento de Blocos.	22
Figura 4 – Processo de Gerenciamento de Riscos.	23
Figura 5 – Organograma do projeto.	31
Figura 6 – Cronograma Geral do Projeto	34
Figura 7 – Modelo de óculos <i>rift</i> disponível para o projeto.	36
Figura 8 – Modelo de bicicleta acoplada a estrutura proposta.	38
Figura 9 – Versão inicial da estrutura de acoplamento da bicicleta.	39

Lista de tabelas

Tabela 1 – Matriz S.W.O.T.	19
Tabela 2 – Probabilidade	24
Tabela 3 – Impacto	24
Tabela 4 – Probabilidade e Impacto	25
Tabela 5 – Prioridade	25
Tabela 6 – Riscos do Projeto	25
Tabela 7 – Riscos do Projeto Estrutural	26
Tabela 8 – Riscos do Subsistema de Aquisição e Controle	27
Tabela 11 – Riscos Positivos	27
Tabela 9 – Riscos do Subsistema do Ambiente Virtual	28
Tabela 10 – Riscos do Subsistema de Alimentação	28
Tabela 12 – Respostas aos Riscos do Projeto	28
Tabela 13 – Respostas aos Riscos do Projeto Estrutural	29
Tabela 14 – Respostas aos Riscos do Subsistema de Aquisição e Controle	29
Tabela 15 – Respostas aos Riscos do Subsistema do Ambiente Virtual	30
Tabela 16 – Respostas aos Riscos do Subsistema de Alimentação	30
Tabela 17 – Respostas aos Riscos Positivos	30
Tabela 18 – Orçamento - Simulador de Ambiente Virtual	32
Tabela 19 – Orçamento - Sistema de Alimentação de Energia	32
Tabela 20 – Orçamento - Estrutura	32
Tabela 21 – Orçamento - Sistemas de Aquisição e Controle	33
Tabela 22 – Orçamento	46

Lista de abreviaturas e siglas

Fig. Area of the i^{th} component

456 Isto é um número

123 Isto é outro número

lauro cesar este é o meu nome

Lista de símbolos

Γ	Letra grega Gama
Λ	Lambda
ζ	Letra grega minúscula zeta
\in	Pertence

Sumário

1	INTRODUÇÃO	13
1.1	Contextualização	13
1.2	Objetivo Geral	13
1.3	Objetivos Específicos	13
2	DEFINIÇÕES	15
2.1	WBS	15
2.2	Lista É/Não É	15
3	DESCRIÇÃO DAS ATIVIDADES E RESPONSABILIDADES	17
3.1	Requisitos	17
3.1.1	Requisitos Funcionais	17
3.1.2	Requisitos de Desempenho	17
3.2	Estudo da Viabilidade do Projeto	18
3.2.1	Infra-estrutura	18
3.2.2	Viabilidade Técnica	18
3.2.2.1	Investimentos fixos programados	19
3.2.3	Aspectos Organizacionais e de Gestão	19
3.2.4	Planejamento Estratégico	19
3.3	Escopo	20
3.3.1	Definição do Escopo	20
3.3.2	Processo de Formalização de Aprovação	21
3.3.3	Processo de Gerenciamento de Mudança	22
3.4	Análise Crítica de Projeto e Desenvolvimento	23
3.4.1	Processo de Gerenciamento dos Riscos	23
3.4.2	Categoria dos Riscos	23
3.4.3	Definições de Probabilidade e Impacto dos Riscos	24
3.4.3.1	Probabilidade	24
3.4.3.2	Impacto	24
3.4.4	Matriz de probabilidade e Impacto	24
3.4.4.1	Prioridade	25
3.4.5	Registro dos Riscos	25
3.4.5.1	Riscos Negativos do Projeto	25
3.4.5.2	Riscos Positivos	27
3.4.6	Análise e Resposta aos Riscos	28
3.4.6.1	Riscos Negativos	28

3.4.6.2	Riscos Positivos	30
3.5	Recursos Humanos	30
3.5.1	Papéis e responsabilidades	30
3.5.2	Organograma	31
4	ORÇAMENTO DO PROJETO	32
4.1	Simulador de Ambiente Virtual	32
4.2	Sistema de Alimentação de Energia	32
4.3	Estrutura	32
4.4	Sistemas de Aquisição e Controle	33
5	CRONOGRAMA	34
6	SUBSISTEMAS	35
6.1	<i>Simulador de Ambiente Virtual</i>	35
6.1.1	Apresentação e Resumo	35
6.1.2	Principais Características	35
6.1.2.1	Simulação de Corrida	35
6.1.2.2	Conta de Usuário	35
6.1.2.3	Dois tipos de pista	35
6.1.3	Público-Alvo	35
6.1.4	Plataformas	35
6.1.5	Controles	36
6.1.6	Interfaces	36
6.1.7	Unity 3D	36
6.1.8	Oculus SDK	36
6.1.9	Testes	37
6.2	<i>Sistemas de Aquisição e Controle</i>	37
6.2.1	Apresentação e Resumo	37
6.2.2	Principais Características	37
6.2.2.1	Monitoramento da Bicicleta	37
6.2.2.2	Monitoramento do Atleta	37
6.2.2.3	Controle de atuadores	37
6.2.2.4	Comunicação dos módulos	38
6.2.3	Testes	38
6.3	<i>Estrutura</i>	38
6.3.1	Apresentação e Resumo	38
6.3.2	Principais Características	39
6.3.2.1	Desenvolvimento da plataforma	39
6.3.2.2	Segurança	39

6.3.3	Testes	39
6.4	<i>Sistemas de Alimentação de Energia</i>	40
6.4.1	Apresentação e Resumo	40
6.4.2	Principais Características	40
6.4.2.1	Atuadores da plataforma	40
6.4.2.2	Estudo energético do sistema	40
6.4.2.3	Sistema de alimentação energética	40
6.4.2.4	Conversão de energia	41
6.4.2.5	Armazenamento da energia elétrica	41
6.4.3	Testes	41

REFERÊNCIAS	42
------------------------------	-----------

APÊNDICES	43
------------------	-----------

APÊNDICE A – TERMO DE ABERTURA DO PROJETO	44
--	-----------

A.0.1	Descrição do projeto	44
A.0.2	Justificativa do projeto	44
A.0.3	Objetivos do projeto	44
A.0.4	Requisitos de alto nível	45
A.0.5	Subsistemas Identificados	45
A.0.6	Riscos	45
A.0.7	Resumo do cronograma de marcos	45
A.0.8	Resumo do orçamento	46
A.0.9	Lista das partes interessadas	46
A.0.10	Requisitos para a aprovação do projeto	46
A.0.11	Gerência do projeto	46
A.0.12	Patrocinadores	46

ANEXOS	47
---------------	-----------

ANEXO A – PRIMEIRO ANEXO	48
---	-----------

ANEXO B – SEGUNDO ANEXO	49
--	-----------

1 Introdução

1.1 Contextualização

Uma das grandes demandas de profissionais e entusiastas do esporte de ciclismo é ter a opção de poder praticar em um ambiente fechado, seja em casa, academia ou laboratório. Este interesse é natural por questões de praticidade, comodidade ou por questões mais sérias, tais como avaliações de desempenho. Para este intuito são usadas plataformas de ciclismo estáticas, onde o atleta pode desempenhar sua atividade restrita a um espaço pequeno e fechado. Um exemplo de plataforma estática que ganhou muita fama é a bicicleta ergométrica.

Contudo, o fator preponderante nesta aplicação é o quão próximo os estímulos que essa plataforma estática de ciclismo causa estão dos estímulos de uma corrida de bicicleta em ambiente livre. Neste quesito entram as três grandes propostas deste projeto, que são a plataforma estática iterativa, imersão em ambiente de realidade virtual e medição de dados fisiológicos e de desempenho.

1.2 Objetivo Geral

Construção de uma plataforma de ciclismo estática e iterativa com imersão do usuário em ambiente de realidade virtual com uso de óculos de realidade virtual e monitoramento e armazenamento de dados fisiológicos e de desempenho.

1.3 Objetivos Específicos

Para atingir o objetivo geral e atender a demanda exigida pelo projeto deverão ser cumpridos os seguintes objetivos específicos:

- Projeto e construção da plataforma de acoplamento para bicicleta.
- Projeto do sistema de alimentação dos atuadores e sistemas de sensoramento.
- Implementação de um sistema de geração de energia para a plataforma.
- Desenvolvimento do sistema de controle dos componentes.
- Projeto dos sistemas de sensoramento e construção dos circuitos.
- Configuração do microcontrolador responsável pela aquisição e transmissão de dados.

- Desenvolvimento de ambiente e jogo de realidade virtual.
- Estabelecimento de um protocolo de comunicação entre os sistemas de aquisição e processador central (PC).
- Armazenamento de informações adquiridas pelos sensores em um registro.

2 Definições

2.1 WBS

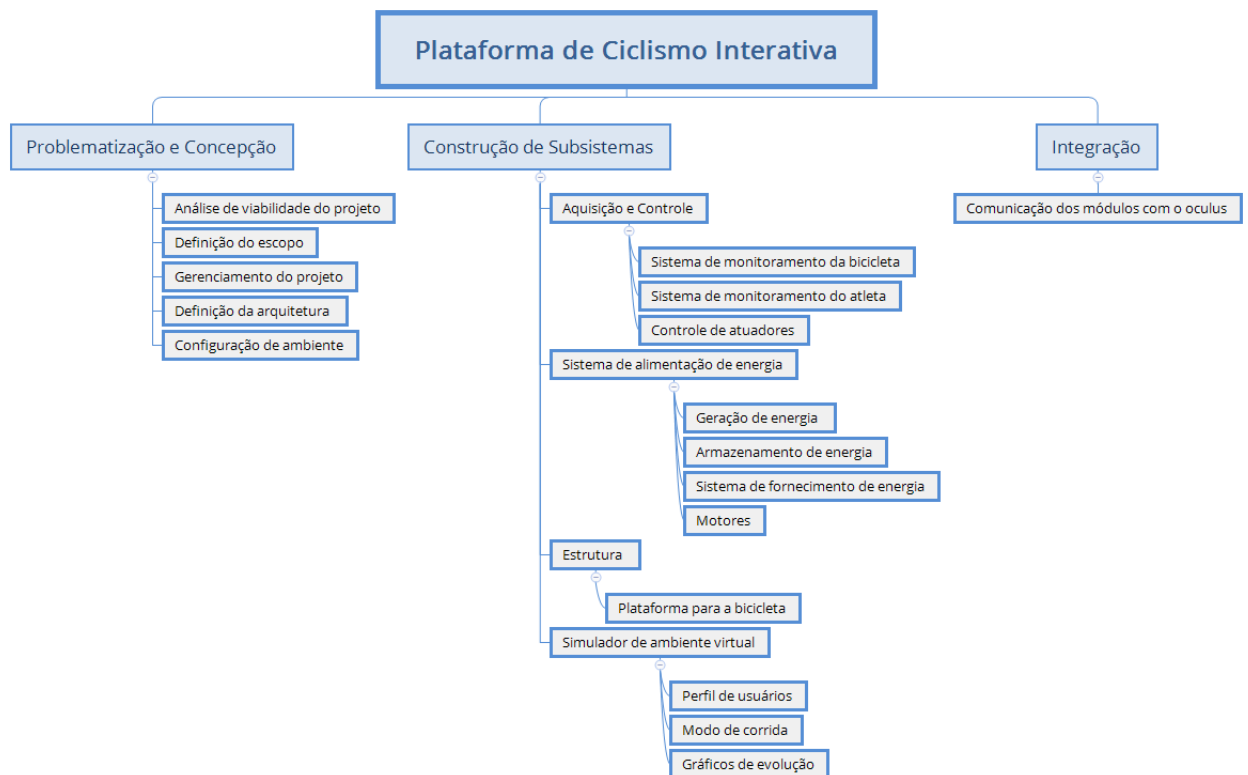


Figura 1 – Estrutura Analítica do Projeto.

2.2 Lista É/Não É

- O jogo é um simulador de um ambiente de corrida de bicicleta gamificado que utiliza informações reais do usuário.
- O jogo não é uma simulação de um ambiente para a exploração do usuário.
- O jogo mostra as medidas do desempenho do usuário comparando-as com resultados anteriores. O design gráfico do jogo não é realista.
- É um produto que possui um sistema de conversão de energia.
- Não é um produto que possui um sistema de alimentação de energia integrado a rede elétrica convencional.

- É um produto em que a alimentação principal ocorre por meio de bateria(s).
- É um produto que possui um sistema de alimentação parcialmente autônomo.
- É um produto que possui um sistema de alimentação com referências sustentáveis.
- É uma estrutura adaptável.
- Não é uma estrutura simples de treino de ciclismo.
- É uma estrutura modular.
- Não é uma bicicleta ergométrica.
- É um produto com aquisição de dados através de sensores
- É um produto modularizado com módulos comunicantes
- Não é um produto com comunicação totalmente sem fio
- É um produto que faz uso de um protocolo de comunicação

3 Descrição das atividades e responsabilidades

3.1 Requisitos

3.1.1 Requisitos Funcionais

- Simular corrida de bicicleta em ambiente virtual.
- Manter dados do usuário.
- Visualizar dados de desempenho.
- Gerar energia que alimente pelo menos parcialmente o sistema.
- Monitorar movimentação da bicicleta.
- Monitorar os dados fisiológicos do usuário de respiração, batimentos cardíacos e resistência galvânica da pele.
- Transmitir dados monitorados para o óculos.
- Controlar atuadores para emular movimentos do ambiente de realidade virtual.
- Projeto de uma estrutura adaptável que comporte bicicletas de aros de 26 ou 29 polegadas.
- Projeto de uma estrutura que comporte sensores, motores e aparatos tecnológicos.

3.1.2 Requisitos de Desempenho

- O jogo deve executar a uma taxa mínima de 24 frames por segundo.
- O jogo deve responder às entradas dos outros sistemas a um tempo de 100 milissegundos.
- O jogo deverá ser disponível para os sistemas operacionais *Windows* e *Linux*.
- O sistema de alimentação deve fornecer uma autonomia mínima de 5 minutos para o sistema.
- O sistema de controle de carga deve ser sincronizado com a realidade do jogo.
- Os sistemas de monitoramento do atleta devem ser enviados via *wireless*.

- Os sistemas de monitoramento devem ser construídos com robustez suficiente de maneira que possam ser instalados em luvas, pulseiras, cintos e/ou coletes para que possam ser usados pelo usuário e estar em constante movimento.
- Permitir movimentação do guidão da bicicleta.
- Ser firme e segura a fim de prevenir acidentes por tontura ou erro na simulação.

3.2 Estudo da Viabilidade do Projeto

3.2.1 Infra-estrutura

O espaço disposto para o projeto é o Laboratório de Pesquisa em Artes e Tecno-Ciência (LART) localizado dentro do MOCAP. Este laboratório visa integrar artistas e cientistas em uma visão mais humanista dos avanços tecnológicos. Ele nos promove um espaço de trabalho, peças, computadores e apoio dos professores. Ainda temos como espaço de trabalho o Galpão da FGA, onde temos uma série de máquinas e técnicos para a produção da estrutura da plataforma.

3.2.2 Viabilidade Técnica

O produto é uma plataforma de realidade virtual na qual insere-se uma bicicleta. Esse é um produto que está disponível no mercado com diversas tecnologias e formas possíveis por empresas pioneiras, como por exemplo a WideRun, a Zwift e a VirZOOM. A plataforma será capaz de gerar, por óculos de realidade virtual, um ambiente, e haverá toda a aquisição de dados por meio de sensores espalhados pela bicicleta, a fim de monitorar a atividade física exercida pelo usuário. Há mais de uma década que diversos artigos científicos mostram os resultados de estudos do comportamento fisiológico em ambiente virtual (PLANTE et al., 2003) (MESTRE; DAGONNEAU; MERCIER, 2011) (CHIHAK et al., 2010) mostrando a necessidade e interesse neste tópico. Nossa solução ainda permite a economia de energia, tendo em vista que parte do sistema é um microgerador de energia, com o intuito de fornecer energia para os componentes do sistema, algo também que está começando a se espalhar em academias e projetos de pesquisas.

O objetivo desta plataforma é estudar e monitorar os ciclistas enquanto realizam exercício indoor em um ambiente virtual, uma área inovadora que tem ainda muito a avançar, tanto em pesquisas quanto em mercado e em implementação de recursos tecnológicos, tais como sensores de frequência cardíaca, microgeração de energia e imersão em realidade virtual, os quais são novidades para boa parte da população. Tais estudos serão conduzidos pelo LART, que se beneficiará dessa plataforma de baixo custo de ciclismo e óculos de realidade virtual, para fazer essas pesquisas de ponta.

3.2.2.1 Investimentos fixos programados

Há a disponibilidade de local físico para trabalho, o LART, portanto, despreza-se os custos com instalações complementares. Os equipamentos principais a serem utilizados, tais como o *Oculus Rift*, estão sendo disponibilizados também pelo laboratório. Os custos fixos programados seriam apenas com compras de componentes para a instrumentação e controle ativo da plataforma e para a construção da estrutura da plataforma.

3.2.3 Aspectos Organizacionais e de Gestão

O projeto é desenvolvido por alunos de Engenharias (Aeroespacial, Automotiva, Eletrônica, Energia e Software), apoiado por professores gabaritados em gestão de projetos e com experiência em lecionar a matéria de Projeto Integrador em Engenharia II. Haverão pontos de controle pré-definidos por estes professores que irão servir de avaliação e acompanhamento do projeto, contudo, a equipe se propõe a elaborar um cronograma com datas específicas de construção, validação e conclusão dos subsistemas.

Dos membros da equipe, todos estão no final do curso, o que os deixa em posição de conseguirem construir cada subsistema do projeto. Ainda temos alguns alunos de eletrônica e software com experiência em realidade virtual, alunos de automotiva experientes em design, simulação e fabricação, alunos de software premiados em competição.

3.2.4 Planejamento Estratégico

Tabela 1 – Matriz S.W.O.T.

	Fatores Controláveis	Fatores Externos
Pontos Fortes	Alunos de várias engenharias; É um projeto simples que pode ser ampliado; Tema instigante e inovador.	Apoio do LART; Suporte financeiro de professores; Atuadores D-Box a disposição; Acesso ao Galpão.
Pontos Fracos	Desconhecimento inicial de algumas tecnologias chave para o projeto; Tempo bem curto.	Greve; Quebrar algum equipamento essencial.

Com base na pesquisa de tendências já realizada, em todo o trabalho já feito e na matriz S.W.O.T. o projeto inicial será o cenário mais simples possível com as exigências de mais alto nível. Esse cenário será adaptável a melhorias que imagina-se serem possíveis, porém não há garantia de tempo hábil. Assim, caso o projeto básico termine antes do previsto, acrescentar-se-á algumas funções que seriam facilmente implementadas no design inicial.

Um exemplo claro disso é a utilização de atuadores para a inclinação da plataforma. Isso deixaria a simulação mais real, porém não se sabe se haverá tempo suficiente. Para tanto, projetar-se-á a plataforma que possa ser facilmente integrada com uma base de atuadores D-Box, que já consta no LART. Mas antes disso, tem que se assegurar que todos os demais requisitos do projeto estejam funcionando. Uma descrição detalhada dos requisitos da plataforma se encontram na seção 3.1.

Assim, os requisitos iniciais visarão segurança do usuário em caso de tontura, dificuldade de pedalada em simulação de subida, geração de energia a partir da movimentação da bicicleta e criação de ambiente virtual integrado com a plataforma real.

Esses objetivos primários foram discutidos com os professores do LART e com os orientadores da disciplina e acredita-se que sejam factíveis e que são o mínimo esperado pelo grupo.

3.3 Escopo

3.3.1 Definição do Escopo

A proposta do projeto é composto pela plataforma estática iterativa, a imersão em ambiente de realidade virtual e a medição de dados fisiológicos e de desempenho.

A plataforma estática deve ser de tal forma que o usuário tenha como treinar e sentir resultados assim como na corrida em ambiente livre. Para isso a estrutura tem um projeto que permite o usuário acoplar sua própria bicicleta para desenvolver suas atividades e permitir que os atuadores possam oferecer uma resposta de maneira similar para eventos comuns a uma corrida de bicicleta, tais como subida, descida, vibração e aceleração.

O ambiente em realidade virtual será desenvolvido visando a criação de um jogo a ser executado em um *Oculus Rift* padrão. Este tipo de óculos é uma ferramenta usada para promover imersão do usuário em um cenário de realidade virtual 3D e seu objetivo é atuar em sincronia com a plataforma estática proporcionando todo o estímulo visual do trajeto de corrida.

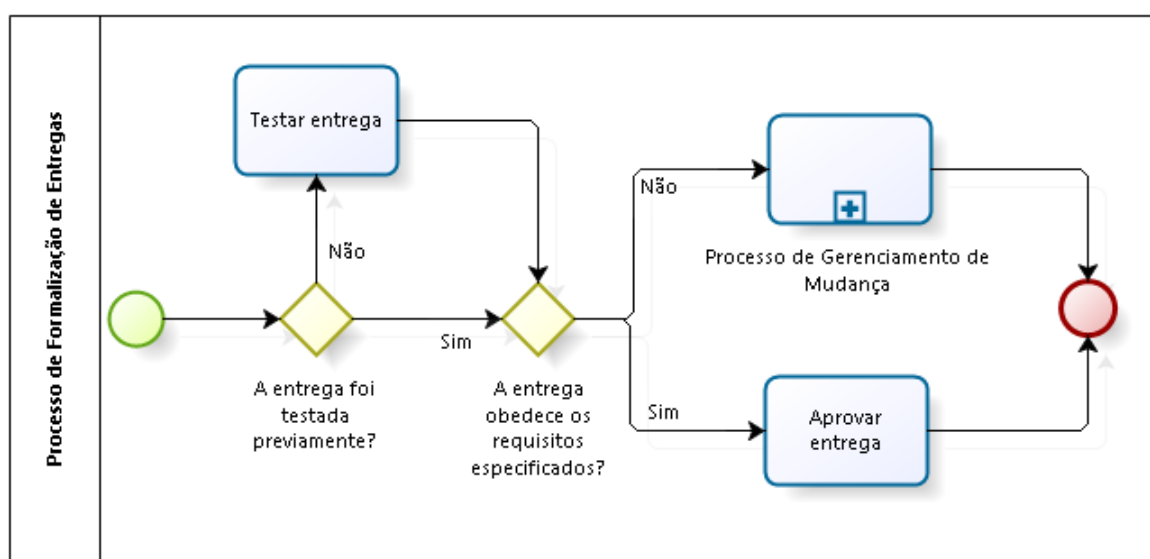
Os sistemas de monitoramento irão colher diversos dados do usuário e da própria bicicleta e armazenar os mesmos, para que possam ser observados em tempo real pelo usuário ou ainda ser expostos a uma análise posterior a execução.

O intuito destas três abordagens é permitir que o usuário tenha a opção de praticar sua rotina de atividades, com sua própria bicicleta, em um ponto estático e possa ter uma métrica desta execução.

3.3.2 Processo de Formalização de Aprovação

A fim de conseguir controlar as entregas foi definido um processo sob a qual toda atividade que resulte em algo entregável deve passar.

Os objetivos do processo consistem em verificar se aquele entregável foi submetido a um conjunto de testes e se ele propicia alguma alteração no escopo. Para tanto, segue o processo juntamente com a descrição das atividades:



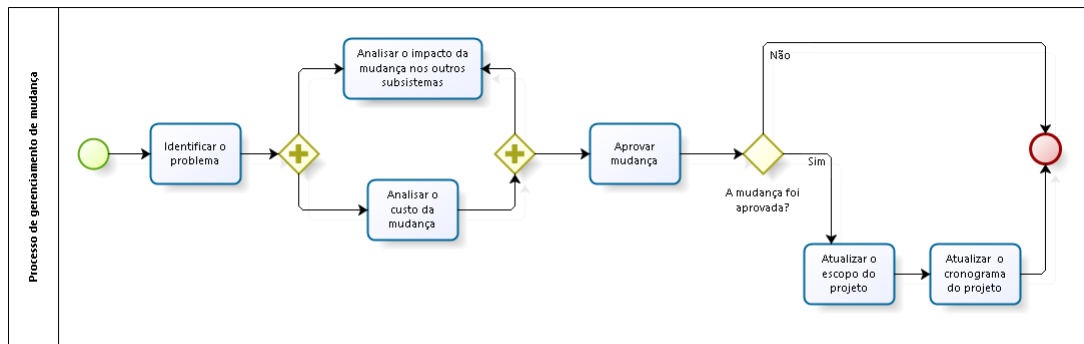
Powered by
bizagi
Modeler

Figura 2 – Processo de Formalização de Entregas.

- **Testar entrega** Consiste na avaliação do que foi produzido, com o intuito de garantir que está pronto para ser utilizado. Uma prática importante é validar os pontos de extremidade que possam vir a ocorrer com o construído.
- **Processo de Gerenciamento de Mudança** Uma vez que está sendo entregue pode afetar diretamente o planejamento, foi definido um processo de gerenciamento de mudança, que é melhor explicado na próxima subseção.
- **Aprovar entrega** Estando testado e verificado que a entrega obedece aos requisitos especificados, ela é dita como aprovada. Aprovar a entrega consiste em atualizar o *status* do que faz referência a ela, como o cronograma.

3.3.3 Processo de Gerenciamento de Mudança

Toda vez que o escopo necessitar de uma alteração, devem ser realizadas as atividades do processo de gerenciamento de mudança do escopo que está descrito no diagrama da figura 3.



Powered by
bizagi
Modeler

Figura 3 – Processo de Gerenciamento de Blocos.

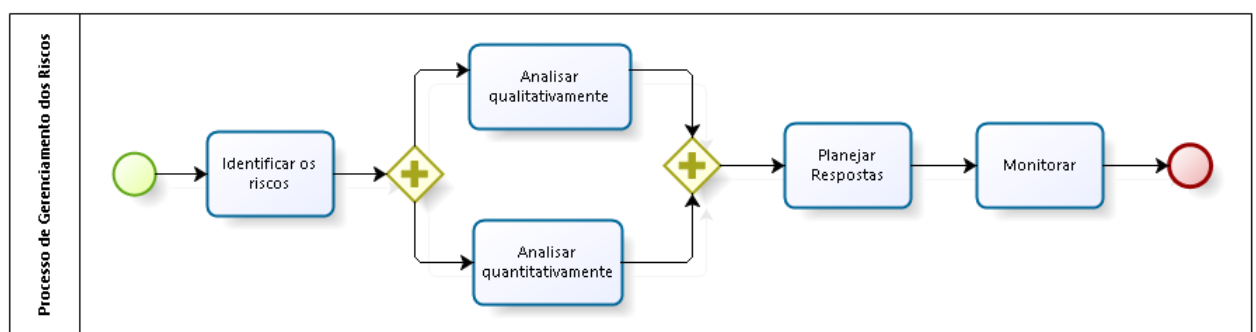
As atividades do processo de gerenciamento de mudança são:

- **Identificar o Problema** Nesta atividade, a equipe deve identificar o problema que ocasionou a mudança do escopo. O resultado desta atividade facilitará as análises posteriores do processo.
- **Analisar o impacto da mudança nos outros subsistemas** A partir da identificação do problema, a equipe deve analisar o impacto desta mudança nos outros subsistemas. Tudo o que deverá ser implementado no projeto devido à mudança solicitada é identificado e analisado nesta atividade.
- **Analisar o custo da mudança** A equipe deve analisar o custo que a mudança solicitada vai gerar ao projeto.
- **Aprovar mudança** Após a análise de impacto e custo no projeto, a equipe deve acordar se a mudança será realmente incorporada no projeto ou não, caso os impactos e os custos sejam prejudiciais.
- **Atualizar o escopo do projeto** O escopo do projeto deve ser atualizado com todas as mudanças identificadas na atividade de Analisar o impacto da mudança nos outros subsistemas.
- **Atualizar o cronograma do projeto** O cronograma deve ser adaptado com as mudanças incorporadas a fim de atender o prazo estabelecido do projeto.

3.4 Análise Crítica de Projeto e Desenvolvimento

3.4.1 Processo de Gerenciamento dos Riscos

O principal objetivo do processo de gerenciamento dos riscos é minimizar e controlar os eventuais impedimentos que ocorram no projeto e explorar os acontecimentos positivos. Em geral, neste processo são identificados todos os riscos de todas as categorias possíveis, cujo são analisados e respostas à eles caso ocorram são planejadas. As atividades do processo de gerenciamento de riscos estão descritas abaixo.



Powered by
bizagi
Modeler

Figura 4 – Processo de Gerenciamento de Riscos.

- **Identificar riscos:** Consiste em elencar os riscos que podem afetar o desenvolver do projeto. Além de listá-los procura-se entender algumas de suas características para que sejam analisadas posteriormente.
- **Analisar qualitativamente:** Nesta etapa são aplicadas métricas de impacto e probabilidade aos riscos a fim de obter uma compreensão maior sobre eles.
- **Analisar quantitativamente:** Consiste em analisar de forma numérica os riscos para investigar melhor as métricas definidas no processo anterior.
- **Planejar respostas:** Com base na análise feita, é estipulado um conjunto de ações a serem tomadas de acordo com cada risco.
- **Monitorar:** Consiste em controlar os riscos durante o projeto, avaliando as suas causas, e executando as ações planejadas.

3.4.2 Categoria dos Riscos

Analisando a natureza dos riscos, os mesmos foram categorizados em três principais tipos:

- **Riscos Externos:** acontecimentos inerentes ao projeto que impactam no planejamento e desenvolvimento do mesmo. Como por exemplo, a falta de financiamento dos patrocinadores.
- **Riscos Técnicos:** eventos intrinsecamente ligados com a construção do produto. Um exemplo que pode ser citado é a descontinuação das tecnologias que serão utilizadas.
- **Riscos Gerencias:** estão relacionados ao mau planejamento e controle do projeto ocasionando impactos no produto final. Citando caso análogo, a definição de um escopo muito grande para o prazo de tempo do projeto.

3.4.3 Definições de Probabilidade e Impacto dos Riscos

Abaixo segue um conjunto de pesos da probabilidade e do impacto. Tais valores servirão de base para a priorização dos riscos, a fim de que ganhem um maior controle do que os outros.

3.4.3.1 Probabilidade

Tabela 2 – Probabilidade

Probabilidade (P)	Intervalo	Peso
Muito Baixa	$0 \leq P \leq 20\%$	1
Baixa	$20\% < P \leq 40\%$	2
Moderada	$40\% < P \leq 60\%$	3
Alta	$60\% < P \leq 80\%$	4
Muito Alta	$80\% < P \leq 100\%$	5

3.4.3.2 Impacto

Tabela 3 – Impacto

Impacto (I)	Descrição	Peso
Muito Baixo	Quase que imperceptível ao projeto	1
Baixo	Pouca influência no desenvolvimento do projeto	2
Moderado	Notável ao projeto, mas sem grandes consequências	3
Alto	Dificulta o desenvolvimento do projeto	4
Muito Alto	Impossibilita o prosseguimento do projeto	5

3.4.4 Matriz de probabilidade e Impacto

Os pesos da probabilidade de um evento ocorrer em contraste ao risco que este mesmo oferece é apresentado na tabela 4.

Tabela 4 – Probabilidade e Impacto

P\I	Muito Baixo	Baixo	Moderado	Alto	Muito Alto
Muito Baixa	1	2	3	4	5
Baixa	2	4	6	8	10
Moderada	3	6	9	12	15
Alta	4	8	12	16	20
Muito Alta	5	10	15	20	25

3.4.4.1 Prioridade

Com base na matriz apresentada é possível determina o nível de prioridade de cada risco como consequência dos intervalos definidos.

Tabela 5 – Prioridade

Prioridade	Intervalo
Baixa	1-5
Média	6-15
Alta	16-25

3.4.5 Registro dos Riscos

3.4.5.1 Riscos Negativos do Projeto

Tabela 6 – Riscos do Projeto

Causa	Risco	Descrição	Impacto
Inexperiência da equipe	R01	Dificuldades com as tecnologias e recursos utilizados para a construção da plataforma	Produtividade baixa e atraso nas entregas
Escopo mal definido	R02	Mudança no escopo	Replanejamento das atividades
Falha no planejamento ou baixa produtividade da equipe ou desmotivação dos integrantes	R03	Atraso nas entregas	Atraso no cronograma
Desmotivação dos integrantes	R04	Membros desistirem da disciplina	Sobrecarga de trabalho
Falha no planejamento	R05	Não concluir o escopo do projeto	O grupo pode ser penalizado com a nota do trabalho
Professores e/ou técnicos insatisfeitos	R06	Greve na universidade	Mudança no planejamento e interrupção do projeto
Interrupção no financiamento do projeto	R07	Desinteresse dos patrocinadores	Mudança no planejamento financeiro e no orçamento do projeto

Tabela 7 – Riscos do Projeto Estrutural

Causa	Risco	Descrição	Impacto
Atraso na entrega da estrutura	R08	Atraso na produção/montagem da estrutura no prazo estipulado	Produtividade baixa e atraso nas entregas
Técnicos insatisfeitos	R09	Mau relacionamento com os técnicos	Orçamento maior que o necessário e também uma logística mais complexa
Professores contra	R10	Um dos fatores estipulados por um dos professores patrocinadores é que o projeto fique na antessala do Mocap; tal lugar também é dividido entre outros professores e estes podem ser contra a aplicação do projeto no local. Para entrarem no LART os alunos terão que pedir para que os funcionários abram e fechem as portas e também terão que atravessar a aula no momento de aula, assim como conversas e barulhos de trabalho.	Se essa possibilidade ocorrer ou terá que ser confeccionado uma estrutura fácil de ser retirada do laboratório ou estipulado outro lugar para a aplicação.
Professores que dão aula no Mocap incomodados com os alunos	R11	Falta ou má aplicação dos equipamentos já comprados ou produzidos.	Prejudicará a fluência e liberdade de trabalho. Se forem barrados ou alertados pelos professores pelo incômodo tornará mais difícil o trabalho ágil.
Falta de equipamentos e peças	R12	Alguns equipamentos e materiais possuem o preço bastante alto e contando com o orçamento alto das outras subequipes pode acontecer de ter escassez de financeiro.	Atraso no cronograma, pois deverá ser fabricado ou encomendado outra peça.
Falta de dinheiro	R13	Após a construção final pode ocorrer falhas na estrutura.	Atraso no projeto para encontrar outra possibilidade mais barata ou adaptação do projeto.
Falhas, trincas, desmontes no momento da integração final	R14	Danos a patrimônios como: quebra de furadeira, torno, fresa e cnc, furar a lona cave ou algum patrimônio no Mocap.	Atraso no projeto para a manutenção.
Danos a patrimônios da UnB	R15	Na integração final pode acontecer que um subsistema tenha projetado de uma forma que não encaixe ou atrapalhe qualquer desempenho.	Aumentos do custo do projeto.
Geometria incompatível a outro subsistema	R16		Atraso no projeto para a manutenção.

Tabela 8 – Riscos do Subsistema de Aquisição e Controle

Causa	Risco	Descrição	Impacto
Atraso na entrega dos sensores comprados	R17	O produto não ser entregue no prazo estipulado	Atraso no cronograma de implementação e de testes e ensaios
Falta de equipamentos de monitoramento	R18	Não conseguir equipamentos ou meios que permitam a validação dos sistemas de monitoramento do atleta	Subsistemas com risco de não serem feitos conforme estipulado previamente
Sistema de conversão eletromecânico não funcionar conforme previsto no projeto	R19	A resistência imposta pelo alternador da roda não ser suficiente para emular um ambiente de declive e aative	Atraso no cronograma e mudança no planejamento
Protocolo de comunicação não ser implementado	R20	Não conseguir implementar um protocolo eficiente para comunicação entre os módulos e o computador central	Desconexão dos subsistemas
Danos a componentes eletrônicos unitários no projeto	R21	Danificar sensores, atuadores ou afins, que foram comprados unitariamente	Atraso do projeto, aumento de custo
Atraso na construção dos sistemas	R22	Atraso na etapa de construção dos sistemas de sensoramento do atleta ou da bicicleta	Atraso no projeto
Atraso no aprendizado acerca dos componentes	R23	Não ter trabalhado com as ferramentas decididas na etapa de planejamento e ter uma curva de aprendizado lenta	Atraso no projeto

3.4.5.2 Riscos Positivos

Tabela 11 – Riscos Positivos

Causa	Risco	Descrição	Impacto
Alta produtividade e agilidade na construção dos subsistemas	R01	Finalização do escopo dos subsistemas antes do tempo planejado	Conclusão precoce do escopo planejado
Controle dos atuadores D-BOX	R02	Finalizar o controle dos atuadores para pequenas inclinações na plataforma	O usuário terá uma imersão ainda mais real na realidade virtual

Tabela 9 – Riscos do Subsistema do Ambiente Virtual

Causa	Risco	Descrição	Impacto
Baixa qualidade dos assets produzidos	R24	Produção dos componentes visuais abaixo do esperado	Interface gráfica comprometida
Lentidão entre a comunicação do software com os sensores	R25	Tempo de processamento com os sensores atrapalhando a execução do fluxo de ações no ambiente virtual	Prejuízo na experiência do usuário

Tabela 10 – Riscos do Subsistema de Alimentação

Causa	Risco	Descrição	Impacto
Inexperiência prática dos integrantes com a tecnologia a ser utilizada	R26	Seleção da solução e equipamentos errados durante a fase de planejamento para atender as demandas de alimentação do projeto	Produtividade baixa e atraso nas entregas
Inexperiência prática dos integrantes com a tecnologia a ser utilizada	R27	Manipulação errônea de equipamentos e dispositivos	Danos nos equipamentos e acréscimo no orçamento

3.4.6 Análise e Resposta aos Riscos

3.4.6.1 Riscos Negativos

Tabela 12 – Respostas aos Riscos do Projeto

Risco	Probab.	Impacto	Prior.	Ação
R01	Muito Alta	Muito Alto	Alta	Prevenir - Realizar treinamentos em equipe
R02	Moderada	Moderado	Média	Mitigar - Refazer planejamento
R03	Moderada	Alto	Média	Mitigar - Cobrar entregas um dia antes e replanejar cronograma
R04	Baixa	Muito Alto	Média	Mitigar - Redefinir escopo e atividades entre os membros
R05	Baixa	Alto	Média	Mitigar - Fazer um bom planejamento, buscar opiniões de pessoas mais experientes
R06	Muito Baixa	Muito Alto	Baixa	Prevenir - Refazer o planejamento
R07	Muito Baixa	Muito Alto	Baixa	Prevenir - Manter continuamente os patrocinadores informados sobre o <i>status</i> do projeto

Tabela 13 – Respostas aos Riscos do Projeto Estrutural

Risco	Probab.	Impacto	Prior.	Ação
R08	Moderada	Alto	Média	Prevenir - constantemente conferir o planejamento
R09	Muito Baixa	Moderado	Baixa	Prevenir - demonstrar respeito para com os técnicos
R10	Baixa	Alto	Média	Prevenir - sempre consultar os professores envolvidos e demonstrar respeito para com eles
R11	Baixa	Moderado	Média	Prevenir - quando usar o LART, não fazer tanto barulho e ser discretos ao entrar e sair do laboratório
R12	Moderada	Alto	Média	Prevenir - fazer pesquisa de mercado com antecedência para validar o orçamento.
R13	Muito Baixa	Alto	Baixa	Prevenir - manter uma boa relação com os patrocinadores do projeto
R14	Baixa	Alto	Média	Prevenir - validar bem a estrutura com CAE e operar a estrutura conforme foi projetada para ser usada
R15	Baixa	Moderado	Média	Prevenir - sempre consultar os professores responsáveis e utilizar os equipamentos que já se tenha conhecimento antes.
R16	Moderada	Alto	Média	Prevenir - manter uma boa engenharia de sistemas para garantir que todos os sistemas estejam alinhados

Tabela 14 – Respostas aos Riscos do Subsistema de Aquisição e Controle

Risco	Probab.	Impacto	Prior.	Ação
R17	Moderada	Alto	Média	Mitigar - Comprar os sensores o mais rápido possível e um distribuidor próximo, se possível regional e em loja física.
R18	Moderada	Alto	Média	Prevenir - Procurar professores, pesquisadores e desenvolvedores da área de biomédica que possam informar onde conseguir os aparatos ou como validar o sistema dado sua falta
R19	Moderada	Moderado	Média	Prevenir - Trocar o alternador por um outro gerador eletromecânico ou compensar tal deficiência com outro sistema de carga ou outro algoritmo
R20	Moderada	Muito Alto	Média	Prevenir - Trocar o protocolo de comunicação ou simplificá-lo
R21	Baixo	Baixo	Baixa	Prevenir - Estabelecer uso e testes de componentes mais caros, unitários e de entrega demorada seguindo a indicação do fabricante a rigor. Comprar componentes sobressalentes
R22	Alta	Muito Alto	Alta	Prevenir - Seguir cronograma e procurar auxílio para empecilhos persistentes
R23	Alto	Muito Alto	Alta	Prevenir - Fazer revisão bibliográfica acerca da tecnologia, consultar o <i>datasheet</i> do fabricante e procurar referências de uso em aplicações similares

Tabela 15 – Respostas aos Riscos do Subsistema do Ambiente Virtual

Risco	Probab.	Impacto	Prior.	Ação
R24	Moderada	Alto	Média	Mitigar - Buscar assets disponíveis para a plataforma de desenvolvimento
R25	Moderada	Muito Alto	Média	Prevenir - Realizar testes constantemente

Tabela 16 – Respostas aos Riscos do Subsistema de Alimentação

Risco	Probab.	Impacto	Prior.	Ação
R26	Alta	Muito Alto	Alta	Prevenir - Realizar extensa pesquisa bibliográfica sobre as tecnologias consideradas e conversar com profissionais experientes da área para noções práticas.
R27	Alta	Muito Alto	Alta	Prevenir - Realizar simulações de todas as ações antes de implementar na prática e sempre que possível contar com supervisão.

3.4.6.2 Riscos Positivos

Tabela 17 – Respostas aos Riscos Positivos

Risco	Probab.	Impacto	Prior.	Ação
RP01	Baixa	Muito Alto	Média	Explorar - Adicionar funcionalidades ao produto
RP02	Baixa	Alto	Média	Explorar - verificar com os que já trabalharam com D-Box e caso o cronograma permita, emular pequenos cenários de inclinações e vibrações

3.5 Recursos Humanos

3.5.1 Papéis e responsabilidades

As divisões das tarefas para a realização do projeto foram definidas de acordo com cada área para garantir uma qualidade do projeto. O papel do gerente geral é ser responsável por manter a equipe sempre focada no objetivo, manter a comunicação sempre em dia e dando assistência para todo o conjunto, deste modo, facilitando o processo de integração de todos os subsistemas.

Cada subsistema possui também um subgerente, responsável por acompanhar e ajudar seu subgrupo, manter uma melhor comunicação entre eles e reportar todos as informações para os demais.

Para determinar todas as tarefas a serem feitas e garantir uma melhor organização e interação entre os membros do grupo, serão realizadas reuniões com todos os integrantes do grupo semanalmente. E para que não ocorra conflitos de horários, foi criado uma

planilha de horários de todos os integrantes, para que todos possam saber dos horários disponíveis de cada um.

Por ser um projeto complexo onde exige uma integração entre 4 subsistemas, é necessário a utilização de ferramentas para o auxílio do projeto. As ferramentas utilizadas são o *Slack* para a comunicação com os integrantes, o *Google Drive* para armazenamento e compartilhamento de documentos, o *GitHub* para manutenção e verificação dos códigos utilizados na eletrônica e software ao longo do projeto e o *Overleaf* para a edição e formatação do documento final do projeto.

3.5.2 Organograma

O projeto é composto por 13 integrantes e foi dividido em 4 equipes, sendo cada uma delas responsável por um subsistema. Estes subsistemas foram previamente definidos para que cada equipe tivesse a liberdade de trabalhar independentemente, deste modo, aumentando consideravelmente a velocidade de produção. Os subsistemas definidos para o projeto são: Estrutura, Energia, Software e Eletrônica. E para cada equipe foi designado um subgerente responsável por supervisionar e coordenar cada área do projeto.

A estrutura geral de gerenciamento do projeto pode ser observada na figura 5.

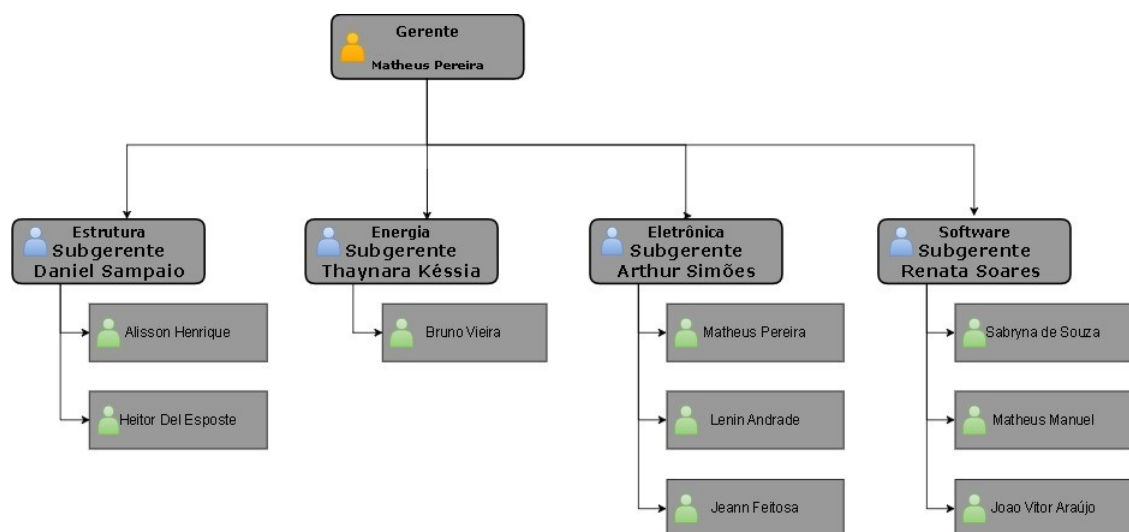


Figura 5 – Organograma do projeto.

4 Orçamento do Projeto

4.1 Simulador de Ambiente Virtual

Tabela 18 – Orçamento - Simulador de Ambiente Virtual

Recursos	Preço Unitário	Quantidade	Preço Total
Oculus Development Kit 1	R\$ 4.117,64	1	R\$ 4.117,64
Computador com placa de vídeo GTX 1050 TI e 8GB de RAM	R\$ 3.200,00	1	R\$ 3200,00
Custo Total	R\$ 7.317,64		

4.2 Sistema de Alimentação de Energia

Tabela 19 – Orçamento - Sistema de Alimentação de Energia

Recursos	Preço Unitário	Quantidade	Preço Total
Alternador VW 12 V 120 A	R\$ 299,00	1	R\$ 299,00
Bateria de Moto 12 V- 5 ah Honda	R\$ 84,99	1	R\$ 84,99
Custo Total	R\$ 383,99		

4.3 Estrutura

Tabela 20 – Orçamento - Estrutura

Recursos	Preço Unitário	Quantidade	Preço Total
Perfis de alumpinio (40 x 40)	R\$ 66,70 (o metro)	6 (metros)	R\$ 400,00
Compensado para gabaritos	R\$ 70,00	1	R\$ 70,00
Impressão de desenhos técnicos para construção	não definido	não definido	R\$ 30,00
Bicicleta para teste	R\$ 400,00	1	R\$ 400,00
Custo Total	R\$ 900,00		

4.4 Sistemas de Aquisição e Controle

Tabela 21 – Orçamento - Sistemas de Aquisição e Controle

Recursos	Preço Unitário	Quantidade	Preço Total
Sensor de Velocidade Encoder	R\$ 12,90	1	R\$ 12,90
Pastilha piezoelétrico	R\$ 4,99	4	R\$ 19,96
FSR circular	R\$ 57,00	2	R\$ 114,00
Potenciômetro Linear 200 k Ω	R\$ 0,79	1	R\$ 0,79
Sensor GSR	R\$ 31,00	1	R\$ 31,00
Sensor ótico	R\$ 5,26	1	R\$ 5,26
FSR quadrado (4,38 x 4x38 cm ²)	R\$ 79,90	2	R\$ 159,80
Componentes eletrônicos variados	não definido	não definido	R\$ 50,00 (estimado)
Custo Total	R\$ 393,71		

O custo total do projeto estimado inicialmente é na importância de R\$ 8.995,34, desta quantia, R\$ 1677,7 refere-se a equipamentos a serem adquiridos e o restante, R\$ 7.317,64, refere-se aos custos do óculos *Rift* e o *Desktop* do LART.

5 Cronograma















		Nome	Duração	Início	Fim
1		Problematização e Concepção	11d?	18/08/2017	29/08/2017
2		Analisar viabilidade	0.33d?	19/08/2017	19/08/2017
3		Definir solução	8.38d?	18/08/2017	26/08/2017
4		Definir gerência	0.33d?	23/08/2017	23/08/2017
5		Configurar Ambiente	7.38d?	18/08/2017	25/08/2017
6		Ponto de Controle 1	1d?	28/08/2017	29/08/2017
7		Construção dos Subistemas	83d?	18/08/2017	09/11/2017
8		Ambiente Virtual	53.38d?	28/08/2017	20/10/2017
9		Estabilizar o ambiente de desenvolvimento	4.38d?	28/08/2017	01/09/2017
10		Desenvolver mecanismo básico do jogo	13.38d?	02/09/2017	15/09/2017
11		Construir de assets fundamentais	6.38d?	16/09/2017	22/09/2017
12		Emular inputs e outputs com a bicicleta e jogador	4.38d?	23/09/2017	27/09/2017
13		Criar funcionalidade de conta	6.38d?	28/09/2017	04/10/2017
14		Construir dos cenários	10.38d?	05/10/2017	15/10/2017
15		Implementar gráficos de desempenho	5.38d?	15/10/2017	20/10/2017
16		Sistema de alimentação de energia	53.38d?	28/08/2017	20/10/2017
17		Desenhar a solução do mecanismo de conversão de energia	5.38d?	28/08/2017	02/09/2017
18		Selecionar equipamentos para mecanismo de conversão de energia	3.38d?	02/09/2017	05/09/2017
19		Realizar simulações com todos os equipamentos	5.38d?	05/09/2017	10/09/2017
20		Realizar o orçamento final dos equipamentos demandados	0.33d?	10/09/2017	10/09/2017
21		Construir o mecanismo de conversão de energia	10.38d?	12/09/2017	22/09/2017
22		Testar o mecanismo de conversão de energia	3.38d?	22/09/2017	25/09/2017
23		Integrar o sistema de conversão de energia com a liberação de energia	6.38d?	25/09/2017	01/10/2017
24		Testar o funcionamento das atividades desenvolvidas com integração com os outros subsistemas	9.38d?	01/10/2017	10/10/2017
25		Listar o consumo energético e realizar o balanço energético	5.38d?	10/10/2017	15/10/2017
26		Conceber e implementar soluções alternativas caso a autonomia completa do sistema não seja alcançada	5.38d?	15/10/2017	20/10/2017
27		Aquisição e Controle	73.38d?	18/08/2017	30/10/2017
28		Monitoramento bicicleta	39.38d?	28/08/2017	06/10/2017
29		Projetar e simular sistema de monitoramento da bicicleta	9.38d?	28/08/2017	06/09/2017
30		Construir e testar sistema de monitoramento da bicicleta	30.38d?	06/09/2017	06/10/2017
31		Monitoramento do atleta	59.38d?	28/08/2017	26/10/2017
32		Projetar e simular sistema de monitoramento dos dados fisiológicos do atleta	12.38d?	28/08/2017	09/09/2017
33		Construir e depurar sistema de monitoramento dos dados fisiológicos do atleta	31.38d?	09/09/2017	10/10/2017
34		Teste e validação sistema de monitoramento dos dados fisiológicos do atleta	16.38d?	10/10/2017	26/10/2017
35		Controle dos atuadores	52.38d?	08/09/2017	30/10/2017
36		Implementar algoritmo ou rotina de controle dos atuadores da plataforma	29.38d?	01/10/2017	30/10/2017
37		Calibrar nível de atuação do alternador	14.38d?	08/09/2017	22/09/2017
38		Comunicação dos módulos com óculos	73.38d?	18/08/2017	30/10/2017
39		Programar microcontrolador para captar dados dos sensores	7.38d?	09/10/2017	16/10/2017
40		Programar microcontrolador para enviar dados para o computador principal	0.33d?	18/08/2017	18/08/2017
41		Estabelecer protocolo de comunicação para envio de dados baseado em io	29.38d?	01/10/2017	30/10/2017
42		Estrutura	73.38d?	20/08/2017	01/11/2017
60		Ponto de Controle 2	1d?	08/11/2017	09/11/2017
43		Sketches iniciais	2.38d?	31/08/2017	02/09/2017
44		CAD Beta	4.38d?	02/09/2017	06/09/2017
45		Aquisição de dados para condições de contornos para simulação em CAE	4.38d?	06/09/2017	10/09/2017
46		Execução e validação parcial das simulações	2.38d?	10/09/2017	12/09/2017
47		Consulta de projeto com os técnicos do Galpão	2.38d?	12/09/2017	14/09/2017
48		Definição prévia de materiais	0.38d?	14/09/2017	14/09/2017
49		Design preliminar	2.38d?	15/09/2017	17/09/2017
50		Execução e validação final das simulações	3.38d?	17/09/2017	20/09/2017
51		Definição final de materiais	0.38d?	25/09/2017	25/09/2017
52		Desenho técnico	6.38d?	25/09/2017	01/10/2017
53		Design crítico	2.38d?	01/10/2017	03/10/2017
54		Montagem de gabaritos	3.38d?	03/10/2017	06/10/2017
55		Corte	9.38d?	06/10/2017	15/10/2017
56		Processo de Soldagem	3.38d?	15/10/2017	18/10/2017
57		Acabamento	2.38d?	18/10/2017	20/10/2017
58		Assembly final Estrutura	0.38d?	20/08/2017	20/08/2017
59			10.38d?	22/10/2017	01/11/2017
61		Integração	29d?	03/11/2017	02/12/2017
62		Integrar módulos	28.38d?	03/11/2017	01/12/2017
63		Ponto de Controle 3	1d?	01/12/2017	02/12/2017

Figura 6 – Cronograma Geral do Projeto

6 Subsistemas

6.1 *Simulador de Ambiente Virtual*

6.1.1 Apresentação e Resumo

VRide é um jogo que deverá ser utilizado em uma plataforma de bicicleta de realidade virtual para simular percursos de bicicleta em diferentes cenários.

6.1.2 Principais Características

6.1.2.1 Simulação de Corrida

O jogo é um simulador de corrida em bicicleta. Possuirá sistema de voltas, podendo escolher o número de voltas na pista e ter o tempo das voltas medido e armazenado para efeitos de comparação futura.

6.1.2.2 Conta de Usuário

O jogador poderá criar contas locais para guardar preferências, recordes e dados de desempenho coletados pelo subsistema eletrônico. O jogo apresentará gráficos apresentando a evolução desses indicadores.

6.1.2.3 Dois tipos de pista

Haverá dois tipos de pista. Uma será baseada em circuitos de corrida *indoor* e é focada em treinos profissionais e evolução do usuário em relação aos exercícios. A segunda será baseada em cenários abertos comumente usados para ciclismo como parques e bosques. Nesse tipo de pista o foco será na exploração do ambiente e experimentação das diferentes sensações de elevação e vibração proporcionadas pelo projeto.

6.1.3 Público-Alvo

O jogo será feito para os usuários do laboratório da bicicleta de realidade virtual localizado no campus Gama da UnB.

6.1.4 Plataformas

O jogo será desenvolvido para computadores e poderá ser executado nos sistemas operacionais *Windows* e *Linux*.

6.1.5 Controles

- Giroscópio do *oculus*: selecionar opções do jogo.
- Botão integrado na estrutura: pausar o jogo.

6.1.6 Interfaces

A tela inicial do jogo apresentará duas modalidades de jogo: pista lisa ou pista com irregularidades. Cada modalidade de jogo possuirá um cenário diferente.

Ao final do jogo, serão apresentadas informações de desempenho do jogador durante o percurso.

6.1.7 Unity 3D

A *engine* Unity 3D será utilizada para a construção dos menus e cenários. Ela é uma *engine* comumente utilizada para a criação de jogos e foi escolhida como ferramenta pela integração com o óculos de realidade virtual e ferramentas de criação de ambientes 3D interativos. Possui uma arquitetura baseada em componentes e suas linguagens de programação padrão são C# e Javascript.

6.1.8 Oculus SDK



Figura 7 – Modelo de óculos *rif* disponível para o projeto.

O Oculus SDK é o kit de desenvolvimento a ser utilizado para a criação do ambiente de realidade virtual. Será utilizada a versão DK1 disponibilizada pelos patrocinadores do projeto. O kit inclui um óculos de realidade virtual com os componentes necessários para conectá-lo com um computador com placa gráfica, ponto necessário para a construção do sistema.

6.1.9 Testes

Os testes serão realizados na ferramenta *Unity Test Runner* disponibilizada pelo *Unity 3D*. Essa ferramenta permite que os testes sejam executados tanto em *Edit Mode* quanto em *Play Mode*.

6.2 *Sistemas de Aquisição e Controle*

6.2.1 Apresentação e Resumo

Todos os subsistemas propostos são feitos para mensurar dados fisiológicos e de desempenho para um futuro feedback para o atleta e controlar os atuadores presentes na plataforma.

6.2.2 Principais Características

6.2.2.1 Monitoramento da Bicicleta

O monitoramento da bicicleta se dá através de sensores de velocidade e aceleração, considerando passar estes parâmetros para o jogo de realidade virtual, possibilitando uma maior inserção do usuário no ambiente. O sistema será feito também de encoders, afim de que consigamos mensurar a distância percorrida pelo atleta, guardando este dado para que na posteridade possamos analisar com dados de outras sessões (indoor) ou até mesmo com dados cruzados em atividades externas (outdoor). Ademais este sistema também será responsável por captar dados referentes ao movimento angular do guidão, acionamento dos freios e detecção de presença do usuário assim que este se sentar na bicicleta.

6.2.2.2 Monitoramento do Atleta

O sistema principal a ser desenvolvido. Este subsistema tem como escopo mensurar dados fisiológicos do usuário, como batimento cardíaco, resistência na palma da mão e também fazer uma estimativa da respiração do usuário com o intuito de gerar parâmetros para análise sobre a diferença na prática de esportes no ambiente virtual e no real.

6.2.2.3 Controle de atuadores

Eles são responsáveis por agregar a sensação de movimento à plataforma da bicicleta, simulando os ambientes de inclinação, ladeiras e declives, concomitante ao ambiente virtual reproduzido nos óculos. Para emular os níveis de aceleração de aclives e declives serão utilizado motores e/ou geradores elétricos. Os algoritmos são escopos do projeto.

6.2.2.4 Comunicação dos módulos

Os subsistemas acima supracitados fornecem parâmetros que podem ser vistos pelos usuários. Estes parâmetros serão passados para a interface gráfica, disponível no óculos. A parte de comunicação entre os módulos e o óculos será desenvolvida pela equipe de eletrônica conjunto a equipe de software.

6.2.3 Testes

Os testes serão feitos de acordo com cronograma disposto, comparando os dados adquiridos com os resultados desenvolvidos em pesquisas e artigos científicos já disponibilizados em bases de consulta. Para validação dos sistemas finais, os sistemas deverão responder a um nível satisfatório ao serem comparados com equipamentos profissionais, caso haja possibilidade de usufruir destas ferramentas.

6.3 Estrutura

6.3.1 Apresentação e Resumo

Desenvolvimento de uma plataforma física com intuito de acoplar todos os outros sistemas desenvolvidos: sensores, atuadores, entre outros e concluir um sistema de segurança com o objetivo de preservar a integridade física do usuário.



Figura 8 – Modelo de bicicleta acoplada a estrutura proposta.

6.3.2 Principais Características

6.3.2.1 Desenvolvimento da plataforma

Visa o desenvolvimento de uma plataforma para acoplamento da bicicleta da maneira mais simples possível. Isto envolve todo dimensionamento da parte modular e posicionamento dos componentes dos sistemas. O projeto deste subsistema deve ser todo simulado de forma computacional, para melhor avaliação dos materiais a serem escolhidos, peso e esforços na plataforma.

6.3.2.2 Segurança

Como o ambiente virtual junto com a utilização da plataforma (caracterizando uma realidade aumentada) pode gerar um certo desconforto para o usuário, é proposto pela equipe um sistema que auxilie o usuário em momentos de dificuldade ou que possam acarretar em acidentes. Para tal, haverá toda a documentação e estudo quanto a melhor disposição dos equipamentos de segurança.



Figura 9 – Versão inicial da estrutura de acoplamento da bicicleta.

6.3.3 Testes

Os testes serão feitos por meio de análises computacionais, utilizando os softwares CATIA V5R19 e Ansys 17.2. A cada modificação do Design será feita análises tanto estáticas quanto dinâmicas para garantir que a estrutura seja bem firme e aguenta bem mais que os esforços e excitações causados pelos equipamentos e pelo usuário.

6.4 *Sistemas de Alimentação de Energia*

6.4.1 Apresentação e Resumo

O subsistema de alimentação visa identificar as principais formas de alimentação energética do projeto. Ou seja, o subsistema é responsável por identificar os gastos energéticos oriundos de todos os subsistemas que compõem o produto em sua totalidade, bem como formular e executar um sistema de geração de energia, seja ele autônomo ou não, a fim de satisfazer as necessidades criadas e promover a integração entre todos os subsistemas da plataforma.

Para tanto, as principais tarefas que o subgrupo se concentrará em realizar são listadas e descritas a seguir.

6.4.2 Principais Características

6.4.2.1 Atuadores da plataforma

Dimensionar os motores a serem utilizados para realizar o movimento da estrutura. De acordo com a delimitação dos movimentos que a bicicleta terá que realizar para atender o escopo da estrutura do projeto serão dimensionados motores que permitam a execução das tarefas demandadas, inicialmente prevê-se a solução de utilizar um alternador como gerador a fim de utilizar a corrente que sairá deste para atribuir diferentes dificuldades nas pedaladas que o usuário realizará, através de um sistema de controle que com a variação desta dista corrente permita simular diferentes cenários de dificuldade de acordo com a realidade virtual correspondente.

6.4.2.2 Estudo energético do sistema

Serão mapeados todos os equipamentos do projeto que consomem energia durante seu funcionamento e seus respectivos consumos serão quantificado em unidade de potência (W) através da ficha técnica e cálculos periódicos de consumo (por hora, por dia, por mês, etc).

6.4.2.3 Sistema de alimentação energética

Através do mapeamento do consumo energético do sistema serão realizadas propostas de formas de alimentação para este sistema através da seleção de baterias ou geradores ou ainda, através da rede elétrica convencional de energia integradas a contribuição da energia a ser gerada pelo próprio sistema.

6.4.2.4 Conversão de energia

Realizar a conversão da energia mecânica gerada pelas pedaladas no equipamento em energia elétrica. A bicicleta será acoplada a uma estrutura fixa onde sua roda será posicionada em uma espécie de rolo de treino, neste rolo de treino será acoplado um alternador a fim de converter a energia mecânica oriunda das pedaladas em energia elétrica.

6.4.2.5 Armazenamento da energia elétrica

O alternador citado anteriormente terá duas saídas, além de fornecer energia que será utilizada para dificultar o movimento de pedaladas em cenários de inclinação, fornecerá energia (que após retificada) será direcionada a uma bateria que será responsável por armazenar esta energia gerada, esta bateria possuirá tensão de 12V, assim sendo, que será utilizada para alimentar dispositivos menos exigentes tais como sensores e carregar componentes como o óculos e computadores.

6.4.3 Testes

Os testes serão feitos concomitantemente aos sistemas de controle dos atuadores, descritos no sistema de aquisição e controle.

Referências

CHIHAK, B. et al. Synchronizing self and object movement: How child and adult cyclists intercept moving gaps in a virtual environment. v. 36, p. 1535–52, 11 2010. Citado na página 18.

MESTRE, D. R.; DAGONNEAU, V.; MERCIER, C.-S. Does virtual reality enhance exercise performance, enjoyment, and dissociation? an exploratory study on a stationary bike apparatus. *Presence: Teleoper. Virtual Environ.*, MIT Press, Cambridge, MA, USA, v. 20, n. 1, p. 1–14, fev. 2011. ISSN 1054-7460. Disponível em: http://dx.doi.org/10.1162/pres_a_00031. Citado na página 18.

PLANTE, T. et al. Might virtual reality promote the mood benefits of exercise? v. 19, p. 495–509, 07 2003. Citado na página 18.

Apêndices

APÊNDICE A – Termo de Abertura do Projeto

A.0.1 Descrição do projeto

O projeto é uma plataforma de ciclismo interativa com imersão em ambiente de realidade virtual e monitoramento de dados fisiológicos e de desempenho. O usuário utilizará uma bicicleta acoplada ao sistema e um óculos de realidade virtual, interagindo com um ambiente virtual gamificado emulado pelo Oculus por meio da bicicleta, pedalando e utilizando o guidão.

A.0.2 Justificativa do projeto

Treinos de ciclismo em ambientes fechados é uma demanda relevante para profissionais e entusiastas do esporte. Diversas soluções para esse ponto existem, incluindo circuitos *indoor* e bicicletas fixas de exercício que simulam parte da estrutura de uma bicicleta tradicional. Tais soluções são o padrão atual do mercado, mas possuem algumas limitações. Uma delas é o fato de que bicicletas de exercício não possuem uma sensação similar o suficiente a uma bicicleta comum, além de possuírem indicadores limitados a quantidade aproximada de calorias gastas e outros. Treinamento em circuitos *indoor* requerem deslocamento do usuário ao local.

Um sistema de ciclismo interativo permitiria uma experiência de ciclismo verossímil e gamificada, servindo de estímulo de treinamento aos usuários, tanto pela qualidade da experiência quanto pela praticidade de uso.

A.0.3 Objetivos do projeto

Como proposta de solução, o projeto a ser desenvolvido tem como objetivo emular a sensação de andar de bicicleta de uma forma verossímil, utilizando uma bicicleta tradicional como base e a realidade virtual para emular diferentes ambientes de ciclismo, a fim de aproximar a experiência do usuário no sistema à experiência real, à medida em que dados do seu desempenho são coletados. O projeto também procura ser de fácil acesso e utilização, utilizando-se de diretrizes de usabilidade para isso. Com isso, busca-se uma maior utilização do sistema no dia-a-dia, para que o usuário tenha seu desempenho medido de forma constante.

A.0.4 Requisitos de alto nível

O projeto terá uma bicicleta acoplada a uma plataforma, um óculos de realidade virtual e um *notebook* para a execução do *software*. O sistema também contará com um sistema que permite a elevação da bicicleta e aumento no esforço necessário para movimentar o pedal, simulando subidas e decidas.

O jogo contará com dois circuitos, um com pista lisa e duas curvas inspirado em pistas tradicionais e um com caminho com elevações e diversas curvas, inspirado em ambientes abertos. Cada usuário poderá ter uma conta local, em que serão registrados preferências e dados de desempenho. Os dados de desempenho devem ser apresentados em forma de gráficos para o usuário e acessíveis a partir do menu principal. A bicicleta deverá ser projetada de tal forma que caso o usuário venha a perder o equilíbrio este não caia da plataforma. Além disso, deverá haver aproveitamento de parte da energia produzida pelo usuário ao pedalar.

A.0.5 Subsistemas Identificados

Foram identificados quatro subsistemas no projeto: o subsistema eletrônico, responsável pela construção dos componentes eletrônicos, captação e interpretação dos sinais da bicicleta e do usuário, o subsistema de energia, responsável pela geração de energia elétrica a partir da energia mecânica obtida pelos movimentos de pedalada do usuário, o subsistema de estrutura, responsável pela construção da plataforma e adaptação da bicicleta e componentes do Oculus na montagem do projeto, e o subsistema de software, responsável pela interface de interação com o usuário e apresentação do cenário virtual.

A.0.6 Riscos

Os principais riscos que podem ocorrer durante o projeto são os referentes a inexperience da equipe na utilização das ferramentas necessárias para construção da plataforma, bem como nas tecnologias a serem utilizadas no desenvolvimento. Outros riscos que podem ocorrer e que afetam diretamente ao projeto, são os riscos relacionados a utilização de equipamentos de alto custo e do espaço cedido para equipe no LART. Outro risco de grande impacto é a integração no último mês do projeto de todos os módulos a serem desenvolvidos.

A.0.7 Resumo do cronograma de marcos

O desenvolvimento da solução terá três marcos principais, caracterizados como pontos de controle. A primeira fase do projeto é a fase de planejamento e tem duração de três semanas e será finalizada no dia do primeiro ponto de controle, entre seis a nove de setembro. A segunda fase é a fase de construção dos subsistemas e inicia dia primeiro de

setembro e termina dia três de novembro, com uma duração de, aproximadamente, dois meses. O segundo ponto de controle ocorre entre os dias primeiro e três de novembro. A terceira fase é a de integração dos subsistemas, inicia dia três de novembro e termina dia primeiro de dezembro. O terceiro ponto de controle ocorre entre três a seis de dezembro.

A.0.8 Resumo do orçamento

O custo total do projeto será de R\$ 8.995,34, deste valor total, R\$ 7.317,64, refere-se aos custos do óculos *Rift* e o Desktop do LART que a equipe já possui.

Tabela 22 – Orçamento

Simulador de Ambiente Virtual	R\$ 7.317,64
Sistema de Alimentação de Energia	R\$ 383,99
Estrutura	R\$ 900,00
Sistemas de aquisição e controle	R\$ 393,71
R\$ 8.995,34	

A.0.9 Lista das partes interessadas

Dentre os interessados, estão os patrocinadores e alunos de graduação de engenharia da Universidade de Brasília campus Gama que cursam a disciplina de Projeto Integrador em Engenharia 2.

A.0.10 Requisitos para a aprovação do projeto

O projeto deverá ser aprovado por seus patrocinadores e professores da disciplina de Projeto Integradorem Engenha2.

A.0.11 Gerência do projeto

O projeto será gerenciado por Matheus Pereira Santana, graduando em Engenharia Eletrônica, sendo ele o gerente geral. Mas terá também outros quatro estudantes responsáveis por gerenciar cada subsistema da Plataforma de Ciclismo Interativa.

A.0.12 Patrocinadores

O projeto contará com dois patrocinadores, a professora Carla Rocha e o professor Augusto Brasil, que possuem interesse no produto a ser gerado ao final do semestre.

Anexos

ANEXO A – Primeiro Anexo

Texto do primeiro anexo.

ANEXO B – Segundo Anexo

Texto do segundo anexo.