**Understanding the user gameplay experience through two different game controllers**

Érica Mourão¹, Guilherme Gonçalves¹ and Daniela Trevisan¹

¹Fluminense Federal University, Computing Institute. Rua Passos da Pátria 156, Niterói, Rio de Janeiro, Brazil.

{ericamourao,galves,daniela}@ic.uff.br

**Abstract.** Emerging technologies offer exciting new ways of interacting with digital games to create fantastic play experiences. Evaluating entertainment technology is challenging because success isn’t defined in terms of productivity and performance, but in terms of enjoyment and gameplay experience. In this direction, the success criteria here has been evaluated in an exploratory user experience and usability study that used a within non-players design investigating a commercial joystick as input device compared to a novel adaptive touch-based controller. This new adaptive controller is able to dynamically change buttons size and position according to the user behavior. The evaluation methodology is based on the capture and analysis of objective and subjective user´s data. Results of this exploratory study indicate that while the general user experience and usability were similarly perceived in both controllers, the physiological measures indicate that the user's emotions were greater with the adaptive controller. The findings are subsequently discussed and implications of using the adaptive touch-based controller as input for digital games are discussed..

**Keywords:** User Experience based approaches; Evaluation Methods / Usability Evaluation; Human Factors and HCI; Adaptive Interfaces.

# 1. Introduction

Quando se está jogando, duas das principais características que irão definir a percepção do usuário sobre a sua experiência são a qualidade e a fluência do controle do jogo [7], responsável por realizar as ações durante o jogo. Por causa disso, a concepção dos controles ou do projeto destes é um fator muito importante para a projeção de uma experiência de jogo envolvente.

Desde o surgimento do primeiro console de videogame, na década de 70, a indústria dos jogos digitais vem crescendo e evoluindo constantemente e se aproveitando dos avanços tecnológicos, no intuito de entregar cada vez mais qualidade ao jogador. Gigantes como Nintendo, Sony e Microsoft movimentam bilhões de dólares todo ano e fomentam milhões de usuários ao redor do mundo com ciclos de inovação cada vez mais curtos e avanços impressionantes. Hotho e McGregor [2] apresentam dados de crescimento de dois dígitos da indústria de jogos em 2015, e um crescimento previsto de 36 por cento em 2016, somente no segmento online. Taxas e projeções como estas apontam a relevância econômica deste setor regionalmente e no mundo.

A indústria de jogos digitais é relativamente nova, caracterizada pela alta velocidade das mudanças e que, como afirma Bernhaupt [1], constitui uma variedade imensa de aplicações. Por consequência, introduz um leque muito amplo de experiências para o jogador.

Os consumidores dos jogos, chamados jogadores, constituem hoje um nicho específico de mercado, demandando ferramentas, equipamentos de interação, conteúdo de mídia, métodos de avaliação e ampliação da experiência de jogo, como por exemplo as comunidades online de jogos específicos, e estabelecendo uma forma de cultura, de acordo com as características do jogo. Ryu [4] aponta que a imersão nesta cultura dos jogos pode tornar-se ainda uma forma de aprender, por meio do contato social com outros jogadores.

Por outro lado, os meios de desenvolvimento dos jogos também evoluíram, de modo que há no mercado, desde séries de melhores jogos de consoles, com produções que custam anos de trabalho, equipes altamente qualificadas e muitos milhões em investimento, até os jogos criados em plataformas como a GameMaker [3], que requerem pouquíssima habilidade do projetista e, por isto mesmo, inundam o mercado de opções.

Estes são apenas alguns dos muitos aspectos que tornam os jogos digitais diversos nas experiências que podem proporcionar. As análises são complexas e ainda bastante inexploradas no entendimento dos componentes que influenciam em uma experiência satisfatória para o usuário. A expectativa e a percepção, desde o simples divertimento, até a forma de interagir e aprender, têm sido identificada e aprimorada nos jogos.

Nos últimos anos tem-se visto que grandes desenvolvedoras de jogos estão investindo na produção de tecnologias para seguir as tendências, as quais se encontram em um momento de rápida expansão e de profunda mudança tecnológica [9]. Exemplos como a Nintendo, com o seu Wiimote[[1]](#footnote-0) e a Microsoft com o Kinect[[2]](#footnote-1), deixam claro como a exploração de novos meios de interação por meio de dispositivos que capturam gestos, movimentos e até mesmo smartphones podem ser bem recebidos pelo público alvo desejado [5]. Estas novas alternativas ao controle convencional vieram à tona para ultrapassar os limites da criatividade, e dão aos projetistas de jogos a liberdade de trazer novas propostas de jogos e experiências dentro dos jogos digitais [6].

Para este estudo, observamos alguns trabalhos na literatura [5, 6, 8] que avaliam e mostram a eficácia na utilização de smartphones como controles para jogos. Torok et al [4, 7] propõem um controle virtual adaptativo composto por ambos componentes de hardware (smartphone) e software, que irão observar o comportamento do usuário e adaptar gradativamente a interface. O controle com interface adaptável, nomeado SmartController[[3]](#footnote-2), é uma aplicação mobile (disponível para Android e iOS) com o intuito de otimizar e adaptar os componentes no jogo, tal como botões, e fazer o uso dos sensores e componentes de hardware para realizar a comunicação com outro software em um computador. Este irá interpretar, aprender e converter as ações do controle para o jogo.

Em um trabalho anterior, Torok et al [8] comentam sobre como a inflexibilidade dos controles convencionais tornam a dinâmica da interação mais limitada, tomando este fato como motivação para o desenvolvimento do protótipo do controle adaptativo. Entretanto, neste trabalho, ainda não havia nenhum tipo de adaptação inteligente para a melhoria da interface projetada, sendo comparada com um produto comercial já existente, a GestureWorks Gameplay [10].

Algumas comparações foram realizadas entre controles de jogos durante um jogo [26]. As vantagens, desvantagens e limitações foram descritas, porém, poucos esforços foram feitos com o objetivo de comparar um controle convencional e um adaptativo virtual. Na literatura, esse estudo é inédito.

Neste trabalho temos como objetivo avaliar a experiência do usuário e a usabilidade em jogos digitais utilizando dois tipos de controles, um convencional, também chamado de tradicional, e um adaptativo virtual. A metodologia apresentada obtém dados subjetivos, através de questionários AttrakDiff [11, 27], e questionários System Usability Scale (SUS) [28], e dados objetivos, através do dados fisiológicos e desempenho. A atratividade, a qualidade hedônica e pragmática, a satisfação, as emoções e o desempenho são analisados, assim como a correlação entre as emoções e experiência do usuário são verificadas.

Esse trabalho foi organizado da seguinte maneira: a seguir é apresentada a fundamentação teórica deste estudo, através de uma revisão da literatura sobre a experiência do usuário (UX) em jogos e como avaliá-la neste contexto. Depois, na seção 3, encontra-se a metodologia da pesquisa, contendo o objetivo e questões da pesquisa, hipóteses e métricas utilizadas no experimento. Na seção 4, apresentamos o experimento, descrevendo a seleção dos participantes, o procedimento e os equipamentos utilizados. Na seção 5, são expostos os resultados e a análise da experiência do usuário, da satisfação, das emoções e a correlação entre as emoções e os dados fisiológicos obtidos. Na seção 6, são apresentadas as conclusões e as limitações encontradas nesta pesquisa. E por fim, discute-se os trabalhos futuros, tomando como base as experiências adquiridas neste.

# 2. Related Works

User experience is described as dynamic as well as a captivating and complex research theme [29], due to its wide applications in a diversity of interactive systems and its deep root in several conceptual structures, e.g. the psychological theories of emotion. Furthermore, it's a highlighted research topic inside the HCI community, which became present in many different fronts and themes, including digital games where the successful relationship between user and product is considered quite seriously.

Digital games constitute an extremely varied set of applications with a rich range of experiences offered to players. This diversity makes difficult to devise a unique approach to their conceptualization and measurement. Terms such as fun, flow and gameplay are widely used to explain the user experience in game design. However, there is an open discussion to include other relevant factors to the games. Emotion is often cited as a key element of the user experience [25].

In literature exists many works whose goal is perform user experience evaluations in games. In addition there are several ways to execute those evaluations, e.g. user tests with objective and subjective data collecting. Brown *et al.* [26] explored the experience, interaction and usability through standard and innovative gamepads, in order to evaluate these components. Subjective Mental Effort Questionnaire (SMEQ) [31] and Consumer Product Questionnaire (CPQ) [32] were respectively used in their work to measure effectiveness and satisfaction as subjective methods of usability evaluation. In other hand, Critical Incidents Technique (CIT) [33] was used to collect qualitative data, describing the user feelings and perceptions about its experience. Nacke *et al.* [14] used in their work both objective and subjective methods to collect data on user tests with the expectation to generate evidences that user tests made during the game development process can contribute positively to the quality factor. Bernhaupt *et al.* [25] show how to evaluate UX in digital games using facial expressions and interaction scenarios. Besides, the use of questionnaires (e.g. AttrakDiff) to collect objective data brought some feelings about attractiveness and interest. Still in this context, Nacke *et al.* [12] and Regan *et al.* [13], respectively, investigate the effect of sound on UX in games and the effectiveness of using physiological measures (e.g. Electroencephalogram (EEG)) to evaluate UX in entertainment systems. Both works used two forms of data collection, characterized by questionnaires and physiological data metrics.

The use of objective data collecting, like physiological measures, are widely employed in the literature to evaluate the UX and the user engagement in digital games [15]. Moreover, the user emotional and mental state data can be retrieved from these measures, being useful in many recent researches in HCI community.

# 3. Method

## 

## 3.1. Research Goals and Hypotheses

The goal of our research is to evaluate the user experience and usability in the use of a virtual adaptive control and traditional control in a digital game. Our approach is unique and unpublished in that it is the first, in our knowledge, to evaluate the adaptive control versus the traditional control. The motivation of research goal is the demand from innovation in games controls and the evaluate between this and the traditional. We aim to study the user experience and usability in the use of controls and the correlation between subjective AttrakDiff and SUS questionnaires responses and objective physiological and performance data. In more detail, our research questions are:

**RQ1)** How the user experience and usability are perceived in the use of adaptive control and traditional in the digital game

**RQ2)** Which dimensions of user experience correlate with physiological measurements in the use of adaptive control and traditional control?

We assume that a correlated analysis of objective and subjective data could have an effect on the user experience of both devices. Thus, we propose and test the following hypotheses:

**H1:** The user experience on adaptive control is greater than the traditional one, based on Attrakdiff questionnaire results.

**H2:** Overall, the user preference is greater on adaptive controller rather than the traditional one.

**H3:** Overall, the performance is similar in both controllers.

**H4:** User’s emotions are similar in both controllers during the experiment.

**H5:** User’s emotions on adaptive control do not affect the performance.

**H6:** When attractiveness raises, interest emotion levels increases.

**H7**: User’s preference induce positively on attractiveness dimensions.

## 3.2 Metrics

### 3.2.1 Attractiveness

Attractiveness in UX is described as a set of four dimensions: (1) Pragmatic Quality (PQ), (2) Hedonic Quality - Stimulation (HQS), (3) Hedonic Quality - Identity (HQI) and (4) Attractiveness (ATT) [11, 23]. The first one (PQ) represents traditional usability aspects, i.e. efficiency, effectiveness and learnability. It focuses on task related design aspects and indicates if the users reached their goals on a interaction. Following, the Hedonic Quality dimensions (HQS and HQI) describes quality aspects, which are not directly related to the tasks the user wants to accomplish with the software, for example originality and beauty. Both qualities are subjective aspects of a user interface. Thus, users may differ in their evaluation of these aspects. The model presented by Hassenzahl [11] assumes that pragmatic and hedonic quality are two independent quality factors of an interactive product. In addition, the model splits the hedonic quality into the two aspects stimulation and identity. Stimulation focuses on the human need for personal development, i.e. the need to improve personal skills and knowledge. A product can support this human need, for example, by providing new and stimulating functionalities. Identity focuses on the human need to identify itself on a product and the feeling of connection to it. At last, the attractiveness dimension fits to the global perception of how attractive a product is to the users [23].

The Attrakdiff questionnaire [27] represents this attractiveness dimensions model. It contains twenty-eight items paired by words with a semantic differential scale, where each of these pairs means a questionnaire question [23]. The scales have seven scores and range the interval of -3 to 3. Also, the questionnaire questions are divided into seven items to each dimension.

Another important fact in our study was a language adaption of each items on original questionnaire to brazilian portuguese. We also create two versions of the adapted questionnaire. The first version is the original one, with no item alternating. The second one have item alternation to avoid effects caused by measurement repetition. We applied the original one after the tests with the traditional control and the alternated after the tests with the adaptive one.

No nosso estudo, foi realizada uma adaptação de idioma dos itens do AttrakDiff original para o idioma português. Além disso, foram gerados dois tipos de questionários, cada um com uma alternância de itens: um para ser aplicado após o uso do controle tradicional e outro para ser aplicado após o uso do controle adaptativo. Isto foi feito para evitar efeitos causados pela repetição da mensuração, de modo a tornar os itens do questionário attrakdiff mais aleatórios. Cada participante recebeu as duas versões do questionário, uma para cada uso de controle.

### 3.2.2 User Preference

Usability and satisfaction do not exist in an absolute sense, which means they are strictly linked to their context [28]. The Software Usability Scale (SUS) questionnaire was designed to evaluate the overall user satisfaction during a software system interaction [24]. The satisfaction criterias are present in ten Likert-like scales, where each question have a score ranging from 1 to 5 (1- Totally disagree, 2 - disagree, 3 - neutral, 4 - agree, 5 - totally agree). The SUS score are calculated from all questions answers. It is desirable to obtain a mean score above 68, because a score below that indicates usabilities problems [24]. In addition, the SUS questionnaire was applied in our experiment to all participants after each controller test as a post-test evaluation method.

### 3.2.3 Emotion Detection

Emotions in a psychophysiological context can be understood as connected physiological and psychological affective processes, which can be induced by perception, imagination, anticipation, or action triggers [34]. Perceptual emotions can be triggered by sensory information, such visual, acoustic, tactile, olfactory, or gustatory signals [35]. This distinction between emotional triggers is especially relevant when analyzing psychophysiological reactions together with game metrics.

It is possible to obtain information about the user mental and emotional state from physiological signals recorded with electrodes on the skin. This kind of technique have recently been used in the research area in Human Computer Interaction to investigate and evaluate emotions during user interactions, including digital games [12, 13, 14]. Previous research has demonstrated that physiological measures are adequate to evaluate user engagement in the experience of a game [15].

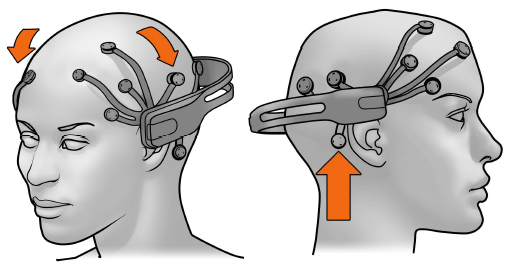


Figure 1. Emotiv Epoc+ positioning illustration.

The raw EEG signals were recorded with the Emotiv EPOC+ device [21] using the Xavier software platform, responsible for managing the recording sessions, processing and generating statistical reports from ten participants. The device has 16 electrons in total, where 14 are used for data capture and 2 for reference and positioning (as seen in Figure 1). The EEG signals can be transmitted via usb or wireless connection to a receiver computer, where they are processed to generate reports with the mean value of each emotion (Engagement, Excitement, Interest, Relaxment, Stress and Focus) [16, 17].

Engagement and Excitement are emotions with mixed characteristics. Excitement is experienced as a consciousness or feeling of physiological excitement, i.e. animation, nervousness, anxiety. Engagement is experienced as alertness and conscious attention, directed to some stimuli, i.e. vigilance, concentration, stimulation, interest. This emotion is characterized by increased physiological excitation and EEG Beta waves along with EEG Alpha waves attenuation [22].

A partir de sinais fisiológicos, obtêm-se informações sobre o estado emocional e mental do usuário. Esses sinais, gravados com eletrodos sob a pele do usuário, tem sido recentemente utilizado na área de pesquisa em Interação Homem Computador. Essas medidas têm sido obtidas a partir de avaliação das emoções de usuários envolvidos em jogos digitais [12, 17, 18]. Pesquisas anteriores demonstraram que medidas fisiológicas são adequadas para avaliar o engajamento do usuário na experiência de um jogo [15].

O eletroencefalograma (EEG) do Emotiv Epoc, utiliza um software conhecido como Xavier, que é uma plataforma para gerenciar os dados fornecidos pelo dispositivo e gerar relatórios. Ele contém 14 eletrodos de coleta de dados e dois eletrodos de referência em formato de capacete para ser acoplado no cérebro. Os sinais de Eletroencefalograma (EEG) são transmitidos sem fio ou via cabo usb para um computador [16]. Os relatórios nos fornecem valores médios de cada emoção disponível na plataforma. Um conjunto de emoções são consideradas durante a realização de uma tarefa com o Emotiv acoplado na cabeça. São elas: engajamento, excitação, interesse, relaxamento, estresse, foco. Essas emoções são computadas e o percentual médio é exibido em um relatório [16, 25].

Duas emoções possuem características mistas: engajamento e excitação. A excitação é experimentada como uma consciência ou sentimento de excitação fisiológica. As emoções relacionadas são: animação, nervosismo, agitação. O engajamento é experimentado como alerta e direção consciente da atenção para estímulos relevantes para a tarefa. A emoção é caracterizada pelo aumento da excitação fisiológica e de ondas Beta do EEG, juntamente com a atenuação das ondas Alpha do EEG. As emoções relacionadas são: alerta, vigilância, concentração, estimulação, interesse [22].

Utilizaremos o dispositivo Emotiv Epoc durante o experimento do uso do controle tradicional e do adaptativo. Os sensores acoplados no capacete do Emotive coletaram as emoções e os resultados serão analisados.

### 3.2.4 Performance

Looking at some research into controllers in general reveals that the performance is highly linked to the development process of these input devices [26]. Our focus in this context was to verify how the performance between both controllers is perceived. We used four metrics to represent the performance in-game (Stage duration in seconds, quantity of remaining player’s lifes at the end of stage and the number of player’s deaths). Moreover, we also collected the number of help requests from each participant.

Para M. Brown *et al.* [26], a performance está altamente ligada a como os dispositivos de entrada são desenvolvidos. Assim, com a intenção de verificar como seriam os desempenhos entre ambos controles, foram utilizadas quatro métricas: duração de cada fase em segundos, a quantidade de vidas em que o personagem do jogo terminou cada fase e a quantidade de vezes que o personagem morreu em cada fase (a morte no jogo é dada quando o personagem perde todas as suas vidas, retornando ao último *ponto de partida*). Além disso, foi considerada a quantidade de pedidos de ajuda realizados durante o uso de cada controle.

# 4. Experiment

Esta seção apresenta informações sobre o perfil dos participantes voluntários, o procedimento do teste e os equipamentos utilizados.

## 4.1. Participants

Data were recorded from 10 volunteers with little or no experience in digital games. Participants were recruited from a Fluminense Federal University campus and no financial compensation was given. Their age ranged from 18 to 30 years. Six participants were male. No participants had previous experiences with the chosen game. Were necessaire 3 pilot tests to improve the experiment. Seventy percent reported that it uses a computer seven days a week, twenty percent reported a usage of five or six days a week and the last ten percent informed a usage of twice a week. Ninety percent informed an experience above two years with smartphones and ten percent informed an experience below two years. We also asked about the smartphone usage for gaming, where forty percent from participants informed a usage of twice a week, twenty percent informed a usage of two to four days a week and thirty informed that they do not play games on smartphones. About the game console usage, forty percent informed they play games on a console at least twice a week, twenty percent informed a usage up to six days a week and others forty percent informed they do not play on game consoles. About the computer/PC usage for gaming, fifty percent informed they play up to twice a week, ten percent informed up to four days a week and the last forty percent informed they do not play games on computers/PC. Furthermore, we also collected their game gender preference resulting in (70%) Adventure, (50%) Strategy, (40%) Casuals, (40%) Simulation, (30%) Fight. Other genders took a percentage between 10-20%. The participants chose more than one gender resulting a percentage above 100%.

Os participantes foram pessoas voluntárias com pouca experiência em jogos digitais, em computador ou celular, e no controle adaptativo e controle tradicional de jogos. Foram selecionadas 13 pessoas, no campus da Universidade Federal Fluminense em Niterói - Rio de Janeiro, para participarem do teste, contudo, problemas técnicos nas gravações inviabilizaram os dados de três participantes. Por meio disto, realizamos nosso experimento com 10 participantes, sendo 6 homens e 4 mulheres. Com base nas respostas do questionário de mapeamento de perfil, a idade dos participantes variou entre 18 e 30 anos, 70% deles informaram utilizar o computador mais de 7 vezes por semana, outros 20% informaram que utilizavam o computador entre 5 e 6 vezes por semana e por fim os 10% restantes informaram que utilizavam o computador até 2 vezes por semana. Sobre o tempo de utilização de smartphones, 90% dos participantes informaram ter experiência de mais de 2 anos, enquanto que os outros 10% informaram entre 1 e anos de experiência. Na questão da utilização do smartphone como dispositivo para jogar, 40% dos participantes informaram que jogam menos de 2 vezes na semana, outros 30% informaram que não jogam pelo smartphone, 20% deles informaram que jogam entre 2 a 4 vezes por semana e os 10% restantes disseram que jogam 7 ou mais vezes por semana. Em relação à jogar em consoles de mesa, 40% informaram que jogam menos de 2 vezes por semana, 40% informaram que não jogam por meio de console, 10% entre 2 a 4 vezes por semana e 10% entre 4 a 6 vezes por semana. Em relação à utilização do computador para jogar, 50% informaram que jogam menos de 2 vezes por semana, 40% informaram que não utilizam deste meio para jogar, 10% de 2 a 4 vezes por semana. Os gêneros de jogos preferidos, em maior destaque, foram declarados na seguinte ordem: Aventura (70%), Estratégia (50%), Casuais (40%), Simulação (40%), Luta (30%). Os outros gêneros tiveram a sua cotação entre 10-20%. Antes desta etapa houveram três testes piloto com o intuito de realizar os ajustes que fossem necessários para a execução dos testes. Cabe ressaltar que nenhum dos participantes conhece o jogo utilizado.

## 4.2. Procedure

## 4.2.1. Experiment screenplay

The experiment proceed on the following steps. First, we applied the agreement term to the participants. This term requested permission to use the data obtained during the experiment, containing audios, images and video recordings, in order to produce technical and scientific papers always guaranteeing the anonymity. After that, we introduced the profile mapping questionnaire with the purpose to obtain personal data from participants. We fixed the Emotiv Epoc helmet as follows with the objective of capturing the physiological data during the test session. Before the game experiment, the participants relaxed around 2 minutes and practiced with the controllers, one at a time, for another 2 minutes. Finally, after theses steps we started the game experience which took 10 minutes to each controller (as seen in Figure 2). At the end, the participants filled the SUS and Attrakdiff questionnaires for each controller. The controllers alternance was used to avoid game mechanics learning.

Para o experimento, primeiramente aplicou-se o termo de consentimento livre e esclarecido (TCLE). Esse termo solicita a autorização do participante para o uso dos dados obtidos durante o experimento, para transcrição do áudio e imagem do vídeo e para as respostas nos formulários, com o objetivo de produzir artigos técnicos e científicos sempre garantindo o anonimato.

Logo em seguida, o questionário de perfil do participante foi aplicado. Esse questionário tem como finalidade obter dados referentes ao perfil do participante. Com a permissão do participante, fixou-se o capacete do Emotiv Epoc, com o objetivo de capturar os dados fisiológicos durante a sessão de teste. Após a fixação foi dado um bombom de chocolate ao voluntário e iniciada uma sessão de relaxamento com música, que durou por volta de 2 minutos. Adiante, iniciou-se a leitura do cenário geral, contextualizando o participante, instruindo-o sobre o jogo. Após isso, iniciou-se o período de treinamento e adaptação ao controle, por um período de 2 minutos. Em seguida foi realizado o experimento, onde o participante teve seus dados fisiológicos capturados enquanto jogava durante 10 minutos ou até concluir as duas fases do jogo, conforme Figura 2. Ao final, aplicou-se os questionários SUS e AttrakDiff com o objetivo de avaliar a satisfação e a atratividade, respectivamente. Os questionário SUS e AttrakDiff foram alternados após o uso de cada um dos dois controles e por usuário. Logo em seguida os mesmos passos foram repetidos para o segundo controle. A ordem de uso dos controles também foi alternada com o objetivo de evitar a aprendizagem dos participantes no uso do jogo.

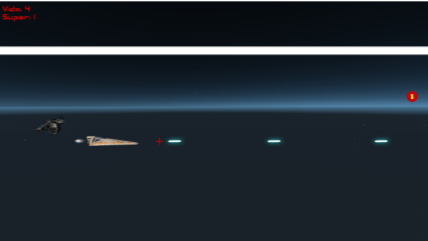
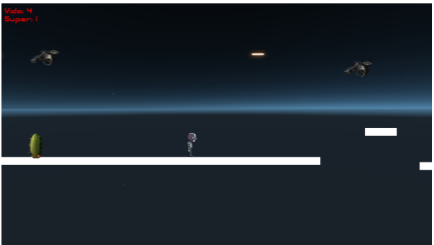


Figure 2. Participant playing the game with the adaptive controller.

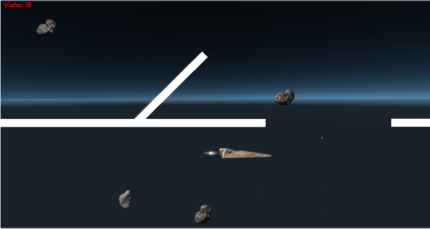
### 4.2.2. The Game

For the experiment section was selected a game with both controllers compatibility, called Guardian of Eternity, The objective is to escape the planet with the main character. It’s a simple game, with two stages. The player just has to reach the far right of the stage to finish it, avoiding getting hit by enemies or colliding with obstacles. Each hit decreases its health bar (or kills it instantly on stage 2). The player’s character starts with 3 lifes and have the possibility to gather more ‘life orbs’ during the stage. If the player dies, he will return from the last checkpoint. In stage 1, the player controls a robot and has to perform simple platforming tasks to defeat enemies and avoid hazards. The controller uses a simple layout with two directional arrows and a jump button, plus a transform button. Pressing the latter one changes the character to the spaceship form. Now the gameplay is a classic dual-stick shooter and the controller layout changes to two analog sticks (left one to move the ship and right one to shoot at any direction). Figure 3 shows the game stages screens, while Figure 4 show the respective adaptive controller layouts used to play [30].

After completing the stage 1, the main character is too damaged to keep going and it is necessary to disable several of its weapons and powers. In Figure 3 (c) we can see the minigame screen, where the player has to turn off the switches on the controller and turn down the power using the dial. This is an example of the kind of direct and natural interaction that this controller provides (as shown on Figure 4 (c)), mapping a real-world action to an interface that is way more similar to real devices than mere buttons on a gamepad. The player, now stuck in the spaceship form, proceeds to enter a maze, where he has to avoid colliding with walls or asteroids. The weakened guardian has troubles to fight the effects of gravity. The player must constantly press "up" to avoid falling to the ground. The controller (as seen in Figure 4) has buttons to controls the vertical and horizontal movements separated in the opposing sides of the interface, an attempt to provide a more ergonomic alternative to a regular d-pad [30].



1. Robot at Stage 1 (b) Spaceship at Stage 1



(c) Minigame (d) Spaceship at Stage 2

Figure 3. Game screens for both stages. Stage 1 has two gameplay modes: platforming as robot (a) and dual-stick shooter with the spaceship (b). After finishing this level, the player enters a minigame (c) that precedes the second stage (d).



1. Robot at Stage 1 (b) Spaceship at Stage 1



(c) Minigame (d) Spaceship at Stage 2

Figure 4: The layout displayed by the adaptive controller during the different stages of the game.

Este experimento utiliza o jogo “Guardian of Eternity” como elemento interativo para a realização dos testes em ambos os controles.

O jogo possui duas fases. Na primeira fase, o jogador pode escolher entre dois personagens, um robô ou uma nave. A interface do controle se adapta de acordo com a escolha, que pode ser realizada a qualquer momento do jogo. Na opção de robô, o controle apresenta dois botões para movimentação, um botão para pulo e um para transformação (troca de personagem de robô para nave). Na opção de nave, o controle apresenta dois botões, um de super tiro e outro de transformação, no qual a faz retornar à forma de robô [30].

O jogador começa com uma quantidade inicial de três vidas. A morte do personagem, pode ocorrer de duas maneiras: pela queda para fora da plataforma ou quando a quantidade de vidas chega à zero, fazendo com que o jogador recomece do último ponto verificado, com três vidas novamente. Na metade do caminho, o jogador é obrigado a se transformar em robô para atravessar obstáculos durante um curto trajeto. O objetivo do jogo é chegar no final, independente da forma escolhida.

No final da primeira fase, uma breve história é apresentada e um quebra-cabeça estabelece a ligação entre a primeira e segunda fase. Na segunda fase, o jogador apenas controla a nave com os botões direcionais, desviando de obstáculos. Ao alcançar o final da segunda fase o jogo é encerrado.

## 4.3. Equipaments

The experiments were made in a controlled environment in a computing institute room at Fluminense Federal University. Were used the Emotiv Epoc+ (Model 1.1) for physiological recordings, a Xbox controller device, a smartphone (Nexus 5) used as gamepad and two notebook computers, one Core i7 3th generation CPU, 8 GB of RAM and a Nvidia GeForce 745M GPU for running the game and other Core i7 6th generation CPU, 16 GB of RAM and a Nvidia GeForce 940M GPU for receive the Epoc+ data stream. The operating system was Windows 10.

O ambiente para realizar o teste foi a sala de estudos do Instituto de Computação da Universidade Federal Fluminense (IC–UFF). Os equipamentos existentes foram: duas mesas de computador, duas cadeiras, dois computadores notebook, um para o jogo e outro para o sistema do Emotive Epoc, um celular smartphone com Sistema Android para o uso como controle adaptativo, um controle xbox, uma caneta, uma folha de papel em branco. Uma câmera foi posicionada ao lado do participante e um cronômetro foi utilizado para marcação do tempo.

A gravação do jogo foi feita por um aplicativo de gravação de tela de computador (Open Broadcast Software[[4]](#footnote-3)). Os dados do Emotiv Epoc foram gravados pelo mesmo aplicativo. O computador estava instalado com um Sistema Operacional Windows e o navegador Google Chrome. Segue abaixo uma especificação das configurações dos dispositivos utilizados no experimentos.

Para o experimento utilizaram-se dois notebooks, um para executar o jogo (ASUS N550L, com 8GB de memória RAM, processador Intel i7 3ª geração e placa de vídeo Nvidia GeForce 745M com 1GB dedicado) e outro para a gravação dos dados fisiológicos (Dell Inspirion 14 Série 5000, com 16Gb de memória RAM, processador Intel i7 6ª geração e placa de vídeo Nvidia GeForce 930M com 4Gb dedicados ), ambos os computadores tinham capacidade de 1Tb de armazenamento em disco. O celular utilizado para rodar o controle adaptativo foi um Nexus 5. Os equipamentos para captura de dados fisiológicos continham as versões Epoc Emotiv (Epoc+ Model 1.1).

# 5. Results

For ease of presentation and hence understanding, we present the experiment results in the following subsections, where each of our hypotheses are verified.

## 5.1. User experience and attractiveness analysis

For the hypotheses H1 (The user experience on adaptive control is greater than the traditional one, based on Attrakdiff questionnaire results.), the Figure 2 shows the obtained results from Attrakdiff in its four dimensions, with each the respectively means and standard deviations. Besides, we applied a Wilcoxon signed­ rank test, a non­parametric statistical hypothesis test with significance level of 0.05 and the two-­tailed hypothesis defined, returning the p­-value, that indicates if the difference between the results achieved for both groups is significant. The decision of using a non­parametric test was motivated by the unknown distribution of the test results, since a parametric test requires a previous knowledge about the data distribution, that must be normal. For our groups' sizes, a p-­value smaller than 0.05 represents a significant difference.

The Pragmatic Quality dimension (PQ) is perceived as greater in traditional controller (M = 3.89, SD = 0.72) than the adaptive one (M = 3.99, SD = 1.21). Although, the Wilcoxon test for the hypothesis H1 returned a non statistically significant result, since p-value = 0.661.

The Hedonic quality - identity (HQI) is also greater in traditional controller (M = 4.49, SD = 1.47) than the adaptive one (M = 4.40, SD = 1.03). Although, the Wilcoxon test for the hypothesis H1 returned a non statistically significant result, since p-value = 0,556.

The Hedonic quality - stimulation (HQS) is also greater in traditional controller (M = 4.91, SD = 1.72) than the adaptive one (M = 3.79, SD = 0.81). Although, the Wilcoxon test for the hypothesis H1 returned a non statistically significant result, since p-value = 0,989.

The Attractiveness dimension (ATT) as well as the others, is greater in traditional controller (M = 3.93, SD = 0.71) than the adaptive one (M = 3.86; SD = 0.91). Although, the Wilcoxon test for the hypothesis H1 returned a non statistically significant result, since p-value = 0,743.

A hipótese: “***(H1)*** *A Experiência do Usuário no controle adaptativo é maior do que o controle tradicional utilizando o AttrakDiff.*”, temos os resultados obtidos, conforme apresentado na Figura 2 a seguir.

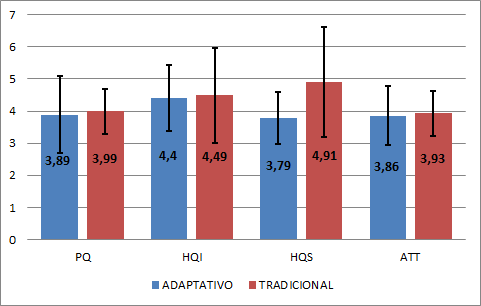
No intuito de facilitar o entendimento, analisaremos cada uma das dimensões do AttrakDiff em separado. Em todas estas análises foram consideradas as médias e os desvios padrões. Utilizou-se ainda o teste não paramétrico de Wilcoxon para avaliar a significância dos resultados obtidos.

A dimensão “Qualidade Pragmática” (PQ) em média foi avaliada como levemente maior no uso do controle tradicional (Média 3,99; Desvio Padrão 1,21) do que no adaptativo(Média 3,89; Desvio Padrão 0,72). Assim, o resultado do teste de Wilcoxon para a hipótese de a qualidade pragmática ser maior no adaptativo do que no tradicional não pode ser considerado estatisticamente significante, pois p-valor= 0,661, naturalmente.

A Qualidade Hedônica - identidade (HQI) também mostrou-se sutilmente maior no tradicional (Média 4.49; Desvio Padrão 1,47) do que no adaptativo (Média 4,40; Desvio Padrão 1,03). Mais uma vez, este resultado não possui significância para a hipótese, pois possui um p-valor=0,556.

A Qualidade Hedônica - Estímulo (HQS) obteve resultados no controle adaptativo (Média 3,79; Desvio Padrão 0,81) menores do que no controle tradicional (Média 4,.91; Desvio Padrão 1,72) e, novamente, o p-valor = 0,989

A dimensão Atratividade, assim como as demais é percebida um pouco menor no uso do controle adaptativo (Média 3,86; Desvio Padrão 0,91) do que no uso do controle tradicional (Média 3,93, Desvio Padrão 0,71). Assim como nas demais dimensões, não há significância do resultado para a hipótese, pois p-valor=0,743.



**Figura 2:** AttrakDiff - Valores médios e desvios padrão das dimensões de UX

Como se pode observar, em todas as dimensões do AttrakDiff houve uma pontuação discretamente maior, porém sem significância estatística. Apenas para corroborar estes resultados, resolveu-se então aplicar novamente o teste não paramétrico de Wilcoxon considerando duas novas hipóteses para cada dimensão: 1) O resultado é melhor no controle tradicional do que no adaptativo, e; 2) Os resultados são simplesmente diferentes, sem que se possa afirmar que algum dos controles é melhor do que o outro.

Assim, para cada uma das dimensões da UX consideradas no AttrakDiff, temos 3 p-valores. A tabela 1 abaixo resume estas informações destacando os casos em que p-valor < 0,05.

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| **Dimensão** | **Adaptativo maior que tradicional** | **Adaptativo menor que tradicional** | **Diferentes** |
| PQ | 0,661 | 0,383 | 0,766 |
| HQI | 0,556 | 0,5 | 1 |
| HQS | 0,989 | 0,014 | 0,028 |
| ATT | 0,743 | 0,297 | 0,594 |

**Tabela 1**: P-valores das dimensões da UX no AttrakDiff.

Da análise dos p-valores expressos na Tabela 1 podemos perceber que a dimensão Qualidade Hedônica - Estímulo (HQS) é superior no controle tradicional. Seria necessário investigar com mais rigor as causas, mas uma bastante provável é o chamado “*feedback* tátil” deste tipo de controle. Ao apertar um botão em um controle tradicional sente-se a pressão sobre o botão e o movimento que ele faz. Isto não ocorre no controle adaptativo, dado que a interação se dá por meio de uma tela sensível ao toque de um *smartphone*. Talvez isto tenha causado este resultado.

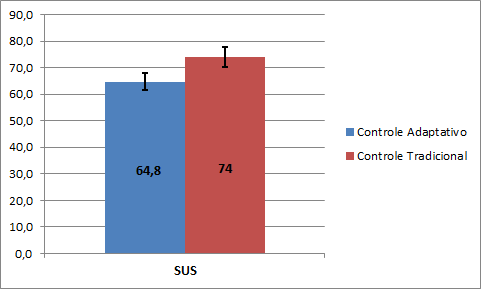
Com relação a todas as outras dimensões, (PQ, HQI e ATT) os p-valores apresentaram-se bastante superiores a 0,05 para todos os testes estatísticos realizados, inclusive resultando em 1 (o maior valor possível) no teste da hipótese de “Diferentes” para a dimensão HQI. Com base nestes resultados é possível afirmar que a hipótese H1 foi rejeitada. Além disso, também podemos afirmar com segurança que em três das quatro dimensões avaliadas a UX é semelhante no uso dos controles tradicional e adaptativo.

## 5.2. Análise da Satisfação

For the hypothesis H2 (Overall, the user preference is greater on adaptive controller rather than the traditional one.), the results show that the UX during the experiment is perceived as lower in adaptive controller than traditional controller. Comparing the mean score from SUS in adaptive controller (64.8) and the traditional controller (74.0) with 5% of margin of error, we perceived that the score in adaptive controller is below the desirable mean (68.0). When we paired the participants SUS scores, the Wilcoxon results show a non significant p-value of 0.853, rejecting the hypothesis H2.

Para a nossa hipótese:”**(H2)** *No geral, a satisfação é maior no uso do controle adaptativo virtual*.”

A avaliação da experiência do usuário no uso dos controles, durante o jogo, mostra que, no geral, a Satisfação do Usuário é percebida um pouco menor no uso do controle adaptativo do que no uso do controle tradicional. Comparando a média da pontuação do SUS para o controle adaptativo, temos o valor igual a 64.8 com um intervalo de confiança de 95%. A média da pontuação do SUS para o controle tradicional foi de 74.0 com um um intervalo de confiança (CI) de 95%. A média do SUS, em geral, é de 68 pontos. Com isso, concluímos que a pontuação do Controle Adaptativo está abaixo da média e a pontuação do Controle Tradicional está acima da média. Ao aplicarmos o Teste não paramétrico de Wilcoxon para variáveis dependentes - amostra pareada, observamos para a pontuação do SUS um p-valor = 0,853, e, portanto, a hipótese H2 foi rejeitada.



**Figura 3:** Resultados do SUS, com CI de 95%

Procedemos então da mesma forma como na análise da UX, executando novamente o teste não paramétrico de Wilcoxon para as hipóteses subjacentes 1) O SUS é menor no controle adaptativo do que no tradicional e; 2) Os resultados são simplesmente diferentes, sem que se possa afirmar que algum dos controles é melhor do que o outro.

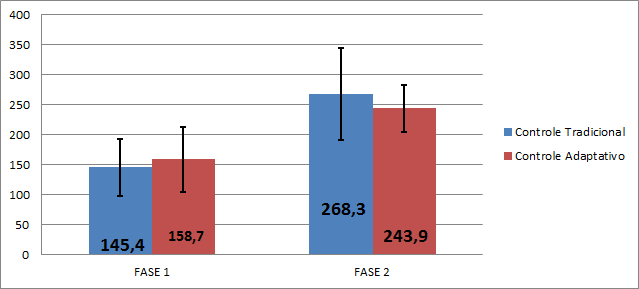
A Tabela 2 abaixo expressa estes p-valores comparando o controle adaptativo com o tradicional, nesta ordem:

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **Maior que** | **Menor que** | **Diferentes** |
| 0,854 | 0,181 | 0,361 |

**Tabela 2**: P-valores para os testes do SUS Score

## 5.3. Análise do Desempenho

Para a nossa hipótese: “**(H3)** *No geral, o desempenho é similar entre o controle adaptativo e o tradicional.*”, temos os resultados obtidos conforme as seguintes métricas de desempenho.  
 Para a métrica duração em segundos das fases 1 e 2 do jogo, respectivamente, obtivemos um P-valor de 0,375 e 0,444, respectivamente, mostrando que não há uma diferença significante entre os resultados para esta análise. A Figura 4 a seguir apresenta as médias de duração de cada fase do jogo em segundos, e seus respectivos desvios padrões.



**Figura 4:** Durações médias (em segundos) de cada fase.

Quanto à métrica de quantidade de vidas restantes ao final de cada fase, encontramos uma diferença significativa somente para a fase 1, obtendo um P-valor de 0,020, enquanto que na fase 2 tivemos um P-valor não significativo de 0,821. Para a métrica da quantidade de vezes que o jogador morreu também não encontramos nenhuma diferença significativa nas duas fases, possuindo P-valores de 0,188 e 0,930.

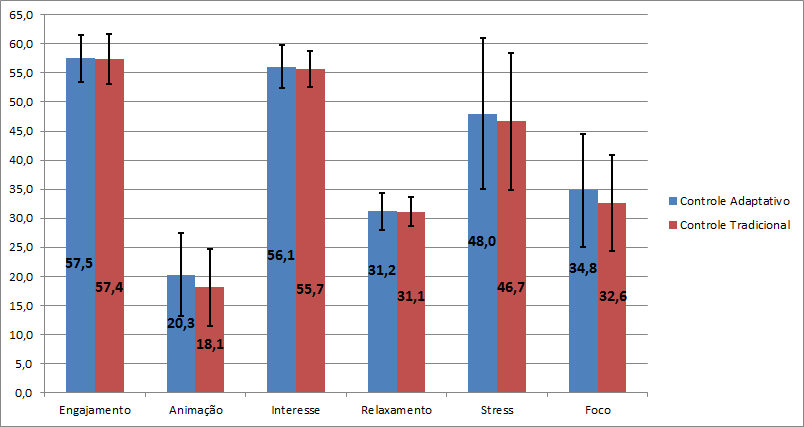
Neste cenário, o único resultado estatisticamente significante aponta uma melhora de desempenho na fase 1 do jogo com o controle adaptativo

## 5.4. Análise das Emoções

For the hypothesis H4 (User’s emotions are similar in both controllers during the experiment.), the Figure 5 shows the means and standard deviations from each emotions recorded from Emotiv EPOC+ device. After results from Wilcoxon show a significant p-value (< 0.05) only in animation (0,0141) and focus (0,0245) emotions.

Para a nossa hipótese:”**(H4)** *As emoções durante o uso do controle adaptativo e o tradicional são similares.*”

A avaliação da experiência do usuário no uso dos controles, durante o jogo, mostra que em média as emoções obtidas pelo EEG com o auxílio do Emotiv Epoc são um pouco maiores no uso do controle adaptativo do que no uso do controle tradicional, conforme mostra a Figura 5 a seguir.



**Figura 5:** Médias e desvios padrões das emoções com o Emotiv Epoc.

Para cada uma das emoções identificadas durante o experimento, foram calculados o P-valor, através do Teste não paramétrico de Wilcoxon para variáveis dependentes - amostra pareada. Neste teste estatístico, avaliamos a condição “Diferente”, ou seja, se duas amostras são estatisticamente diferentes ou não. Desta forma, um p-valor < 0,05 indica a diferença. Do contrário as amostras são consideradas semelhantes.

Observamos, conforme Tabela 3, que as emoções Animação e Foco são as que obtiveram p-valor p < 0.05, o que indica que há diferença significativa. Para as outras emoções, Engajamento, Interesse, Relaxamento e Estresse, não há diferença significativa e, portanto, podem ser consideradas semelhantes.

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  | **Engajamento** | **Animação** | **Interesse** | **Relaxamento** | **Stress** | **Foco** |
| **P-valor** | 0,8539 | 0,0141 | 0,5245 | 0,8539 | 0,3997 | 0,0245 |

**Tabela 3:**  P-valores para cada emoção identificada

Assim, executamos novamente o teste não paramétrico de Wilcoxon para as emoções Animação e Foco, mas agora avaliando a hipótese subjacente “As emoções Animação e Foco são maiores no controle adaptativo do que no tradicional.” e obtivemos os seguintes p-valores: Animação: p-valor = 0,007; Foco: p-valor = 0,012. Como pode-se observar, ambos os p-valores são menores do que 0,05.

Desta forma, em relação às emoções podemos afirmar que em quatro das seis emoções avaliadas (Engajamento, Interesse, Relaxamento e Stress) a hipótese H4 foi confirmada e nas duas restantes (Animação e Foco) o controle adaptativo provê maior emoções em maior nível.

## 

## 5.5. Correlação entre Emoções e Desempenho

## 

For the hypothesis H5 (User’s emotions on adaptive control do not affect the performance), we tested the correlation between performance and emotion using the Pearson linear correlation, which a strong correlation is defined as a p-value lower than 0.05.

A significative difference in player deaths metric was found in stage 1. The Pearson value from animation and interest emotions and this performance metric shows a moderated correlation (as seen in Table 5).

Para a nossa hipótese:”**(H5)** *As emoções no controle adaptativo não impactam no desempenho.”.*

Após a análise dos resultados, testamos a correlação entre as variáveis de desempenho e de emoção. A correlação de Pearson mede o grau de associação linear entre duas variáveis de escala métrica (ou intervalar). Quando o p-valor é menor ou igual ao nível de significância, significa que há correlação significativa entre as variáveis. Com isso, analisamos os valores de correlação de Pearson quando o p-valor <0,05.

Foi verificada a existência de associação entre as variáveis de emoção capturadas através do Emotiv Epoc: Engajamento, Animação, Interesse, Relaxamento, Stress, Foco, e as variáveis de desempenho: duração do jogo em segundos, quantidade de vidas no término da fase do jogo, quantidades de vezes que o personagem morreu em cada fase, quantidade de solicitação de ajuda externa. Todas as variáveis tanto para o controle adaptativo quanto para o tradicional foram analisadas.

Para a fase 1 do jogo, conforme Tabela 4, podemos verificar que, para as emoções “Animação” e “Interesse”, foram identificadas diferença significativas em relação a métrica “quantidade de mortes” no uso do controle tradicional. Com isso, o coeficiente de Pearson analisado, como mostra na Tabela 5, foi identificado com valor moderado positivo, o que indica uma correlação moderada.

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| **P-valor < 0,05**  **Emoção versus Quantidade de Mortes no uso do Controle Tradicional** | | | |
| **Animação** | | **Interesse** | |
| **Controle Tradicional** | **Controle Adaptativo** | **Controle Tradicional** | **Controle Adaptativo** |
| 0,0065 | 0,0161 | 0,0242 | 0,0670 |

**Tabela 4**. Valores de P-valor com diferença significativa entre emoção e desempenho

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| **Coeficiente de Correlação de Pearson 0,5 < = r < 0,8**  **Emoção versus Quantidade de Mortes no uso do Controle Tradicional** | | | |
| **Animação** | | **Interesse** | |
| **Controle Tradicional** | **Controle Adaptativo** | **Controle Tradicional** | **Controle Adaptativo** |
| 0,73 | 0,78 | 0,69 | 0,59 |

**Tabela 5**. Valores de Correlação de Pearson moderada positiva

Para a fase 2 do jogo, conforme Tabela 6, podemos verificar que para as emoções “Animação” e “Interesse” foram identificadas diferença significativas em relação a métrica “duração do jogo” no uso do controle tradicional. Com isso, o coeficiente de Pearson analisado, como mostra na Tabela 7, foi identificado com valor moderado positivo para “Interesse” e forte positivo para “Animação”, o que indica a correlação para cada emoção.

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| **P-valor < 0,05**  **Emoção versus Duração do Jogo no uso do Controle Tradicional** | | | |
| **Animação** | | **Interesse** | |
| **Controle Tradicional** | **Controle Adaptativo** | **Controle Tradicional** | **Controle Adaptativo** |
| 0,0016 | 0,0044 | 0,0466 | 0,0322 |

**Tabela 6**. Valores de P-valor com diferença significativa entre emoção e desempenho

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| **Coeficiente de Correlação de Pearson**  **0,5 < = r < 0,8 moderada positiva**  **0,8 < = r < 1 forte positiva**  **Emoção versus Duração no Jogo no uso do Controle Tradicional** | | | |
| **Animação** | | **Interesse** | |
| **Controle Tradicional** | **Controle Adaptativo** | **Controle Tradicional** | **Controle Adaptativo** |
| 0,8548 | 0,8106 | 0,6391 | 0,6750 |

**Tabela 7**. Valores de Correlação de Pearson

## 

## 

## 5.6. Correlação entre Emoções e Experiência do Usuário

For hypothesis H6 (When Hedonic Quality - Identity (HQI) scores raises, interest emotion levels increases), we take the results from Attrakdiff dimensions and the emotions. The correlation between the Pragmatic Quality dimension and the Interest emotion was strong (p-value = 0.0066). There were no significant differences between the other emotions that indicated correlation. With this, we can conclude that there is no correlation between the the hedonic quality (HQI) and the interest emotion.

Para a nossa hipótese:”**(H6)** *Quanto maior a qualidade hedônica em ambos controles, maior será a emoção (interesse).”*

Após analisarmos os resultados obtidos, testamos a correlação entre as variáveis. A correlação de Pearson mede o grau de associação entre duas variáveis de escala métrica (ou intervalar). Quando o p-valor é menor ou igual ao nível de significância, significa que há correlação significativa entre as variáveis. Com isso, analisamos os valores de correlação de Pearson quando o p-valor <0,05.

Foi verificada a existência de associação entre as variáveis de emoção capturadas através do Emotiv Epoc: Engajamento, Animação, Interesse, Relaxamento, Stress, Foco. E as variáveis das Dimensões do Questionário AttrakDiff: Qualidade Pragmática, Qualidade Hedônica - Estímulo, Qualidade Hedônica - Identidade, Qualidade Atratividade. Todas as variáveis para o controle adaptativo e para o tradicional. A correlação entre a dimensão Qualidade Pragmática e a emoção Interesse foi alta, P-valor = 0,0066. As demais não houve diferença significativa que indicasse correlação. Com isso, podemos concluir que não há correlação entre quanto maior a qualidade hedônica, maior a emoção interesse.

# 6. Conclusion and future works

In summary, have have found out that evaluate the user experience is not an easy task. Through this first comparative study between a traditional controller and the adaptive one, we collected data from 10 participants while they were playing with both controllers. A methodological result of the research presented in this paper indicates that while the general user experience and usability were similarly perceived in both controllers, the physiological measures indicate that the user's emotions were greater with the adaptive controller. In addition, … [descrever mais resultados]

Avaliar a experiência do usuário não é uma tarefa simples, justamente por ela ser tão dinâmica. Através dos estudos comparativos neste trabalho, investigamos como a experiência do usuário é percebida no uso do controle adaptativo e tradicional durante um jogo digital.

Acredita-se que este trabalho seja a primeira avaliação comparativa entre o controle tradicional, modelo xbox, e o controle adaptativo virtual. Nossa pesquisa se baseou em um experimento com 10 participantes, convidados voluntariamente no campus da Universidade Federal Fluminense - Niterói - Rio de Janeiro - Brasil, para participar da avaliação da experiência do uso do controle adaptativo e o tradicional em jogos digitais. O jogo utilizado foi “Guardian of Eternity”, no qual tem duas fases. Foram aplicados dois questionários após o jogo, Questionário SUS, para avaliar a satisfação geral com o uso dos controles e o Questionário AttrakDiff, para avaliar a qualidade hedônica, qualidade pragmática e a atratividade. Além disso, dados psicofisiológicos foram capturados e analisados. Outra dimensão do nosso trabalho foi investigar como as medidas fisiológicas avaliam a experiência do usuário. Os resultados obtidos foram analisados por partes e correlacionados.

## 

## 6.1. Limitações encontradas

## 

Durante a nossa pesquisa, encontramos algumas limitações em relação a quantidade de dados de desempenho disponíveis, acreditamos que se houvesse algum tipo de pontuação no jogo, isso traria uma riqueza maior na análise deste contexto. Outra limitação que tivemos foi sobre o número de participantes, pois algumas análises estatísticas retornam maior precisão com um tamanho de amostra maior. Acreditamos que o nosso trabalho foi um experimento inicial, como ponto de partida para demais investigações.

# 7. Future Works

Como trabalho futuro, esperamos contribuir com a pesquisa com eletromiografia (EMG), por meio do dispositivo Myo. Assim como, realizar o experimento com mais de 10 participantes. Acreditamos que a análise de imagens do Emotiv Epoc Brain Map possa ajudar a identificar alguma correlação entre as emoções e os dados capturados.

# Acknowledgements

We would like to express our gratitude to Adriel Araújo, Bruno Olímpio and José Santos for helping in this study. We also would like to thank all our participants.

# 8. References

1. Bernhaupt, R. 2010. User experience evaluation in entertainment. Evaluating User Experience in Games. Springer London, pp. 3-7.
2. Hotho, S., McGregor, N. 2013. Changing the Rules of the Game: Economic, Management and Emerging Issues in the Computer Games Industry. Springer.
3. YoYo Games: GameMaker. http://www.yoyogames.com/gamemaker. Accessed 23/11/2016.
4. Torok, L., Pelegrino, M., Lessa, J., Trevisan, D.G., Vasconcelos, C.N., Clua, E. & Montenegro, A. 2015. Evaluating and customizing user interaction in an adaptive game controller. Design, User Experience, and Usability: Interactive Experience Design, Springer, pp. 315-326.
5. Malfatti, S. M., Dos Santos, F.F. & Dos Santos, S.R. 2011, Using mobile phones to control desktop multiplayer games, Proceedings - 2010 Brazilian Symposium on Games and Digital Entertainment, SBGames 2010, pp. 230.
6. Vajk, T., Coulton, P., Bamford, W., Edwards, R., 2007. Using a Mobile Phone as a “Wii-like” Controller for Playing Games on a Large Public Display, International Journal of Computer Games Technology 2008*,* e539078.
7. Torok, L., Pelegrino, M., Trevisan, D.G., Clua, E. & Montenegro, A. 2015, A mobile game controller adapted to the gameplay and user’s behavior using machine learning. Entertainment Computing - ICEC 2015, Springer, pp. 3-16.
8. Pelegrino, M., Torok, L., Trevisan, D. & Clua, E. 2014, Creating and Designing Customized and Dynamic Game Interfaces Using Smartphones and Touchscreen, Brazilian Symposium on Games and Digital Entertainment, SBGAMES, pp. 133.
9. CICTEC, Centro de Inteligência Competitiva para Parques Tecnológicos. Tendências de Inovações para a Indústria de Jogos Digitais. 2013. Disponível em: <http://pt.slideshare.net/cictec/inovaes-tecnolgicas-para-a-industria-de-jogos-digitais>. Acessado em 29 de Novembro de 2016.
10. Steam Community: GestureWorks Gameplay. <https://steamcommunity.com/app/296610>. Accessed 29/11/2016.
11. Hassenzahl, M. 2005, Hedonic, emotional, and experiential perspectives on product quality. In Encyclopedia of Human Computer Interaction, pp. 266-272.
12. Nacke, L., E., Grimshaw, M., N., Lindley, C., A., 2010, More than a feeling: Measurement of sonic user experience and psychophysiology in a first-person shooter game. Interacting with Computers, Springer, pp. 336-343.
13. Mandryk, R. L., Inkpen, K. M., & Calvert, T. W. 2006. Using psychophysiological techniques to measure user experience with entertainment technologies. In Behaviour and Information Technology. vol. 25 no. 2, pp. 141-158. DOI=10.1080/01449290500331156.
14. Mirza-Babaei, P., Nacke, L. E., Gregory, J., Collins, N., Fitzpatrick, G. 2013. How Does It Play Better? Exploring User Testing and Biometric Storyboards in Games User Research. Proceedings of the SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems. pp. 1-10.
15. Nacke, L., E. and Lindley, C. 2009. Affective Ludology, Flow and Immersion in a First- Person Shooter: Measurement of Player Experience. The Journal of the Canadian Game Studies Association. Vol 3, No 5, pp. 1-21.
16. Ramirez, R. and Vamvakousis, Z. 2012, Detecting Emotion from EEG Signals Using the Emotive Epoc Device. In Brain Informatics, Springer. pp. 175-184.
17. Cernea, D., Kerren, A., and Ebert, A. 2011. Detecting Insight and Emotion in Visualization Applications with a Commercial EEG Headset. In Conference on Evaluations of Graphics and Visualization - Efficiency, Usefulness, Accessibility, Usability.
18. Badcock, N. A., Mousikou, P., Mahajan, Y., De Lissa, P., Thie, J. and McArthur, G. 2013, Validation of the Emotiv EPOC EEG gaming system for measuring research quality auditory ERPs. PeerJ.
19. Emotiv: Epoc Brain Activity Map. <https://www.emotiv.com/product/epoc-brain-activity-map/>. Access 18/11/2016.
20. Choppin, A. 2000. EEG-based human interface for disabled individuals: Emotion expression with neural networks. Master's thesis, Tokyo Institute of Technology, Yokohama, Japan.
21. Emotiv. <https://www.emotiv.com/> Access 18/11/2016.
22. Emotiv: User Manual For Emotiv Xavier Control Panel Epoc. <https://www.emotiv.com/>. Access 18/11/2016.
23. Schrepp, M., Held, T. and Laugwitz, B. 2006. The influence of hedonic quality on the attractiveness of user interfaces of business management software. In Interacting with Computers, 18, 5, pp. 1055-1069. DOI=10.1016/j.intcom.2006.01.002.
24. Sauro, J. and Dumas, J. S. 2009. Comparison of Three One-Question, Post-Task Usability Questionnaires. In Proceedings of the SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems, pp. 1599-1608.
25. Lankes, M., Bernhaupt, R., Tscheligi, M. 2010. Evaluating User Experience Factors Using Experiments: Expressive Artificial Faces Embedded in Contexts. Evaluating User Experience in Games. Springer London. p.165-183. DOI=978-1-84882-963-3.
26. Brown, M. A., Kehoe, A., Kirakowski, J. and Pitt, I. 2015. Beyond the Gamepad: HCI and Game Controller Design and Evaluation. In Game User Experience Evaluation, Springer, pp. 263-285.
27. AttrakDiff. <http://attrakdiff.de/index-en.html>. Access 08/12/2016.
28. Brooke, J. 1996. SUS-A quick and dirty usability scale. Usability evaluation in industry, v. 189, n. 194, p. 4-7.
29. Bernhaupt, R. and Pirker, M. 2013. Evaluating User Experience for Interactive Television: Towards the Development of a Domain-Specific User Experience Questionnaire. In Human-Computer Interaction – INTERACT 2013, Springer, pp. 642-659.
30. Pelegrino, M. 2016. Um Controle Virtual Dinâmico para Jogos Adaptado ao Gameplay e ao usuário. Dissertação de Mestrado - IC - UFF 2016.
31. Arnold, A. 1999 Mental effort and evaluation of user interfaces: A questionnaire approach. In: Proceedings of 8th International Conference on Human-Computer Interact, ACM, New York, pp. 1003–1007.
32. McNamara, N. and Kirakowski, J. 2011. Measuring user-satisfaction with electronic consumer products: The Consumer Products Questionnaire. In: International Journal of Human-Computer Studies, 69, 6, pp. 375-386. doi=10.1016/j.ijhcs.2011.01.005.
33. Flanagan, J. C. 1954. The Critical Incident Technique. Psychological Bulletin. pp. 1-33.
34. Nacke, L. E. 2013. An Introduction to Physiological Player Metrics for Evaluating Games. In Game Analytics: Maximizing the Value of Player Data. pp 585-619. doi=10.1007/978-1-4471-4769-5\_26.
35. Bradley, M. M., & Lang, P. J. 2007. Emotion and motivation. In J. T. Cacioppo, L. G. Tassinary, & G. G. Berntson (Eds.), Handbook of psychophysiology (3rd ed., pp. 581–607). New York: Cambridge University Press.

1. Wiimote: http://wii.com/ [↑](#footnote-ref-0)
2. Kinect: https://developer.microsoft.com/en-us/windows/kinect [↑](#footnote-ref-1)
3. SmartController: http://smartcontrollerapp.com/ [↑](#footnote-ref-2)
4. Open Broadcast Software: <https://obsproject.com/>. Access in December 5th, 2016. [↑](#footnote-ref-3)