



UNIFACS

UNIVERSIDADE SALVADOR

LAUREATE INTERNATIONAL UNIVERSITIES®

**UNIVERSIDADE SALVADOR – UNIFACS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM SISTEMAS E COMPUTAÇÃO
MESTRADO ACADÊMICO EM SISTEMAS E COMPUTAÇÃO**

IGOR GONZALEZ PIMENTA

**UMA PLATAFORMA PARA REALIZAR INTERAÇÕES NATURAIS VIA GESTOS
EM AMBIENTES INTELIGENTES**

Salvador
2016

IGOR GONZALEZ PIMENTA

**UMA PLATAFORMA PARA REALIZAR INTERAÇÕES NATURAIS VIA GESTOS
EM AMBIENTES INTELIGENTES**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Sistemas e Computação de UNIFACS Universidade Salvador, Laureate International Universities como requisito parcial à obtenção do título de Mestre.

Orientador: Prof. Dr. Artur Henrique Kronbauer.

Salvador
2016

FICHA CATALOGRÁFICA

Elaborada pelo Sistema de Bibliotecas da UNIFACS Universidade Salvador, Laureate International Universities)

Pimenta, Igor Gonzalez

Uma plataforma para realizar interações naturais via gestos em ambientes inteligentes./ Igor Gonzalez Pimenta.- Salvador: UNIFACS, 2016.

99 f. : il.

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Sistemas e Computação de UNIFACS Universidade Salvador, Laureate International Universities como requisito parcial à obtenção do título de Mestre.

Orientador: Prof. Dr. Artur Henrique Kronbauer.

1. Interação homem-máquina. 2. Ambientes Inteligentes. 3. Interações Naturais. I. Kronbauer, Artur Henrique, orient. II. Título.

CDD: 004.019

TERMO DE APROVAÇÃO

IGOR GONZALEZ PIMENTA

UMA PLATAFORMA PARA REALIZAR INTERAÇÕES NATURAIS VIA GESTOS EM AMBIENTES UBÍQUO

Dissertação aprovada como requisito parcial para obtenção do grau de Mestre em Sistemas e Computação, UNIFACS Universidade Salvador, Laureate International Universities, pela seguinte banca examinadora:

Artur Henrique Kronbauer – Orientador _____
Doutor em Ciência da Computação pela Universidade Federal da Bahia (UFBA)
UNIFACS Universidade Salvador, Laureate International Universities

Jorge Alberto Prado de Campos _____
Ph.D. em Spatial Information Science and Engineering pela University of Maine at
Orono (EUA).
UNIFACS Universidade Salvador, Laureate International Universities

Manoel Carvalho Marques Neto _____
Doutor em Ciência da Computação pela UNIFACS Universidade Salvador
Instituto Federal da Bahia - IFBA

Salvador, 30 de maio de 2016.

Dedico esta dissertação aos meus pais, Paulo e Regina, pelo apoio e estrutura oferecida.

AGRADECIMENTOS

Agradeço aos meus pais, Regina e Paulo, pelo suporte e apoio incondicional, além da minha família e amigos pelo apoio e compreensão nesta fase.

À minha irmã, Tatiana, que apesar das desavenças sempre está presente na minha vida.

À minha avó, Thereza, que apesar das limitações sempre esteve do meu lado de forma incondicional.

Aos professores que contribuíram na minha formação e personalidade, com destaque para Monica Massa e Ernesto Massa.

Um agradecimento especial ao meu orientador Artur Kronbauer, pois é uma pessoa muito amiga e sempre estava a minha disposição, mesmo nos momentos mais difíceis. Além disso, sempre foi uma pessoa compreensiva e paciente.

Gostaria de registrar meus agradecimentos à equipe de pesquisa do *Framework Para Ambientes Ubíquo*: Fabio Gomes, Brunno Brito de Araújo e Livia Sarmiento.

RESUMO

Com a evolução dos sistemas embarcados e das tecnologias que utilizam redes sem fio, percebe-se o avanço na área de ambientes ubíquos e o interesse nos estudos de interações entre os seres humanos e dispositivos eletrônicos por meio de ações naturais. Este novo cenário favorece o desenvolvimento da computação ubíqua, que está pautada na ideia dos dispositivos computacionais estarem em qualquer lugar, em todos os momentos e de forma transparente aos seres humanos. A evolução desta nova fase da computação depende de diversos aspectos, sendo um dos mais importantes a possibilidade de ocorrerem interações Humano-Computador de forma natural, com significativa relevância para a utilização da linguagem corporal. Com o objetivo de contribuir com estudos na área de Interações Naturais, esta dissertação propõe um modelo de interação via gestos, baseado em três camadas: (i) a Camada de Interação, que irá tratar a captura dos comandos dos usuários através de gestos; (ii) a Camada de Gerência, que disponibiliza um *middleware* para tratar o reconhecimento de sensores e atuadores no cenário de interação, além de cuidar da comunicação entre os diferentes componentes do modelo; e (iii) a Camada de Execução, responsável em associar microcontroladores aos dispositivos eletrônicos presentes nos ambientes ubíquos, possibilitando que os comandos disparados pelos usuários se transformem em interações com os dispositivos, tais como, televisores, home theater, luzes, cortinas, janelas, portas, entre outros. Para tanto, foi construída uma plataforma pautada nas especificações do modelo, possibilitando que fossem validados os componentes utilizados, verificando-se o seu desempenho e avaliando-se a proposta de interação Humano-Computador (IHC). A principal contribuição desta dissertação é propor uma nova abordagem para facilitar a vida de diferentes perfis de pessoas, inclusive das que possuem restrições de movimentos, idosos e crianças. Além disso, a plataforma prevê um baixo custo financeiro, possibilitando que pessoas de diferentes classes sociais possam usufruir de seus benefícios.

Palavras chave: Ambientes Inteligentes. Interações Naturais. Interação Via Gestos. Casas Inteligentes. Modelo. Plataforma. Experimento.

ABSTRACT

With the development of embedded systems and technologies that use wireless networks, we can see progress in the area of ambient ubiquitous and the interest in the studies of interactions between human beings and electronic devices through natural actions. This new scenario favors the development of ubiquitous computing that is guided by the idea of computing be present to be transparent and available to humans. The evolution of this new phase of computing depends on several aspects, one of the most important the possibility of occurrence of human-computer interactions are more and more natural way, in which the importance of body language is increasing gradually. With contribute to studies in the area of Natural Interactions, this dissertation proposes creating a model of interaction via gestures based on three layers: (i) the Interaction Layer, which will handle the capture of user commands through gestures; (li) management layer, which provides a middleware to address the recognition of sensors and actuators in the interaction scenario, besides taking care of the communication between the different components of the model; and (iii) Execution Layer, responsible to associate microcontrollers to electronic devices present in ambient ubiquitous, enabling commands triggered by users from becoming interactions with devices, such as televisions, home theater, lights, curtains, windows, doors , among others. Therefore, a guided platform in model specifications was built, allowing the components used were validated, verifying their performance and evaluating the proposed human-computer interaction (HCI). The main contribution of this paper is to propose a new approach to make life easier for different profiles of persons, including those who have movement restrictions, elderly and children. In addition, the platform provides a low financial cost, enabling people from different social classes can enjoy its benefits.

Key Words: Ambient Intelligence. Natural Interaction. Gesture Based Interaction. Smart Home. Model. Platform. Experiment.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Exemplo de Integração Física.....	18
Figura 2 – Exemplo de Invisibilidade.....	19
Figura 3 – Exemplo de Pró-Atividade.....	19
Figura 4 – Exemplo de Interoperabilidade Espontânea.....	20
Figura 5 – Exemplo de Interação Natural.....	20
Figura 6 – Áreas relacionadas a Ambiente ubíquo.....	22
Figura 7 - Visualização dos Conceitos de Interação Natural.....	24
Figura 8 – Exemplo de Luva com Sensores.....	25
Figura 9 – Nintendo Wii Remote.	26
Figura 10 – Anel de Interação.	27
Figura 11 – Exemplo de Câmera.....	28
Figura 12 – Kinect.	29
Figura 13 – Resultado da Revisão Sistemática da Literatura.....	36
Figura 14 – Distribuição percentual dos dispositivos.....	39
Figura 15 – Distribuição da movimentação.	41
Figura 16 – Distribuição percentual dos algoritmos.....	42
Figura 17 – Distribuição da taxa de reconhecimento.	42
Figura 18 – Distribuição percentual das conexões.....	43
Figura 19 – Etapas do desenvolvimento do projeto de pesquisa.	45
Figura 20 – Modelo Proposto.	48
Figura 21 – Módulos do Modelo.	58
Figura 22 – Caso de uso da camada de interação.....	58
Figura 23 – Diagrama de Componente do Reconhecimento de Gestos.	59
Figura 24 – Diagrama de Sequência da Camada de Interação.....	60
Figura 25 – Caso de uso da camada de gerência.....	61
Figura 26 – Diagrama dos Componentes de Controle.	62
Figura 27 – Diagrama de sequência da Camada de Gerência.....	63
Figura 28 – Caso de uso da camada de execução.	64
Figura 29 – Diagrama de sequência da Camada de Execução.	65
Figura 30 – Componentes da Plataforma.....	65
Figura 31 – Exemplos de gestos previstos para as interações.	66
Figura 32 – Exemplos da captura de gestos (Kinect e API JavaCV).....	67

Figura 33 – Página de Configuração.....	67
Figura 34 – Arduino Uno acoplado ao Arduino WiFiShield.	69
Figura 35 – JSON da Camada de Execução.....	70
Figura 36 – JSON da Camada de Gerência.....	70
Figura 38 – Respostas associadas à plataforma.....	75

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Resultado das buscas	35
Tabela 2 – Conjunto final de trabalhos selecionados	37
Tabela 3 – Resumo das métricas.....	38
Tabela 4 – Relação das etapas da metodologia DSR com a presente pesquisa.	46
Tabela 5 – Atividades do framework DECIDE.....	56
Tabela 6 – Perguntas utilizadas para avaliação da plataforma proposta.	72
Tabela 7 – Tarefas propostas para os participantes	73

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ACM	<i>Association for Computer</i>
ER	<i>Diagrama de Entidade-Relacionamento</i>
DECIDE	<i>Determine Explore Choose Identify Decide Evaluate</i>
DSR	<i>Design Science Reseach</i>
DTW	<i>Dynamic Time Warping</i>
HMM	<i>Modelo Oculto de Markov</i>
IDE	<i>Integrated Development Environment</i>
IHC	<i>Interação Humano-Computador</i>
IN	<i>Interaction Natural</i>
JSON	<i>JavaScript Object Notation</i>
OO	<i>Orientação a Objetos</i>
QG	<i>Questão Geral</i>
QC	<i>Questão Completadores</i>
SGBD	<i>Sistema Gerenciador de Banco de Dados</i>
SQL	<i>Structured Query Language</i>
UML	<i>Unified ModelingLanguage</i>
Wi-Fi	<i>Wireless Fidelity</i>

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	15
1.1	OBJETIVO	16
1.2	CONTRIBUIÇÕES	16
1.3	APRESENTAÇÃO.....	17
2	REFERENCIAL TEÓRICO	18
2.1	AMBIENTE UBÍQUO: COMPUTAÇÃO UBÍQUA	18
2.1.1	<i>Propriedades</i>	<i>18</i>
2.1.2	<i>Ambiente</i>	<i>21</i>
2.1.3	<i>Frameworks.....</i>	<i>22</i>
2.2	INTERAÇÕES NATURAIS POR GESTOS.....	23
2.2.1	<i>Tecnologia de Reconhecimento de Gestos</i>	<i>24</i>
2.2.2	<i>Técnicas de Reconhecimento de Gestos</i>	<i>29</i>
3	ESTADO DA ARTE DOS AMBIENTES COM INTERAÇÃO POR GESTO.....	33
3.1	REVISÃO DA LITERATURA	33
3.2	RESULTADOS DA REVISÃO DA LITERATURA.....	35
3.3	DISCUSSÃO DO RESULTADO DA REVISÃO DA LITERATURA.....	37
3.3.1	<i>QC1: Quais dispositivos utilizados para possibilitar as interações via gestos em Ambiente Ubíquo?.....</i>	<i>39</i>
3.3.2	<i>QC2: Quais são os tipos de movimentos utilizados nas interações via gestos? 40</i>	
3.3.3	<i>QC3: Quais as técnicas utilizadas para o reconhecimento dos movimentos dentro do cenário de interação?.....</i>	<i>41</i>
3.3.4	<i>QC4: Qual o percentual de acertos no reconhecimento de gestos dentro do Ambiente Ubíquo?.....</i>	<i>42</i>
3.3.5	<i>QC5: Quais os meios de transmissão para a comunicação dos dispositivos eletrônicos no cenário de interação?</i>	<i>43</i>
3.3.6	<i>QG: Qual a visão geral das pesquisas envolvendo Ambiente Ubíquo baseadas em interação com gestos?</i>	<i>43</i>
4	METODOLOGIA.....	45
4.1	ABORDAGEM METODOLÓGICA.....	45
4.2	CONSTRUÇÃO DE UM QUADRO CONCEITUAL	46
4.3	PROJETO ARQUITETURAL.....	47
4.4	ANÁLISE E PROJETO DA PLATAFORMA	50
4.4.1	<i>Paradigma e linguagem de programação.....</i>	<i>50</i>
4.4.2	<i>Sistema Gerenciador de Banco de Dados (SGBD)</i>	<i>51</i>
4.4.3	<i>Tecnologia de reconhecimento.....</i>	<i>52</i>
4.5	CONSTRUÇÃO DA PLATAFORMA.....	53
4.6	AVALIAÇÃO DA PLATAFORMA	54
5	O MODELO E SUA INFRAESTRUTURA.....	57
5.1	MODELO.....	57
5.1.1	<i>Camada de Interação</i>	<i>58</i>
5.1.2	<i>Camada de Gerência.....</i>	<i>61</i>
5.1.3	<i>Camada de Execução</i>	<i>63</i>

5.2	ESPECIFICAÇÃO DA PLATAFORMA	65
5.2.1	<i>Camada de Interação</i>	66
5.2.2	<i>Camada de Gerência.....</i>	67
5.2.3	<i>Camada de Execução</i>	68
5.3	COMUNICAÇÃO	69
6	EXPERIMENTO REALIZADO EM CAMPO	71
6.1	FASE 1 – DETERMINAR O OBJETIVO DA ANÁLISE	71
6.2	FASE 2 – EXPLORAR PERGUNTAS A SEREM RESPONDIDAS.....	72
6.3	FASE 3 – ESCOLHER O MÉTODO DE AVALIAÇÃO	72
6.4	FASE 4 – IDENTIFICAR E ADMINISTRAR AS QUESTÕES PRÁTICAS.....	73
6.4.1	<i>Cenário utilizado no experimento</i>	73
6.4.2	<i>Recrutamento dos participantes</i>	74
6.5	FASE 5 – DECIDIR COMO LIDAR COM AS QUESTÕES ÉTICAS.....	74
6.6	FASE 6 – AVALIAR, INTERPRETAR E APRESENTAR OS RESULTADOS.....	75
6.6.1	<i>Como você classificaria o desempenho da plataforma de interação natural via gestos?</i>	75
6.6.2	<i>Como você classificaria a eficácia da interação com gestos durante a realização do experimento?</i>	76
6.6.3	<i>No geral, qual o seu nível de satisfação com as interações realizadas durante o experimento?</i>	76
6.6.4	<i>No cenário proposto, como você classificaria seu aprendizado durante a realização das interações com gestos?</i>	76
6.6.5	<i>Quando houve uma interação indesejada, o que você achou ao tentar retornar para um estado anterior utilizando os gestos?</i>	77
6.6.6	<i>Você achou adequadas as funcionalidades disponíveis pela plataforma de interação?.....</i>	77
6.6.7	<i>A plataforma apresenta flexibilidade nas interações para a execução das ações?.....</i>	78
6.6.8	<i>Com base no experimento realizado, como você classificaria a utilidade da plataforma proposta no seu cotidiano?</i>	78
6.6.9	<i>Durante o experimento, você sentiu alguma dificuldade de realizar as interações via gestos?.....</i>	79
7	CONCLUSÕES E TRABALHOS FUTUROS.....	80
	REFERÊNCIAS.....	69
	ANEXO A - Parecer consubstanciado do CEP nº 1.366.396	77
	APÊNDICE A - Roteiro para utilização da plataforma	81
	APÊNDICE B - Avaliação da plataforma: Questionário proposto aos participantes do experimento	82
	APÊNDICE C - Termo de Consentimento Livre e Esclarecido.....	85

1 INTRODUÇÃO

Com o início da terceira fase da computação, conhecida como Ubíqua e Pervasiva (WEISER, 1991), inúmeros dispositivos computacionais ficaram à disposição de um único usuário. Neste contexto, espera-se que as interações Humano-Computador ocorram de forma transparente e natural, similar à interação entre pessoas.

Para prover um cenário adequado para à execução de aplicações com características ubíquas, é necessária a criação de um ambiente próprio para este tipo de interação, o qual conceitualmente denomina-se Ambiente Ubíquo (MARELI *et al.*, 2013).

Estes requisitos tornam-se ainda mais importantes quando os usuários são idosos ou pessoas com necessidades especiais, normalmente dependentes de ajuda para realizar suas tarefas diárias. Diante deste desafio, busca-se por meio de tecnologias inovadoras, a sonhada independência interativa entre pessoas com restrições e dispositivos computacionais, possibilitando a inserção social e a obtenção de uma vida mais independente (ALENCAR; NERIS, 2013).

Com o propósito de contribuir com estudos nesta área, a proposta desse trabalho é criar uma plataforma que permita aos seres humanos interagir com equipamentos eletrônicos através do uso de gestos. Optou-se por esta modalidade de interação por ser uma das formas mais comuns de comunicação entre as pessoas, complementando ou substituindo, em muitos casos, a linguagem oral.

Monitorar o ambiente e obter informações dos usuários por meio de componentes computacionais, ampliado, muitas vezes, pela diversidade de tipos de sensores e fabricantes distintos, sempre foi um desafio. As limitações tecnológicas, a falta de padronização e o alto custo desses componentes represavam o crescimento em escala de pesquisas que envolvessem captura/reconhecimento de eventos de interações via gestos dos usuários em um Ambiente Ubíquo. A evolução dessas tecnologias para captura de dados do usuário e do contexto no qual ele está inserido, criou novos paradigmas para a IHC. A partir de 2010, as pesquisas relacionadas a este domínio ganharam um impulso extra com a popularização dos sensores RGB-D (Red, Green, Blue, Depth), em particular aqueles oriundos da plataforma Kinect. O fato é que a popularização desses sensores RGB-D, associada à grande quantidade de ferramentas de implementação disponíveis (OpenNI, KinectSKD, OpenKinect) tem gerado um crescimento rápido e desordenado de

soluções, muitas vezes com tarefas repetitivas e sem padronização, para auxiliar a concepção e o desenvolvimento desses ambientes interativos.

O estudo da bibliografia científica, realizado neste trabalho, sobre os ambientes ubíquos com interação via gesto apresentou evidências que a principal dificuldade é fazer com que distintas tecnologias reconheçam os mais variados tipos de interações. Além disso, segundo Mareli *et al.*(2013), outros desafios podem ser mencionados, tais como: as dificuldades em determinar um protocolo comum de comunicação entre os componentes do sistema distribuído, por conta dos dispositivos heterogêneos envolvidos; a complexidade dependente da variedade e quantidade de dados de contexto e serviços disponibilizados no ambiente; o desenvolvimento e teste de ambientes que exijam uma alta disponibilidade de recursos como, por exemplo, sensores, atuadores e dispositivos de gerenciamento; a verificação do desempenho da rede de dados para admitir o envio das informações que são capturadas no ambiente e a recepção de comandos a serem executados em tempo real.

1.1 OBJETIVO

Diante dos problemas e motivações abordados, o principal objetivo desta dissertação é propor um modelo para aplicação ubíqua que controle os dispositivos eletrônicos em um Ambiente Ubíquo, utilizando formas naturais de interação (gestos). Para alcançar o objetivo principal, foram definidos os seguintes objetivos específicos: desmistificar as diferentes tecnologias que serão utilizadas para permitir a captura de dados em um Ambiente Ubíquo; desenvolver um middleware que possibilite realizar o chaveamento entre as ações e intenções dos usuários com os aplicativos disponibilizados no ambiente; criar uma base de conhecimento, fundamentada no modelo de chave e valor, com a completude necessária para atender a demanda de um Ambiente Ubíquo; desenvolver um cenário de interação para permitir identificar as potencialidades do modelo e sua plataforma; além de realizar testes para avaliar o desempenho dos componentes da plataforma e a nova forma de interação adotada.

1.2 CONTRIBUIÇÕES

Em conformidade com os objetivos propostos, esta dissertação apresenta as seguintes contribuições: i. Possibilitar o controle de diferentes tipos de dispositivos

eletrônicos, independente do modelo ou da marca; ii. Definir um modelo em camadas que pode ser implementado independente do hardware ou do software utilizado; iii. Criar uma plataforma visando facilitar a interação do usuário com os dispositivos eletrônicos disponíveis no cenário de interação; iv. Realizar interações via gestos com dispositivos eletrônicos, utilizando a junção do Kinect com o JavaCV.

1.3 APRESENTAÇÃO

Esta dissertação está estruturada em sete capítulos. Neste primeiro capítulo, foram apresentadas as motivações, as problemáticas, os objetivos do estudo e suas contribuições. O segundo capítulo aborda o referencial teórico, que contém os principais conceitos referentes à ambiente inteligente, interação natural baseada em gestos e as principais tecnologias para o reconhecimento e captura das intenções dos usuários. No terceiro capítulo é discutidos o estado da arte, a metodologia da revisão de literatura e as questões a serem respondidas, juntamente com as palavras-chaves e as métricas de análise. Além disso, foi feito uma descrição dos trabalhos escolhidos e a realização de um estudo comparativo com base nessas métricas.

A metodologia foi descrita no quarto capítulo e aborda o tipo de pesquisa, suas características, as etapas envolvidas e a execução cronológica das atividades. No quinto capítulo é apresentado o modelo arquitetural proposto com todas as suas camadas, componentes e protocolos de comunicação, bem como a plataforma criada para a sua validação, sendo estas as principais contribuições deste trabalho.

O sexto capítulo contempla o experimento realizado com os usuários, tendo como objetivo identificar as potencialidades da plataforma desenvolvida para a instrumentação de Ambiente Ubíquo com interações naturais via gestos. Além disso, foi descrita a metodologia para a realização do experimento. Finalmente, no sétimo capítulo, são expostas as conclusões referentes ao trabalho, enfatizando as contribuições alcançadas, as limitações apresentadas durante o desenvolvimento da dissertação e as perspectivas futuras para aprimoramento do modelo e da plataforma apresentada.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

Neste capítulo, são abordados os principais tópicos e conceitos relacionados ao tema principal deste trabalho. Serão apresentados alguns conceitos clássicos de computação ubíqua, seus ambientes e as formas de interações naturais via gestos.

2.1 AMBIENTE UBÍQUO: COMPUTAÇÃO UBÍQUA

A Computação Ubíqua prevê que os componentes computacionais estarão embarcados no ambiente de forma transparente para o usuário, com capacidade de obter informações acerca do cenário e utilizá-las para controlar, configurar e ajustar as aplicações para que melhor se adapte ao ambiente (COOK *et al.*, 2009).

O ambiente também deve ser capaz de detectar outros dispositivos que adentrem a este espaço interativo. Dessa interação com outros aparelhos surge a capacidade de computadores agirem de forma “inteligente” no cenário em que o usuário se locomove (ARAUJO, 2003).

2.1.1 Propriedades

Segundo Horváth e Vroom (2015), a Computação Ubíqua está fundamentada em nove propriedades: 1. Integração física; 2. Invisibilidade; 3. Pró-atividade; 4. Sensibilidade ao contexto; 5. Interoperabilidade espontânea; 6. Interação natural; 7. Coordenação; 8. Adaptação e tolerância a falhas; 9. Mobilidade. Tais propriedades estão descritas a seguir:

1. Integração Física - Espaços inteligentes são definidos pela colaboração intensa entre elementos computacionais e componentes do mundo físico (Figura 1).

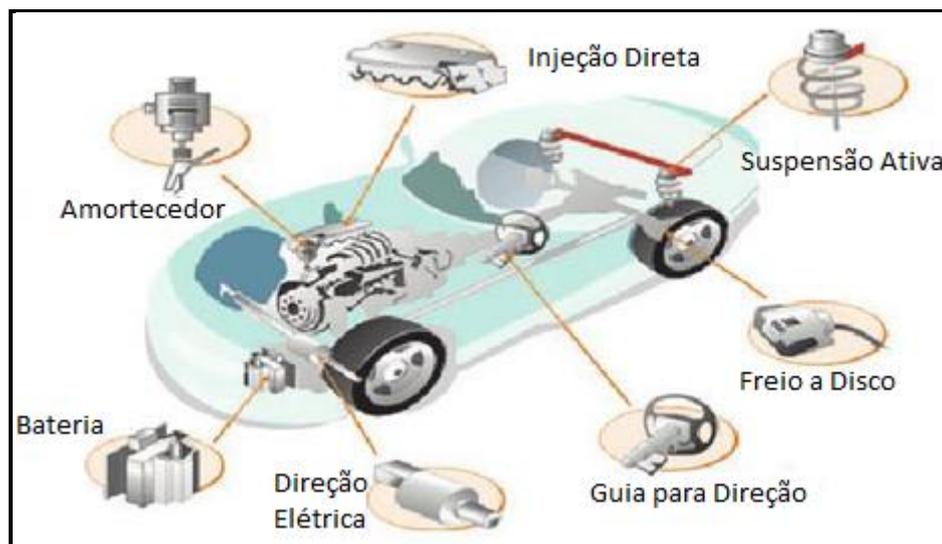
Figura 1 – Exemplo de Integração Física



Fonte: Cook , Augusto e Jakkula (2009).

2. Invisibilidade: Quanto mais presente em nossa vida uma tecnologia estiver, menos perceptível será. Em termos gerais, aumenta-se a integração entre o homem e o computador de forma que essa integração se torne imperceptível e possibilita que as duas entidades convivam em perfeita simbiose. A ideia é que a computação seja imperceptível assim como os motores que hoje estão embarcados em diferentes equipamentos tornaram-se imperceptíveis (Figura 2).

Figura 2 – Exemplo de Invisibilidade



Fonte: SABERELETRONICA (2016).

3. Pró-Atividade: É a capacidade do sistema se antecipar à intenção do usuário. Por exemplo, um sistema que identifica que o carro está saindo da curva e, assim, aciona dispositivos de segurança, como afivelar o cinto de segurança para o motorista e o fechamento das janelas abertas (Figura 3).

Figura 3 – Exemplo de Pró-Atividade



Fonte: CARICOS (2016).

4. Sensibilidade ao Contexto: Sistemas Ubíquos precisam recorrer às informações de contexto para adaptar seu comportamento e funcionalidades. Essa característica permite que cada sistema conheça o ambiente em que está operando e se ajuste de acordo com o contexto sem que o usuário tenha conhecimento.
5. Interoperabilidade Espontânea: É a possibilidade de integração dinâmica entre componentes móveis e a infraestrutura do sistema, sem a intervenção do usuário (Figura 4).

Figura 4 – Exemplo de Interoperabilidade Espontânea



Fonte: MEGALINDAS (2016).

6. Interação Natural: Em ambientes inteligentes é preciso que se busquem técnicas para que as formas de interação normalmente utilizadas no dia a dia de uma sociedade, como gestos, voz e olhares, se estabeleçam como meio de comunicação entre homens e máquinas (Figura 5).

Figura 5 – Exemplo de Interação Natural



Fonte: XBOX (2016).

7. Coordenação: Ambientes Ubíquos são altamente dinâmicos. Interações síncronas e assíncronas através de várias entidades computacionais podem ser realizadas a todo o momento. Estas interações precisam ser realizadas de um modo coordenado.
8. Adaptação e Tolerância a falhas: Sistemas ubíquos devem considerar não somente mudanças de contexto, mas também falhas nos serviços disponíveis na rede de dispositivos. Adaptar-se a essas falhas evita o mau funcionamento do sistema.
9. Mobilidade: Usuários, dispositivos e serviços podem mover-se dentro de um mesmo ambiente e entre ambientes distintos. Desse modo, é necessário prover mecanismos para dinamicamente aprender sobre todos os serviços disponíveis nas proximidades do usuário.

2.1.2 Ambiente

Com os avanços da eletrônica e da computação ubíqua, houve o surgimento de ambiente, o qual está onipresente no cotidiano das pessoas. Esse é incorporado nas residências ou nos escritórios para dar a ideia de "desaparecimento dos computadores". O ambiente ubíquo é um conceito amplo, referindo-se a um mundo no qual as pessoas são cercadas por eletrônicos sensíveis à sua presença e que interagem às suas necessidades (COOK *et al.*, 2009).

Isto significa que dispositivos eletrônicos individuais deverão estar cada vez mais conectados em uma rede, com ou sem a utilização de fios, de forma a desaparecerem da "paisagem", ou seja, do olho humano (ALENCAR; NERIS, 2013). Esse tipo de ambiente é a realização da computação ubíqua, na qual toda a computação está invisível e sua presença ajuda a incrementar as tarefas do usuário, focalizando no sensoriamento (RONZANI, 2009). Portanto, Ambiente Ubíquo tem sido caracterizado de diferentes maneiras, como pode ser observado nos conceitos adotados pelos autores descritos abaixo:

Tecnologia em desenvolvimento que faz os ambientes serem sensíveis e receptivos à presença humana. (AARTS; ENCARNACAO, 2006).

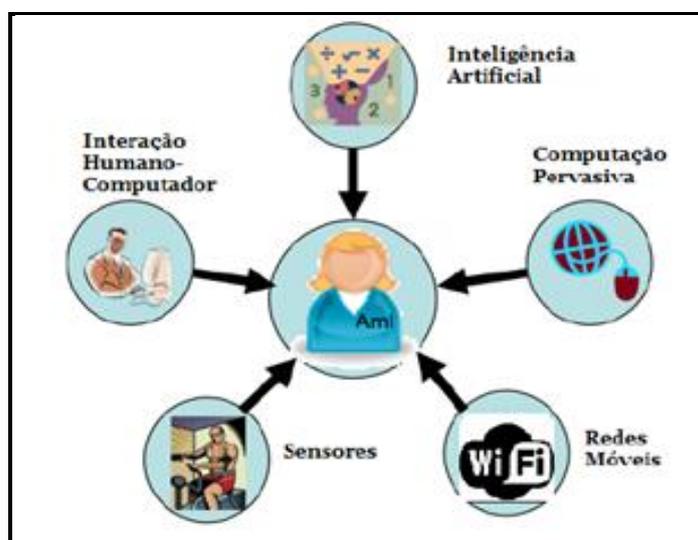
Um ambiente cercado por objetos que vão reconhecer a presença de pessoas e responder a elas de maneira transparente. (BOGDANOWICZ *et al.*, 2001).

A tecnologia deve desaparecer em nosso ambiente para trazer aos seres humanos uma vida fácil e divertida. (CRUTZEN, 2006).

Em Ambiente Ubíquo as pessoas estarão cercadas por redes e dispositivos, capazes de identificar as necessidades de seus usuários e antecipar ações para se adaptar às necessidades. (VASILAKOS; WITOLD, 2006).

A partir das definições e características descritas acima, pode ser observado que os aspectos do ambiente ubíquo incorporam a consciência do contexto, a onipresença e a ubiquidade. Como resultado, estes incorporam pesquisas em várias esferas, abrangendo estudos nas áreas de Inteligência Artificial, Computação Pervasiva, Interação Humano-Computador, Redes Móveis e Sensores (COOK *et al.*, 2009) (Figura 6).

Figura 6 – Áreas relacionadas a Ambiente Ubíquo



Fonte: Cook *et al.* (2009).

Estes conceitos podem ser aplicados nos mais diversos tipos de ambientes, com o intuito de ter alguns benefícios (PEREIRA, 2007), tais como:

- Economia: Auxiliar na conservação dos recursos do ambiente;
- Controle: Manipular dispositivos eletrônicos a partir de uma aplicação;
- Conveniência: Auxiliar na autorização de acesso e controle do ambiente;
- Segurança: Monitorar o cenário de interação em tempo real;

2.1.3 Frameworks

Os *frameworks* para aplicações ubíquas utilizam em geral conceitos de Computação Sensível ao Contexto (DEY *et al.*, 2001) e de Prototipação de Aplicações Ubíquas (WEIS *et al.*, 2007).

Segundo Mareli *et al.* (2013) o comportamento de sistemas ubíquos é definido a partir de técnicas aplicadas na Computação Sensível ao Contexto. A prototipagem é utilizada para manipular e testar o funcionamento de aplicações no ambiente.

Os sistemas com foco na Computação Ubíqua aplicados em Ambiente Ubíquos são baseados geralmente em uma arquitetura em camadas. Na camada inferior encontra-se o espaço físico com seus ocupantes e na camada superior estão os sensores coletando informações de contexto e os atuadores provendo serviços para atender às necessidades destes ocupantes. Uma camada intermediária (*middleware*) é definida entre as tomadas de decisão e as interações com o ambiente, incluindo também conceitos e mecanismos para a construção de software dessa classe de sistemas. Há propostas na literatura que caracterizam este tipo de ambiente, dentre eles o termo “*smart home*” (casa inteligente) um dos mais conhecidos (HELAL *et al.*, 2005).

2.2 INTERAÇÕES NATURAIS POR GESTOS

O termo interação natural nasceu em um momento tecnológico em que a Interação Homem-Computador (IHC), se torna cada vez mais cômodo ao usuário. Dentro de um contexto de computação ubíqua, a interação deve ocorrer de forma transparente, pois para os usuários é inviável o aprendizado específico de diferentes tipos de *interfaces*. Desta forma, sugere-se uma inversão de papéis, onde no lugar das pessoas interpretarem a aplicação em questão, a referida aplicação passa a entender o indivíduo, percebendo suas intenções e usando-as para alcançar uma interação bem sucedida. Esta inversão de papéis, aliada a outros conceitos como liberdade, uso de metáforas e *feedback* em tempo real, dão origem ao campo de pesquisa chamado interação natural (VALLI, 2007).

Nesse contexto, a tendência atual é ter interfaces cujas implementações se utilizem progressivamente da naturalidade tendo o homem como ponto inicial, resultando em um dispositivo que tenha uma integração cada vez melhor com as pessoas. De acordo com Valli (2007), os primeiros anos da vida de toda a pessoa definem o que para ela é natural e o que não é. Essa definição para este trabalho é importante, pois o mesmo tem a proposta de usar tecnologias de interação natural. Desta forma, atividades naturais são aquelas que os seres humanos realizam

através das suas estruturas do corpo e da mente. Natural pode ser considerado sinônimo de algo comum na vida real.

Segundo Figueiredo *et al.* (2012), as pessoas se comunicam normalmente através de gestos, expressões faciais, movimentos corporais e da fala. Da mesma forma, percebem o mundo a sua volta, olhando, ouvindo e manipulando materiais físicos. Segundo os autores, estes conceitos caracterizam a interação natural.

Dessa forma, a tecnologia não define a natureza do sistema, mas é uma ferramenta nas mãos da pessoa que cria o espaço ou artefato comunicativo (Figura 7). Se um ambiente é capaz de simular objetos físicos ou personagens e perceber a intenção da ação humana, então significa que este ambiente tem características oriundas da interação natural. Essa liberdade de ação das pessoas é a chave da satisfação do uso de sistemas providos com interações naturais (MEDEIROS, 2012).

Figura 7 - Visualização dos Conceitos de Interação Natural



Fonte: Filme Minority Report (2016).

Na próxima seção, serão exploradas algumas tecnologias utilizadas para a captura de Interações Naturais via gestos.

2.2.1 Tecnologia de Reconhecimento de Gestos

A área de IHC, ao longo dos anos, vem se remodelando visando obter melhores resultados para as necessidades e satisfação das pessoas. Na área de Ambiente Ubíquo, é notória essa evolução com a utilização de novas tecnologias baseadas em sensores de movimento e algoritmo. Desta forma, é possível desenvolver um Ambiente Ubíquo que usufrua de interpretação de ações em diferentes ângulos, o que possibilita a construção de interações mais realistas, para causar mais

satisfação aos usuários, aumentar a sensação de imersão e melhorar as suas experiências (FIGUEIREDO *et al.*, 2012).

O processo de reconhecimento de sinais inicia com o estabelecimento dos gestos que deverão ser identificados e a forma como estes são capturados. Assim, o tipo de tecnologia escolhida para esta etapa irá influenciar o restante do processo de reconhecimento já que delimita quais informações poderão ser capturadas. Dentre as interações utilizadas atualmente, as principais são divididas em instrumentais e baseadas na visão (IBRAHEEM; KHAN, 2012), que serão abordadas nas próximas subseções.

2.2.1.1 Interações Instrumentais

Nesse tipo de tecnologia utiliza-se a captura dos movimentos e da posição da mão, utilizando-se, portanto, dispositivos com sensores. Esta abordagem pode facilmente fornecer as coordenadas exatas da palma da mão e proporcionar a percepção da sua orientação (FRATI; PRATTICIZZO, 2011). No entanto, esta tecnologia exige que o usuário esteja portando algum dispositivo físico, o que pode representar um obstáculo na interação entre usuários e computadores (IBRAHEEM; KHAN, 2012).

2.2.1.1.1 Luvas com sensores

Luvas com sensores (

Figura 8) são utilizadas para capturar a posição das mãos e movimentos. Esta abordagem pode facilmente fornecer as coordenadas exatas da palma e dos dedos, suas orientações e configurações, no entanto, requer que o usuário esteja conectado com um computador fisicamente (CHEN; GEORGANAS; PETRIU, 2007).

Figura 8 – Exemplo de Luva com Sensores



Fonte: EVERLAST (2016).

2.2.1.1.2 Wii Remote - Nitendo

O WiiRemote (Figura 9) é um dispositivo desenvolvido pela Nintendo para o controle do videogame Wii. Este capta os movimentos que o jogador faz ao movê-lo, através de três sensores de movimento embutidos e de uma câmera infravermelho, funcionando como uma espécie de mouse aéreo. Além disso, possui um sistema de vibração e um pequeno alto-falante que emite sons mais simples e próximos, como o bater da espada ou o som de um tiro.

Figura 9 – Nitendo Wii Remote

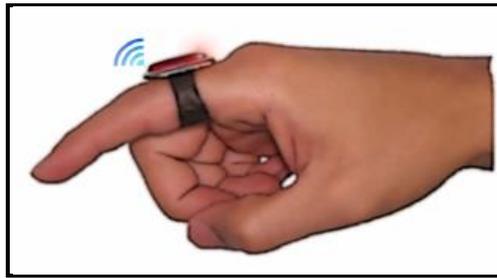


Fonte: NITENDO (2016).

Atualmente existem alguns trabalhos (SCHLÖMER *et al.*, 2008; LIU *et al.*, 2009; PAN *et al.*, 2010; NEßELRATH *et al.*, 2011) referindo-se ao uso do Wii para interagir com Ambiente Ubíquo, através dos sensores de movimentos que capturam os comandos do usuário.

2.2.1.1.3 Anel

No intuito de deixar o dispositivo de interação mais confortável para o usuário, surgiram acessórios que são utilizados no cotidiano, como é o caso do anel (Figura 10). Foi incorporado neste utilitário, sensores que auxiliam a captura de movimentos dos gestos, por exemplo, o acelerômetro e o de aproximação (KETABDAR *et al.*, 2012).

Figura 10– Anel de Interação

Fonte: Ketabdar, Moghadam e Roshandel (2012).

Existem anéis que apresentam, além de sensores, conexão sem fio, possibilitando uma comunicação mais confortável para o usuário. Este tipo de dispositivo pode ser visto nos trabalhos demonstrado por Jing *et al.* (2011) e Ketabdar *et al.* (2012).

2.2.1.2 Baseado em visão

Essa é uma forma mais natural de comunicação, já que não há a necessidade de o usuário utilizar dispositivos adicionais para realizar as interações (IBRAHEEM; KHAN, 2012). Embora essa abordagem seja aparentemente mais simples, uma série de desafios podem ser destacados, tais como: o desenvolvimento de algoritmos mais complexos; os requisitos do sistema; a velocidade de processamento; o tempo de reconhecimento; a robustez e a eficiência computacional (ANJO *et al.*, 2012). Para tanto, existem diversos instrumentos para desenvolver este tipo de interação, os quais serão descritos a seguir.

2.2.1.2.1 Câmera

Este aparelho (Figura 11) é um dispositivo usado para capturar imagens em tempo real, tendo uma maior dinâmica do que uma câmera fotográfica. Os movimentos são registrados em sucessivas fotografias com grande rapidez que, durante a sua exibição, as imagens aparentemente movem-se devido ao fato das fotos serem exibidas mais rápidas do que o olho humano (RAHMAN *et al.*, 2009).

Figura 11 – Exemplo de Câmera



Fonte: CCTV (2016).

As câmeras tiveram a incorporação de várias tecnologias com o intuito de melhorar a qualidade, a transmissão e a acessibilidade. A seguir serão demonstrados alguns desses aparelhos:

- Câmeras com infravermelho: Dispositivos que, através do calor, são destinados a perceber a imagem através da faixa de radiação infravermelha (RAHMAN *et al.*, 2009).
- Câmeras de alta definição: Aparelhos que tentam melhorar ao máximo a qualidade da imagem (RAHMAN *et al.*, 2009).
- Câmeras IP: Dispositivos que transmitem imagens através de uma rede de dados (LLORET *et al.*, 2015).
- Mini Câmeras: Aparelhos que apresentam um tamanho portátil, com o intuito de obter um maior conforto ao usuário (RAHMAN *et al.*, 2009).

Alguns trabalhos utilizam as câmeras como forma de interação e reconhecimento dos gestos dentro de um Ambiente Ubíquo, como os de Rahman *et al.* (2009), Berci e Szolgay (2009), Ahn *et al.* (2010), Mocanu e Florea (2012) e Lloret *et al.* (2015).

2.2.1.2.2 Kinect – Microsoft

Este equipamento trouxe ao mundo dos jogos um sistema que não exige o uso de controles físicos e que permite grande precisão no reconhecimento de movimentos. O dispositivo utiliza uma câmera RGB e um sensor de profundidade com infravermelho para auxiliar na identificação dos objetos e transformar as imagens dos usuários em um contraste mais escuro em relação aos demais elementos do cenário.

Diferentemente dos outros sistemas, o processamento dos dados provenientes do Kinect é tratado fora do dispositivo, tomando como referência o Xbox 360 ou One, da Microsoft. O lançamento do Kinect (Figura 12) transformou a indústria de videogames, bem como, despertou o interesse de muitos pesquisadores com a nova gama de possibilidades aberta para a área de Interações Naturais (IN). Permite o rastreamento da posição de uma pessoa e da movimentação de seu corpo, braços, pernas, mãos e cabeça, tornando possível o desenvolvimento de IN, assim como permite o reconhecimento de gestos.

Figura 12 – Kinect



Fonte: XBOX (2016).

Diversas pesquisas e trabalhos de caráter acadêmico já são realizados utilizando essa tecnologia como, por exemplo, o trabalho de Cuevas *et al.* (2014), que utiliza esse dispositivo para capturar a movimentação do corpo com o intuito de interagir com um Ambiente Ubíquo. Este trabalho utiliza o Kinect como dispositivo para capturar as IN (reconhecimento de movimento e dos dedos das mãos) em um Ambiente Ubíquo, possibilitando a interação com dispositivos eletrônicos à distância, tais como, Televisores, DVDs, Ar-Condicionado, entre outros.

2.2.2 Técnicas de Reconhecimento de Gestos

O processo de desenvolvimento de técnicas para o reconhecimento do gesto envolve vários conceitos, tais como, reconhecimento de padrões, detecção de movimento e análise do aprendizado (IBRAHEEM; KHAN, 2012).

Segundo Mitra e Acharya (2007), estas técnicas analisam a forma, a textura, a cor, o movimento, o realce da imagem, a segmentação e a modelagem do contorno, para que se possa ter um reconhecimento adequado. Dentre os algoritmos de identificação dos gestos, serão demonstrados nesta dissertação os mais populares para o reconhecimento de interações em Ambiente Ubíquo que são Modelo Oculto de Markov, Dynamic Time Warping e Histograma.

2.2.2.1 Modelo Oculto de Markov (HMM)

O processo no domínio do tempo demonstra uma propriedade de Markov, na qual a probabilidade de um estado ocorrer no tempo futuro depende unicamente do estado presente. Este evento depende apenas do mais recente acontecimento do passado, então sendo denominada uma cadeia de Markov de primeira ordem. Esta é uma suposição útil para fazer, quando se consideram as posições e orientações das mãos de um gesto através do tempo (MITRA; ACHARYA, 2007).

HMM é um processo indeterminado, com um número finito de estados da cadeia de Markov e um número de funções aleatórias. Sua topologia é representada por um estado inicial, um conjunto de símbolos de saída e um conjunto de estados de transição (IBRAHEEM; KHAN, 2012).

Segundo Mitra e Acharya (2007), HMM tem sido aplicado para o reconhecimento da mão e da face em uma projeção de duas dimensões. Por isso, tem como principais qualidades o reconhecimento do contorno do usuário, a forma e a segmentação das imagens.

2.2.2.2 Dynamic Time Warping (DTW)

O método DTW é um algoritmo capaz de medir a semelhança entre duas sequências que variam em tempo e velocidade, sendo utilizadas em vídeos, áudios e gráficos, ou seja, todos os dados podem ser transformados em uma sequência linear.

Segundo Giorgino (2009), os algoritmos para DTW foram propostos em meados de 1970, principalmente para o reconhecimento da fala, com o intuito de explicar as diferenças entre a taxa da pronúncia. Desde então a aplicação mais bem difundida para o algoritmo é o reconhecimento automático de fala para tratar diferentes velocidades de pronúncias.

No reconhecimento dos gestos, esta técnica apresenta resultados satisfatórios, devido ao fato de que o DTW é usado como uma medida de similaridade entre os movimentos e o conjunto de classes que corresponde a um conjunto de gestos (SENIN, 2008). Com base nisso, Liu *et al.* (2009) descreve que o

algoritmo apresenta como principal característica a captura dos movimentos, uma vez que consegue realizar a classificação das sequências dos gestos.

Muitos trabalhos com interações via gestos em Ambiente Ubíquo utilizam este algoritmo, tais como, Liu *et al.* (2009), Kühnela *et al.* (2011), Bartolini *et al.* (2012), Cuevas *et al.* (2014) e Pu *et al.* (2015).

2.2.2.3 Histograma

Um das informações mais relevantes em uma imagem é o seu histograma, pois a partir dele é possível realizar segmentação da imagem de maneira simples (SIMION, DAVID, *et al.*, 2015).

Segundo Conci *et al.* (2008), histograma é um conjunto de números que indica o percentual de pixels de uma imagem, representando o nível de cinza (oucor). Esses valores são normalmente representados por um gráfico de barras que fornece, para cada nível de cinza, o número ou percentual de pixels correspondentes na imagem. Em outras palavras, é um gráfico cartesiano, no qual o eixo horizontal reflete os valores das tonalidades de cinza que a imagem possui e a frequência com que essa tonalidade ocorre no eixo vertical.

A extração dos gestos é feito através de quatro métodos (SIMION *et al.*, 2015):

- Movimentos: Comparação de pixel por pixel a partir de um modelo de referência e a identificação das distorções;
- Tom da pele: Definição de um padrão comum de pele para fazer a comparação entre a imagem e uma cor definida;
- Borda: Identificação de uma aresta comum que possibilita o reconhecimento do usuário e suas interações no ambiente;
- Invariante: Foco em uma determinada área da imagem e sua comparação a partir de vários modelos pré-definidos.

Segundo Simion *et al.* (2015), este algoritmo apresenta como principais contribuições a identificação da textura e da cor. Isso facilita a identificação de objetos em uma imagem a partir dos pixels. Este trabalho utiliza o Histograma para fazer o reconhecimento de movimento e dos dedos das mãos, devido a uma facilidade na adaptação do Kinect juntamente com a biblioteca OpenCV, além de

possibilitar a captura de um maior número de gestos em relação aos outros algoritmos citados.

3 ESTADO DA ARTE DOS AMBIENTES COM INTERAÇÃO POR GESTO

Este capítulo apresenta uma descrição da revisão da literatura, com a definição de uma questão geral e questões complementares. Posteriormente, são selecionados os artigos que atenderam aos critérios de inclusão definidos para esta pesquisa. Os resultados do levantamento bibliográfico previamente são discutidos e sumarizados, respondendo os questionamentos apresentados.

3.1 REVISÃO DA LITERATURA

Para realizar este estudo foi desenvolvida uma revisão da literatura, com o intuito de identificar os principais trabalhos que abordam Ambiente Ubíquo com interações naturais através de gestos.

Keele (2007) descreve revisão da literatura como uma forma de identificar, avaliar e interpretar as pesquisas relevantes para uma determinada área do conhecimento, um fenômeno de interesse ou uma questão de pesquisa. Como se utiliza de estudos anteriores, denominados de estudos primários, uma revisão da literatura é chamada de um estudo secundário.

Dentre os motivos para sua utilização podem ser destacados os seguintes: 1. A possibilidade de resumir o conhecimento existente sobre um tratamento ou tecnologia; 2. Identificar possíveis lacunas no estado da arte de um determinado tema, com o objetivo de sugerir áreas para investigações mais aprofundadas; 3. Fornecer uma estrutura ou fundamentação para posicionar adequadamente as novas atividades de investigação.

A metodologia bem definida, a capacidade de fornecer informações sobre os efeitos de algum fenômeno por meio de uma ampla variedade de métodos empíricos e a possibilidade de combinar os resultados encontrados com estudos anteriores para aumentar a probabilidade de detecção de um efeito real estão entre as vantagens na utilização da revisão da literatura. Como desvantagens podem ser citadas o aumento do esforço necessário para a realização da pesquisa e a possível limitação da quantidade de informações recuperadas devido ao fato de se restringir as fontes de dados que serão usadas para a pesquisa.

O objetivo para a realização dessa revisão de literatura foi identificar as características dos cenários de Ambientes Ubíquos que se utilizam de gestos como

forma de interação. Desta forma, foi definida a seguinte questão geral (QG) de pesquisa: Qual a visão geral das pesquisas envolvendo Ambiente Ubíquo baseadas em interação com gestos?

Para contemplar esta Questão Geral (QG), foram definidas questões complementares no sentido de auxiliarem a coleta de dados e a identificação do estado da arte na utilização de gestos como mecanismo de interação entre seres humanos e dispositivos computacionais, as quais podem ser descritas a seguir:

QC1: Quais dispositivos são utilizados para possibilitar as interações via gestos em Ambientes Ubíquos?

QC2: Quais são os tipos de movimentos utilizados nas interações via gestos?

QC3: Quais as técnicas utilizadas para o reconhecimento dos movimentos dentro do cenário de interação?

QC4: Qual o percentual de acertos no reconhecimento de gestos dentro do Ambiente Ubíquo?

QC5: Quais os meios de transmissão para a comunicação dos dispositivos eletrônicos no cenário de interação?

Para a identificação dos trabalhos foi realizada uma pesquisa contemplando três fontes de dados: Google Acadêmico, *Association for Computing Machinery(ACM) Digital Library* e *Institute of Electrical and Electronic Enginners (IEEE)*.

Como a questão da estudo foi identificar qual a visão geral das pesquisas envolvendo Ambientes Ubíquos baseadas em interação com gestos, as palavras-chaves utilizadas foram: *gesture-based interaction, natural interactions, ambient ubiquitous, smart home e home automation*. Com base nas palavras-chaves foram definidos as seguintes strings de busca ("*gesture-based interaction*" or "*natural interactions*") and ("*ambient ubiquitous*" or "*smart home*" or "*home automation*").

Nesta pesquisa foram aplicados os critérios de exclusão apresentados a seguir:

- Trabalhos que eram continuação de uma mesma pesquisa.
- Artigos que não possuíam informações sobre interação com gestos.
- Trabalhos que contemplavam apenas slides.

- Trabalhos constituídos apenas pelo resumo.
- Artigos que abordavam somente interações via gestos sem nenhum Ambiente Ubíquo.
- Trabalhos com o ano de publicação inferior a 2008, pois neste ano surgiram novos dispositivos tecnológicos que conseguiam detectar movimentos com mais precisão como, por exemplo, os que são utilizados para interações em vídeo games.

3.2 RESULTADOS DA REVISÃO DA LITERATURA

Com as buscas realizadas nas fontes de dados definidas e com base na string de busca descrita na seção anterior, foram encontrados os seguintes resultados da pesquisa, conforme evidenciado na Tabela 1.

Tabela 1 – Resultado das buscas

Fonte	Quantidade de Trabalhos
ACM Digital Library	295
IEEE Xplore	452
Google Acadêmico	382
Total	1129

Fonte: Elaborado pelo autor (2016).

Seguindo-se o processo descrito por Keele (2007), a partir do resultado preliminar, foram realizadas as etapas que consistem em: (i) eliminar os trabalhos cujos títulos não satisfaziam o objetivo da pesquisa ou que estivessem repetidos em mais de uma fonte de dados; (ii) executar a leitura dos resumos para eliminar os trabalhos que não se enquadravam aos objetivos desta pesquisa; (iii) fazer uma leitura diagonal submetendo os trabalhos aos critérios de inclusão ou exclusão; e (iv) realizar a leitura completa dos trabalhos aceitos nas etapas anteriores, visando a análise da qualidade destes, conforme medidas de avaliação que foram definidas nesta pesquisa.

Os trabalhos aceitos no processo seletivo da revisão de literatura foram aqueles que realmente seriam utilizados para os propósitos que esta pesquisa se destina.

A Figura 13 apresenta os resultados obtidos durante as etapas da revisão da literatura. As buscas retornaram um conjunto de 1129 documentos e com a leitura

dos títulos esse conjunto foi reduzido para 136 trabalhos. A principal razão para tamanha redução foi em virtude dos termos “*ambient ubiquitous*” e “*gesture-based interaction*” retornarem diversos trabalhos sobre Ambiente Ubíquo com outros tipos de interações e manipulações por gestos que não se integram ao Ambiente Ubíquo. Após a leitura do resumo dos 136 documentos, foram excluídos 72, restando nesta fase do processo 64 trabalhos. Posteriormente, foi realizada a leitura diagonal dos trabalhos, sendo eliminados 33 documentos. Os 31 trabalhos restantes foram lidos completamente e os que não atingiram os critérios mínimos definidos no planejamento foram também excluídos. O resultado final contemplou 20 artigos.

A Tabela 2 apresenta o conjunto final da revisão da literatura. Os artigos foram ordenados de acordo com o ano de publicação.

Figura 13 – Resultado da Revisão da Literatura

Total de Trabalhos: 1129		
993 Trabalhos Excluídos	Após a leitura dos títulos dos trabalhos	136 Trabalhos
72 Trabalhos Excluídos	Após a leitura dos resumos dos trabalhos	64 Trabalhos
33 Trabalhos Excluídos	Após a leitura diagonal dos trabalhos	31 Trabalhos
13 Trabalhos Excluídos	Leitura Completa	20 Trabalhos

Fonte: Elaborado pelo autor (2016).

Tabela 2 – Conjunto final de trabalhos selecionados

Título	Origem	Autores	Conferência/Periódico
Gesture Recognition with a Wii Controller	ACM Digital Library	Schlömer <i>et al.</i> (2008)	Tangible and Embedded Interaction
uWave: Accelerometer-based personalized gesture recognition and its applications	ScienceDirect	Liu <i>et al.</i> (2009)	Pervasive and Mobile Computing
Motion-Path based Gesture Interaction with Smart Home Services	ACM Digital Library	Rahman <i>et al.</i> (2009)	Multimedia
Towards a Gesture Based Human-Machine Interface: Fast 3D Tracking of the Human Fingers on High Speed Smart Camera Computers	IEEE Xplore	Berci e Szolgay (2009)	Circuits and Systems
GeeAir: a universal multimodal remote control device for home appliances	ACM Digital Library	Pan <i>et al.</i> (2010)	Personal and Ubiquitous Computing
Implementation of Interactive Home Control System	WSEAS	Ahn <i>et al.</i> (2010)	Computational Intelligence, Man-machine Systems and Cybernetics
Designing a Gesture-based Interaction with an ID Tag	IEEE Xplore	Lee <i>et al.</i> (2010)	Systems Man and Cybernetics
A Gesture Based System for Context - Sensitive Interaction with Smart Homes	Springer	Neßelrath <i>et al.</i> (2011)	Ambient Assisted Living
A Unified Method for Multiple Home Appliances Control through Static Finger Gestures	IEEE Xplore	Jing <i>et al.</i> (2011)	Applications and the Internet
I'm home:Defining and evaluating a gesture set for smart-home control	ScienceDirect	Kühnela <i>et al.</i> (2011)	International Journal of Human-Computer Studies
Pingu: A new miniature wearable device for ubiquitous computing environments	IEEE Xplore	Ketabdar <i>et al.</i> (2012)	Complex, Intelligent and Software Intensive Systems
A Multi-Agent Supervising System for Smart Environments	ACM Digital Library	Mocanu e Florea (2012)	Web Intelligence, Mining and Semantics
Reconfigurable natural interaction in smart environments: approach and prototype implementation	Springer	Bartolini <i>et al.</i> (2012)	Personal and Ubiquitous Computing
Introducing Gesture Interaction in the Ambient Assisted Living Platform universAAL	IEEE Xplore	Grgurić <i>et al.</i> (2013)	Telecommunications
Touch the air: an event-driven framework for interactive environments	ACM Digital Library	Neto <i>et al.</i> (2013)	Proceedings of the 19th Brazilian symposium on Multimedia and the web
Indoor Personal Monitoring, Supervising and Assistance Sweet-Home and AmiHomeCare case studies	Printed	Munteanu <i>et al.</i> (2014)	Control Engineering and Applied Informatics
Integrating gesture-based identification in context-aware applications: a system approach	IEEE Xplore	Cuevas <i>et al.</i> (2014)	Wireless and Mobile Computing, Networking and Communications
Compositional and Hierarchical Semantic Frameworks for Hand Gesture Recognition	Science Gate	Simion <i>et al.</i> (2015)	Compositional and Hierarchical Semantic Frameworks for Hand Gesture Recognition
A Smart Communication Architecture for Ambient Assisted Living	IEEE Xplore	Lloret <i>et al.</i> (2015)	Communications Magazine
Gesture Recognition Using Wireless Signals	ACM Digital Library	Pu <i>et al.</i> (2015)	GetMobile: Mobile Computing and Communications

Fonte: Elaborado pelo autor (2016).

3.3 DISCUSSÃO DO RESULTADO DA REVISÃO DA LITERATURA

Esta seção traz a análise dos dados provenientes dos ambientes ubíquos com interações via gestos, abrangendo os trabalhos selecionados na Tabela 2. Para facilitar a sumarização, será condensada na Tabela 3 as principais métricas a serem analisadas, tais como, os dispositivos de manipulação, as movimentações utilizadas para a interação, as técnicas usadas, os meios de transmissão para a comunicação com Ambiente Ubíquo e a taxa de reconhecimento. Como referência para as discussões, será tomada como base o trabalho proposto por Ibraheem e Khan (2012).

Tabela 3 – Resumo das métricas

Autores	Dispositivos de manipulação	Movimentações utilizadas	Técnicas usadas	Meios de transmissão	Percentual de reconhecimento
Schlömer <i>et al.</i> (2008)	WiiRemote	Objeto	HMM	Infra-vermelho	85%
Liu <i>et al.</i> (2009)	WiiRemote	Objeto	HMM e DTW	Bluetooth	98%
Rahman <i>et al.</i> (2009)	Câmera	Mão e dedos	Algoritmo Próprio	Web Service	97,25%
Berci e Szolgay (2009)	Câmera	Mão e dedos	ACE16K	Cabo	80%
Pan <i>et al.</i> (2010)	WiiRemote	Objeto	FDSVM	Infra-vermelho	94%
Ahn <i>et al.</i> (2010)	Câmera	Mão e dedos	Algoritmo Próprio	Infra-vermelho	85%
Lee <i>et al.</i> (2010)	RFID	Objeto	Algoritmo Probabilístico	Bluetooth	93,3%
Neßelrath <i>et al.</i> (2011)	WiiRemote	Objeto	TaKG	Web Service	85%
Jing <i>et al.</i> (2011)	Anel	Mão e dedos	HMM	Wi-Fi	71%
Kühnela <i>et al.</i> (2011)	Celular	Objeto	DTW	Wi-Fi	95%
Ketabdar <i>et al.</i> (2012)	Anel	Corpo	Múltiplas Regras de Percepção	Bluetooth	97%
Mocanu e Florea(2012)	Câmera	Corpo	LeZi	Wi-Fi	90%
Bartolini <i>et al.</i> (2012)	RFID e Microcontrolador com acelerômetro	Objeto	Dynamic Time Warping e Hidden Markov Models	Wi-Fi	94,6%
Grgurić <i>et al.</i> (2013)	Kinect	Corpo	ResourceDescription Framework	Cabo	95%

Autores	Dispositivos de manipulação	Movimentações utilizadas	Técnicas usadas	Meios de transmissão	Percentual de reconhecimento
Neto et al. (2013)	Kinect	Corpo	Algoritmo Próprio	Cabo	
Munteanu et al. (2014)	Kinect	Corpo	HMM	Wi-Fi	85,3%
Cuevas et al. (2014)	Kinect	Corpo	DTW	Cabo	75%
Simion et al. (2015)	Câmera	Corpo	Histograma	Não Especificado	96,29%
Lloret et al. (2015)	Câmera	Corpo	Algoritmo Próprio	Wi-Fi	80%
Pu et al. (2015)	WiSee	Corpo	HMMseDTW	Wi-Fi	94%

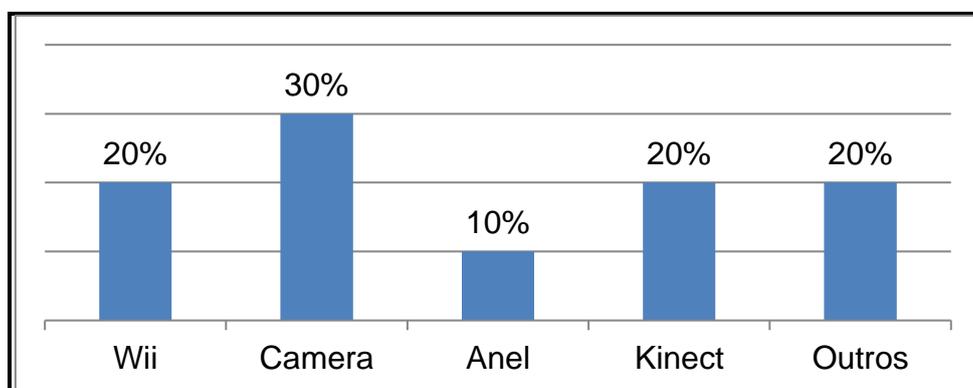
Fonte: Elaborado pelo autor (2016).

Com o conjunto de informações significativas referentes às questões da pesquisa, obtidas através do processo da revisão sistemática da literatura, identificaram-se as respostas para os questionamentos apontados anteriormente. Estas serão detalhadas nas subseções a seguir.

3.3.1 QC1: Quais dispositivos utilizados para possibilitar as interações via gestos em Ambiente Ubíquo?

Nos trabalhos selecionados no decorrer da revisão da literatura, foram encontrados quatro projetos que utilizam o WiiRemote, seis que utilizam câmeras, dois com anéis e quatro que utilizam o Kinect. A Figura 14 apresenta a distribuição percentual dos dispositivos de interação, sendo possível observar que a grande maioria dos trabalhos utiliza a câmera como base para as interações dentro do Ambiente Ubíquo.

Figura 14 – Distribuição percentual dos dispositivos



Fonte: Elaborado pelo autor (2016).

Segundo Mitra e Acharya (2007), cada dispositivo de interação varia de acordo com a precisão, a resolução, a latência, a amplitude de movimento e o contorno do usuário.

Neßelrath *et al.* (2011) afirmam que o WiiRemote apresenta precisão, amplitude dos movimentos e latência satisfatórias, devido aos seus sensores conseguirem capturar a movimentação dos usuários de forma rápida e adequada. Contudo, não obtém a resolução e o contorno do usuário apropriado, ocorrendo limitações na identificação dos gestos.

As câmeras são dispositivos facilitadores para as interações, pois identificam os contornos do usuário, conseguem obter uma maior amplitude de movimentos e trabalha com alta resolução. Os principais argumentos a favor em utilizar este dispositivo de interação fundamenta-se na facilidade de incorporar diversos gestos e a possibilidade de ter um amplo alcance nos cenários de interações, deixando o usuário mais confortável para interagir com o ambiente (LLORET *et al.*, 2015). Desta forma, como pode ser observado na Figura 14, as câmeras são os dispositivos preferidos pelos pesquisadores para identificar interações em Ambientes Ubíquos.

O anel é um dispositivo que tem como principais características a amplitude dos movimentos e sua precisão quanto à interação, podendo destacar também a sua resolução. Contudo deixa a desejar no momento de captura do contorno dos usuários e na identificação da latência dos movimentos (JING *et al.*, 2011).

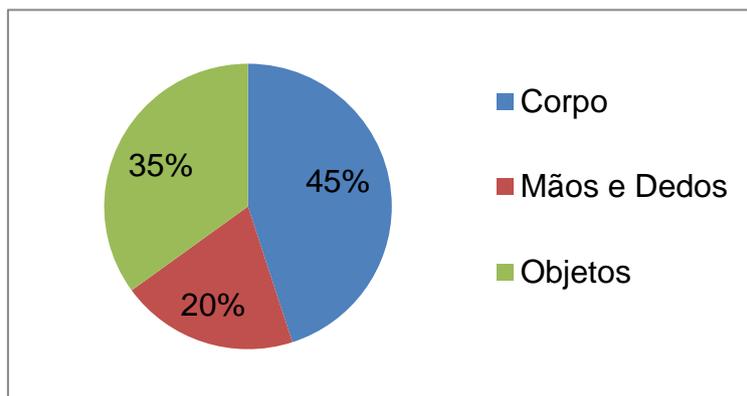
A amplitude dos movimentos, o contorno do usuário, a resolução e a latência são características predominantes no Kinect, devido ao fato de ser um dispositivo para criação de aplicações com interações naturais baseadas em gestos. Sendo incorporados nos mais recentes trabalhos de Ambientes Ubíquos com interação por gestos (GRGURIĆ *et al.*, 2013).

3.3.2 QC2: Quais são os tipos de movimentos utilizados nas interações via gestos?

Os tipos de movimentos utilizados para contemplar as interações via gestos podem ser classificados de três formas segundo a literatura: (i) interações corporais; (ii) movimentação das mãos e dedos; e (iii) utilização de objetos para prover as interações. Na Figura 15, é evidenciada a distribuição em percentuais dos tipos de

movimentos utilizados pelos autores analisados na literatura contemplada neste estudo. Percebe-se que nove trabalhos abordaram a captura dos movimentos de vários membros do corpo conjuntamente, sete projetos se utilizavam de equipamentos para a detecção dos movimentos e quatro trabalhos identificavam os dedos das mãos como forma de interação, tornando mais precisas as interações, como é o caso do projeto proposto nesta dissertação.

Figura 15 – Distribuição da movimentação



Fonte: Elaborado pelo autor (2016).

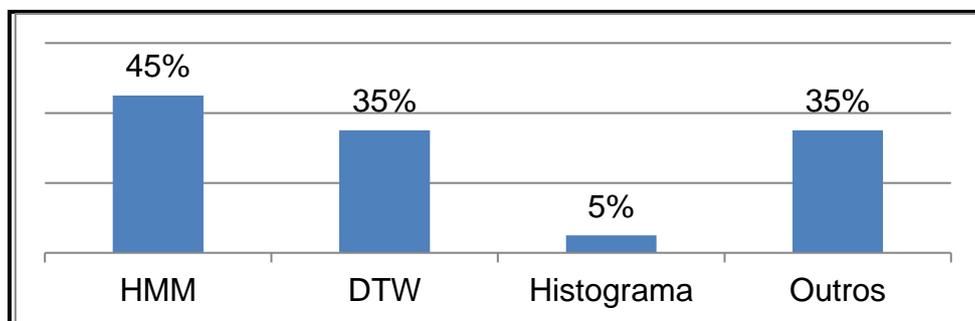
Mitra e Acharya (2007) afirmam que as interações sem nenhum dispositivo físico permitem ao usuário ficar com as mãos livres para realizar manipulações dentro do Ambiente Ubíquo de forma mais natural, levando a um conforto maior para o usuário. De acordo com os dados obtidos nesta dissertação, doze dos trabalhos reconheceram o corpo e mais especificamente os dedos das mãos, comprovando a preferência dos pesquisadores em não utilizar objetos para prover as interações.

3.3.3 QC3: Quais as técnicas utilizadas para o reconhecimento dos movimentos dentro do cenário de interação?

Nos trabalhos analisados nesta revisão da literatura, o método Modelo Oculto de Markov (HMM) foi utilizado nove vezes, o Date Time Warping (DTW) foi utilizado em sete projetos e a técnica de Histograma em um trabalho. A Figura 16 apresenta a distribuição percentual das técnicas de reconhecimento, sendo possível observar que a maioria dos experimentos utiliza o HMM como base para a identificação dos gestos. Os percentuais somados ultrapassam 100% porque em vários experimentos são utilizados mais de um algoritmo.

Segundo Ibraheem e Khan (2012), a técnica de HMM representa uma quantidade de estruturas matemáticas que facilita o reconhecimento, além de ter uma classificação pré-estabelecida dos gestos, levando muitos pesquisadores a utilizarem esta técnica para a identificação dos mesmos.

Figura 16 – Distribuição percentual dos algoritmos



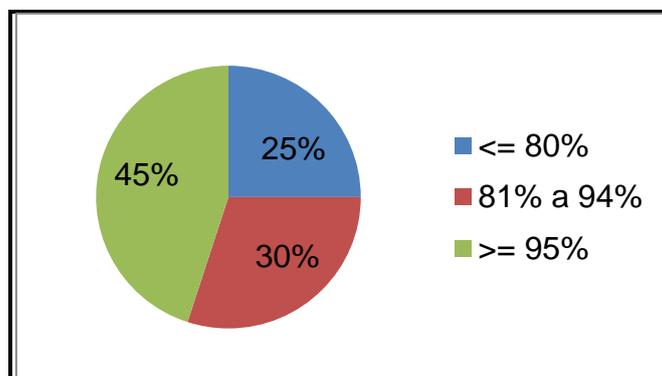
Fonte: Elaborado pelo autor (2016).

3.3.4 QC4: Qual o percentual de acertos no reconhecimento de gestos dentro do Ambiente Ubíquo?

É possível perceber que a maioria dos trabalhos selecionados contempla uma taxa de acerto no reconhecimento de gestos superior a 80%. Ibraheem e Khan(2012) afirmam que este valor está adequado para ser utilizado em Ambiente Ubíquos.

Para melhorar a análise dos dados, a taxa de reconhecimento foi dividida em três faixas distintas: cinco experimentos obtiveram uma taxa de reconhecimento abaixo dos 80%, seis obtiveram entre 81% a 94%, e nove obtiveram acima de 95%. Na Figura 17, é possível ver a distribuição percentual, sendo percebido que mais da metade dos trabalhos obtiveram uma taxa de reconhecimento acima de 95%.

Figura 17– Distribuição da taxa de reconhecimento



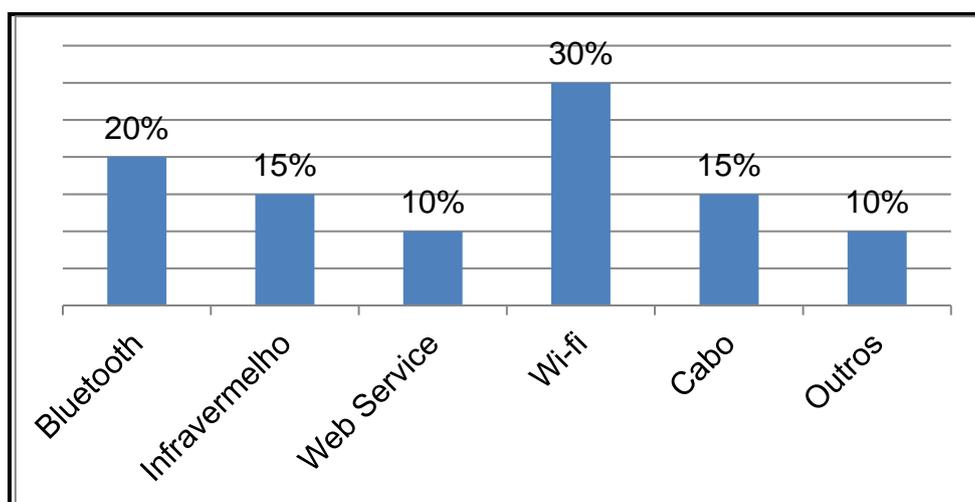
Fonte: Elaborado pelo autor (2016).

A partir dos dados da Figura 17, é possível constatar que os trabalhos incluídos nesta análise, atendem às necessidades de reconhecimento de gestos dentro de um cenário de interação. Além disso, foi evidenciado que os algoritmos utilizados apresentam alto percentual de acerto, confirmando que a interpretação de gestos pode ser uma forma viável para prover interações em ambientes ubíquos.

3.3.5 QC5: Quais os meios de transmissão para a comunicação dos dispositivos eletrônicos no cenário de interação?

Com relação aos meios de transmissão para a comunicação dos dispositivos no cenário de interação, foi possível identificar que quatro trabalhos utilizavam Bluetooth, três infravermelho, dois Webservice, seis redes sem fio (Wi-Fi), três redes com cabo. Pode-se observar, na Figura 18, um maior percentual na utilização das redes Wi-Fi. Este fator ocorre devido à possibilidade de comunicação em diferentes ambientes, pois esta conexão apresenta uma maior amplitude do sinal, sendo uma proposta semelhante à do presente trabalho.

Figura 18 – Distribuição percentual das conexões



Fonte: Elaborado pelo autor (2016).

3.3.6 QG: Qual a visão geral das pesquisas envolvendo Ambiente Ubíquo baseadas em interação com gestos?

O número de pesquisas envolvendo Ambiente Ubíquo com interações via gestos aumentou muito nos últimos anos. Existem diversas propostas para a construção de ambientes que possibilitem interações com aparelhos eletrônicos através de gestos.

Um dos aspectos mais enfatizados entre os pesquisadores da área é que o processo de reconhecimento de gestos deve oferecer uma técnica que permita a

identificação da interação com muita precisão, uma vez que são utilizados nos mais variados ambientes, com inúmeras interferências externas. Além disso, grande parte dos autores defende que a taxa de reconhecimento deve ser acima de 80%, justificando que abaixo desse percentual não é possível utilizar o Ambiente Ubíquo no cotidiano dos usuários.

Fazendo uma comparação com os dados apresentados por Ibraheem e Khan (2012), pode ser constatado que a utilização de câmeras permanece sendo como a mais mencionada nas pesquisas. Entretanto, é possível perceber uma nova tendência em usar o Kinect para o reconhecimento dos gestos, esta constatação se fundamenta na grande utilização dessa tecnologia nos trabalhos mais recentes. As conexões do Ambiente Ubíquo, para prover uma interação mais eficaz das ações com os objetos, evidenciam uma tendência para conexões Wi-Fi. Este fato ocorre devido à facilidade e a flexibilidade desta tecnologia apresentar diversas topologias para as interações com dispositivos eletrônicos.

Outro aspecto merecedor de destaque é que 74% da coleta de dados utilizaram ou mesclaram os algoritmos HMM e DTW e todos os trabalhos tiveram pelo menos um algoritmo de reconhecimento. Outro fator relevante são os tipos de movimentações, visto que nesta análise pode-se notar um equilíbrio nas formas de interação por gestos em Ambiente Ubíquo, tendo uma tendência para manipulações dentro do ambiente sem a utilização de dispositivos acoplados ao usuário, em função de ser mais confortável.

Por fim, foi observado que apesar da diversidade dos aplicativos investigados, novas áreas estão se beneficiando com os recursos providos pelos ambientes ubíquos, com destaque para a área de saúde (*home care e assitencial*) e área doméstica (*smart home*).

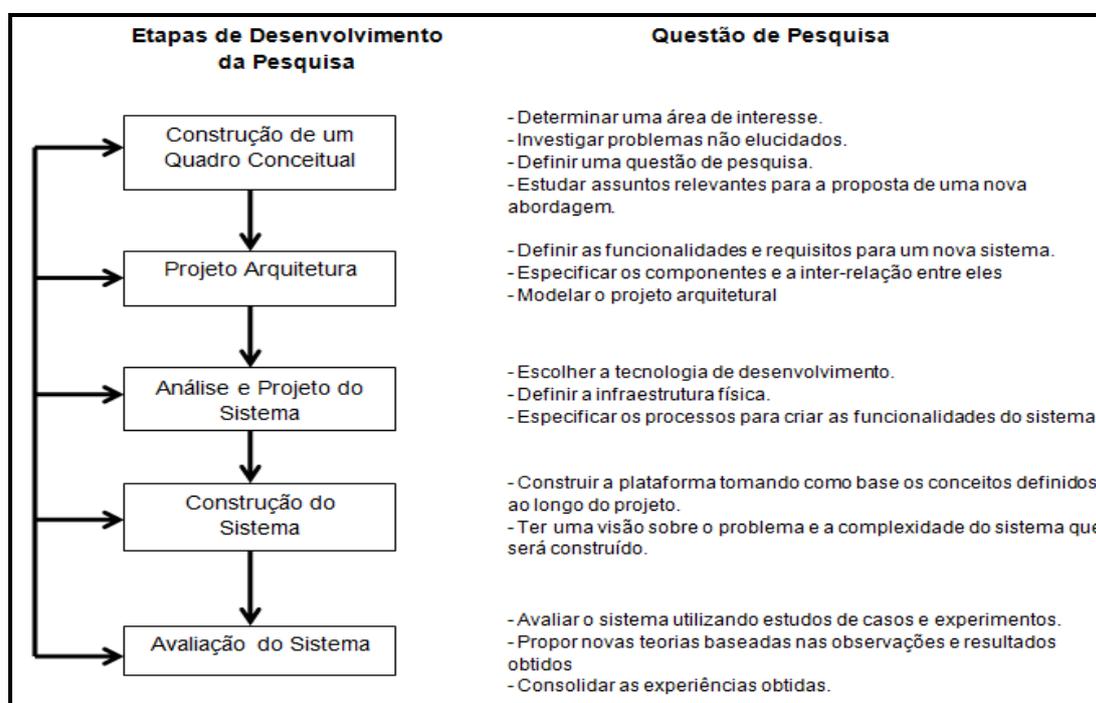
4 METODOLOGIA

Neste capítulo será demonstrada a metodologia adotada no desenvolvimento deste projeto de pesquisa, abordando distintas técnicas utilizadas em função das etapas executadas. O objetivo principal é descrever os procedimentos empregados e correlacionar com as ações tomadas durante o desenvolvimento do trabalho.

4.1 ABORDAGEM METODOLÓGICA

Os projetos de pesquisa científica têm como principal objetivo organizar as etapas necessárias para responder às perguntas relacionadas com os problemas humanos. A criação de artefatos inovadores é uma parte importante desta pesquisa e a descrição das etapas para reproduzir tais elementos é fundamental na compreensão destes problemas. A metodologia *Design Science Research* (DSR), proposta por Hevner e Chatterjee (2010), foi utilizada para direcionar a execução desta dissertação. Essa metodologia contempla cinco fases distintas, conforme pode ser observado na Figura 19:

Figura 19 – Etapas do desenvolvimento do projeto de pesquisa



Fonte: Hevner e Chatterjee (2010).

A Tabela 4 apresenta uma visão geral de como o processo deste trabalho se integra com as etapas de desenvolvimento do projeto descrito por Hevner e

Chatterjee (2010). Nas próximas seções deste capítulo, será aprofundada a relação da metodologia de pesquisa DSR com as etapas desenvolvidas nesta pesquisa.

Tabela 4 – Relação das etapas da metodologia DSR com a presente pesquisa

Etapas de Desenvolvimento	Questões de Pesquisa
Construção do Quadro Conceitual	<ul style="list-style-type: none"> - Estudar a literatura com a intenção de identificar pontos ainda não explorados na área de Ambiente Ubíquo com interações via gestos. - Investigar funcionalidades das abordagens existentes com a intenção de definir novos requisitos que possam complementar as atuais propostas. - Estudar disciplinas relevantes que possam ser utilizadas para subsidiar a criação de uma nova abordagem.
Projeto Arquitetural	<ul style="list-style-type: none"> - Definir o modelo de uma nova abordagem para interações naturais por gesto dentro de Ambiente Ubíquo, abrangendo sua arquitetura, modularização e extensibilidade. - Demarcar as funcionalidades de cada componente do modelo e as inter-relações entre eles.
Análise e Projeto da Plataforma	<ul style="list-style-type: none"> - Projetar uma plataforma que possa contemplar as especificações do modelo. - Definir os processos envolvidos na criação da plataforma. - Especificar soluções tecnológicas e escolher as mais convenientes para cada componente representado na plataforma.
Construção da Plataforma	<ul style="list-style-type: none"> - Construir uma plataforma que tem como base os conceitos definidos nas fases anteriores. - Elaborar uma prova de conceito, instanciado para validar o Ambiente Ubíquo com interações via gestos.
Avaliação da Plataforma	<ul style="list-style-type: none"> - Especificar e executar experimentos que possam validar as funcionalidades da plataforma e a descrição dos processos envolvidos para a sua utilização. - Consolidar as experiências adquiridas por intermédio da descrição dos resultados obtidos nos experimentos.

Fonte: Elaborado pelo autor (2016).

4.2 CONSTRUÇÃO DE UM QUADRO CONCEITUAL

Como foi exposta na seção anterior, a primeira etapa para a elaboração de um projeto de pesquisa se constitui na construção de um quadro conceitual que identifique o problema e a motivação para resolvê-lo. A definição do problema é utilizada como requisito para a elaboração dos artefatos. De acordo com Hevner e Chatterjee (2010), esta etapa serve para motivar os pesquisadores a investigar a solução do problema e ajudar a comunidade a entender o raciocínio que será utilizado para resolvê-lo.

O conhecimento do estado da arte, no campo específico da investigação, é obtido a partir da leitura completa de pesquisas semelhantes, publicadas em anais de conferências e periódicos, sendo essencial para a contextualização do problema e o posicionamento do trabalho diante da comunidade, como foi realizada no Capítulo 3 (Revisão da Literatura) desta dissertação.

Uma visão aprofundada sobre o tema de estudo é importante para o entendimento de quais problemas foram solucionados anteriormente, quais ainda estão em aberto, identificar as abordagens adotadas e obter justificativas para a atual pesquisa. É relevante que os pesquisadores estejam seguros de que a pesquisa contém novos aspectos ainda não abordados, evitando desgaste de energia com problemas anteriormente solucionados (HANSEN, 2012).

Muitas vezes, novas ideias em uma determinada área de pesquisa são estimuladas a partir da leitura de outros estudos com o mesmo tema. Este fato ocorre devido à descoberta de aspectos relevante sem pesquisas anteriores que não foram tratados ou, ainda, a continuidade de trabalhos precocemente concluídos (GRØNLI, 2012).

Em cada etapa da elaboração desta pesquisa, foram analisados estudos correlatos que circundavam o tema específico investigado. Em vários casos, a identificação de problemas foi o resultado de uma experiência anterior vivenciada por autores da área em estudo. Em outros casos, foi escolhido um determinado caminho devido à socialização de conhecimento proporcionado por outros autores.

4.3 PROJETO ARQUITETURAL

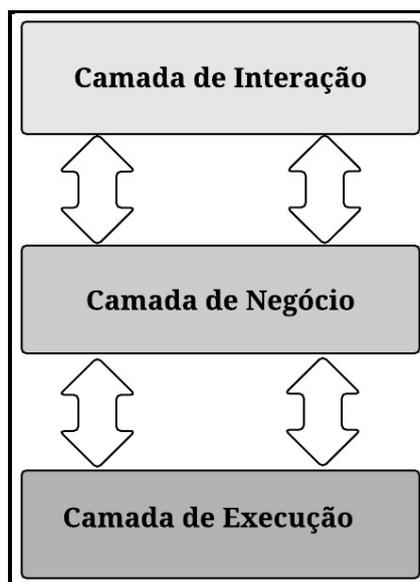
A etapa que contempla o desenvolvimento de um projeto arquitetural tem como propósitos identificar a complexidade do problema, definir os requisitos necessários para a sua solução e modularização em partes menores. A especificação dos módulos, seus requisitos funcionais e não funcionais, seus artefatos de entrada e saída, possibilitam identificar as tarefas que envolvem a resolução do problema (GRØNLI, 2012).

A visão geral da plataforma projetada fornece informações importantes, não apenas para o planejamento e desenvolvimento dos módulos, mas também como uma ferramenta de comunicação. Em um ambiente empresarial, um modelo abstrato de um sistema fornece aos clientes uma visão geral de como este funciona. Para projetos de pesquisa, os modelos podem informar aos pesquisadores o comportamento do sistema e como as suas partes vitais cooperam (HANSEN, 2012).

A representação de uma plataforma no nível arquitetural compreende questões estruturais, entre as quais se destacam: a sua divisão em componentes ou subsistemas; interconexões entre os componentes; seleção de alternativas de projeto; e atribuições de funcionalidades a componentes do projeto. Porém, embora os aspectos estruturais recebam sempre maior destaque nas definições da arquitetura, estes não são os únicos a serem considerados para se obter uma completa e compreensível descrição arquitetural de uma plataforma.

Nesta pesquisa, a abordagem utilizada é denominada de Modelo Três Camadas, que é derivada do modelo multicamadas (EDWARDS; FOREWORD BY-ORFALI, 1998). Cada camada trata de um conjunto de objetivos específicos do projeto arquitetural e funciona de forma independente, na qual possa ser substituído sem prejuízo para a plataforma. Para contemplar a descrição do modelo proposto nesta dissertação a Figura 20 é uma adaptação da proposta original de Edward e Foreword-By-Orfali (1998).

Figura 20– Modelo Proposto



Fonte: Adaptado de (EDWARDS; FOREWORD BY-ORFALI, 1998).

Os pesquisadores descrevem suas camadas em três níveis. As camadas propostas pelo modelo são:

1. Camada de Interação: Possibilita a execução de comandos provenientes dos usuários, sendo responsável por prover mecanismos de captura das interações;

2. Camada de Negócio: Responsável por traduzir as requisições dos usuários em ações que devem ser executadas no cenário de interação. Pode também ser chamada de camada intermediária, servidor de aplicação ou *middleware*;
3. Camada de Execução: Responsável por receber as requisições da camada de negócio, para que possa executar as funcionalidades do sistema.

Para a especificação do projeto arquitetural deste trabalho, foi empregada a linguagem de modelagem conhecida como *Unified Modeling Language* (UML) para a representação gráfica dos componentes, conforme a abordagem do modelo em três camadas.

A UML é uma linguagem ou notação de diagramas para especificar, visualizar e documentar modelos de projetos orientados a objetos. Basicamente, permite que os engenheiros visualizem seus projetos por meio de diagramas padronizados. Junto com uma notação gráfica, a UML também especifica significados, isto é, semântica para as representações. Atualmente, a UML é a norma mais usual para a descrição de componentes e suas inter-relações (GUEDES, 2008).

A principal razão para usar UML neste projeto foi à possibilidade desta padronização permitir a comunicação de certos conceitos mais claramente do que as linguagens alternativas. A linguagem natural é muito imprecisa e difícil de retratar conceitos mais complexos. As linguagens de programação são precisas, mas muito detalhadas. Assim, utilizar UML é uma boa alternativa quando se precisa de certa precisão, mas não se perdendo nos detalhes. Isso não significa evitar detalhes, ao contrário, utiliza-se UML para salientar detalhes importantes do projeto.

Após vários testes com ferramentas disponíveis no mercado para a criação de projetos arquiteturais que contemplassem os diagramas UML, a ferramenta escolhida foi a *Visual Paradigm for UML Enterprise Edition*, versão 10.0. Basicamente, a escolha dessa ferramenta ocorreu em função do rápido aprendizado, da sua integração com as principais linguagens de programação e da gama de opções de diagramas disponíveis, contemplando todos os aspectos arquiteturais necessários para o desenvolvimento do projeto.

No Capítulo 5, será apresentado o modelo arquitetural proposto nesta pesquisa, utilizando as definições sugeridas no modelo em três camadas. Desta

forma, este será representado em diagramas UML utilizando as visões que possibilitam evidenciar as contribuições, prover mecanismos formais de validação da arquitetura e permitir a replicação do trabalho desenvolvido.

4.4 ANÁLISE E PROJETO DA PLATAFORMA

Para a continuidade da pesquisa, foi realizada a análise e projeto de uma plataforma com a finalidade de contemplar os requisitos definidos no projeto arquitetural. Para isso, foi necessário desenvolver uma análise detalhada das tecnologias que pudessem dar subsídios para a construção do projeto.

Nas próximas subseções, serão abordadas as tecnologias e técnicas utilizadas para contemplar os requisitos funcionais proposto no projeto arquitetural, considerando algumas premissas, tais como:

i A captura dos dados de interação do usuário deverá ser automática. Esta premissa objetiva a captura de dados nos mais diversos cenários, com o mínimo de intrusão no cotidiano dos usuários.

ii A abordagem proposta deve ser de baixo custo financeiro. Esta decisão tem a intenção de propor uma abordagem viável economicamente, possibilitando a sua utilização em larga escala.

Para a realização deste levantamento, foram especificados três pontos de interesse: (i) os paradigmas e a linguagem em que os componentes são desenvolvidos; (ii) o Sistema Gerenciador de Banco de Dados (SGBD) utilizado; e (iii) a tecnologia de reconhecimento de gestos. Estes pontos de interesse serão discutidos nas próximas subseções.

4.4.1 Paradigma e linguagem de programação

Para o desenvolvimento dos componentes, foi escolhido o paradigma Orientado a Objetos (OO) em função das especificações do modelo arquitetural ter sido representado nesse paradigma, utilizando os diagramas UML.

O paradigma OO é uma estratégia de projeto em que os projetistas pensam em termos de “coisas”, em vez de operações ou funções (SOMMERVILLE, 2005). Uma vez escolhido o paradigma OO para a definição do projeto, é recomendado que a análise e a programação sigam o mesmo caminho (SOMMERVILLE, 2005).

Para as camadas de interação e negócio, a linguagem Java é à base de desenvolvimento da plataforma, sendo, portanto, utilizados os recursos dessa linguagem. Em função disso, a linguagem Java na versão 7.0 foi escolhida para a materialização do modelo devido aos seguintes aspectos:

- É disponibilizada gratuitamente;
- Possui compatibilidade com dispositivos embarcados;
- Possui compatibilidade com a biblioteca OpenCV através do JavaCV.

A *Integrated Development Environment* (IDE) utilizada para a construção do projeto foi o Eclipse na versão Kepler Service Release 1. A escolha desta ferramenta ocorreu principalmente pelo fato de ser gratuita e possuir *plugins* que possibilitam integrar a linguagem Java com os *frameworks* de reconhecimento de gestos, em um mesmo ambiente de desenvolvimento.

Para a camada de execução, a linguagem utilizada foi a C++, uma vez que o seu desenvolvimento é feito em microcontroladores. A IDE utilizada para o desenvolvimento é o *open-source Arduino Software*. Essa ferramenta foi escolhida, também, por ser gratuita e se integrar com o microcontrolador escolhido.

4.4.2 Sistema Gerenciador de Banco de Dados (SGBD)

Outras escolhas importantes nesta fase do projeto estão atreladas à modelagem, ao armazenamento e à gerência dos dados para a identificação do gesto.

Para o armazenamento dos dados, foi definido que o SGBD seria o MySQL Community Server, versão 5.6.17. O MySQL é um SGBD que utiliza a linguagem SQL (Linguagem de Consulta Estruturada, do inglês *Structured Query Language*) como interface. É, atualmente, um dos bancos de dados mais populares, com mais de 10 milhões de instalações pelo mundo (PEREIRA *et al.*, 2012). Entre os usuários do BD MySQL estão: NASA, HP, Nokia, Sony, Lufthansa, Alcatel, Cisco Systems, Google, entre outros (PEREIRA *et al.*, 2012).

Em virtude da escolha do MySQL para armazenamento dos dados, a ferramenta de gerência e modelagem das tabelas foi o HeidiSQL 7.0.0.4051. Esta ferramenta conta com um ambiente gráfico interativo e foi utilizada ao longo do projeto para modelar o BD. Como o HeidiSQL conecta-se com o SGBD utilizando a

família de protocolos TCP-IP, o BD pode ser gerenciado a partir de qualquer computador com acesso a Internet, independente de onde o SGBD esteja instalado.

4.4.3 Tecnologia de reconhecimento

Esta subseção aborda a tecnologia de reconhecimento que é utilizada para coletar os dados de interação dos usuários. É de suma importância ressaltar que as decisões tomadas nesta fase são direcionadas em função das duas premissas definidas na presente seção.

O reconhecimento de gestos é feito através do Kinect que utiliza a tecnologia baseada em visão. Este equipamento possui uma câmera RGB e um sensor de profundidade com infravermelho para auxiliar na identificação dos objetos e transformar as imagens dos usuários em um contraste mais escuro em relação aos demais elementos. Além disso, essa escolha se deu por uma série de razões, tais como:

- Possui uma plataforma estruturada para esta finalidade, eliminando, dessa forma, alguns problemas de ruído da imagem;
- Não depende de nenhum tipo de acessório para que os gestos sejam capturados, permitindo que o usuário fique com as mãos livres, utilizando uma interação natural (ÖSTLUND *et al.*, 2015);
- Apresenta facilidade na identificação da silhueta das pessoas (ANJOS *et al.*, 2012);
- Permite o reconhecimento em maiores distâncias quando comparado a câmeras de vídeo normais.

Uma das desvantagens do Kinect refere-se à identificação dos dedos das pessoas, pois o mesmo mapeia precisamente os membros do corpo, mas não faz distinção nítida dos dedos (ANJOS *et al.*, 2012). Devido a este problema, neste projeto, foi mesclado o uso do Kinect com a biblioteca OpenCV.

Os algoritmos para o reconhecimento de gesto variam em função das diferentes áreas de conhecimento, tais como, visão computacional, modelagem estatística, detecção de movimentos, identificação de padrões, processamento e análise de imagens (IBRAHEEM; KHAN, 2012).

As imagens são capturadas pelo sensor Kinect que, através das informações geradas pelas suas câmeras RGB e de profundidade, permite a identificação de pessoas em um cenário. A partir das imagens oriundas do Kinect, as próximas etapas de tratamento das imagens são realizadas através do uso da biblioteca OpenCV. Dessa forma, o passo seguinte corresponde ao reconhecimento das mãos através da busca de contornos que se assemelha a este formato.

A próxima etapa é a identificação do número de dedos mostrados nas imagens através do mapeamento da distância entre eles. O algoritmo identifica quantos espaços existem e infere o número de dedos que está sendo apresentado. Para a identificação do número um e zero, é realizada mais uma comparação entre as suas áreas para saber a diferença, pois estes dois números não apresentam espaço entre os dedos. No Capítulo 5, será descrito o modelo que foi idealizado para a captura e reconhecimento de gestos.

4.5 CONSTRUÇÃO DA PLATAFORMA

Nesta fase, os trabalhos foram direcionados para as definições dos dispositivos embarcados que auxiliaram na construção da plataforma proposta nesta pesquisa. A Engenharia de Software provê um número razoável de técnicas relacionadas com o desenvolvimento controlado de sistemas. Com base nestas, os desenvolvedores devem ser capazes de lidar com a gama de informações que compreendem a construção de uma plataforma. Além disso, é de suma importância que esses desenvolvedores sejam capazes de organizar o trabalho e os recursos envolvidos no processo de codificação (PHAM; PHAM, 2011).

O processo de desenvolvimento de uma plataforma é definido como o conjunto de elementos responsáveis por transformar os requisitos dos usuários em uma solução computacional. Assim, o processo é basicamente composto por um conjunto ordenado de tarefas que estão relacionadas com uma série de outros elementos. Por exemplo, os recursos consumidos e modificados por essas tarefas, os produtos obtidos com a realização dessas tarefas, os procedimentos e condutas seguidos durante a execução, entre outros (HIRAMA, 2012).

A construção da plataforma é dividida em três camadas, tomando como base o modelo do projeto arquitetural descrito na subseção 4.3. Na camada de interação, o reconhecimento dos gestos é realizado através do kinect que captura a imagem

para ser processada pelo JavaCV, um *wrapper* do OpenCV, com o objetivo de realizar a identificação das mãos e dos dedos. Na camada de negócio, o processamento é executado em um Raspberry PI que apresenta um banco de dados MySQL, um servidor web Apache e uma aplicação para o gerenciamento das ações dentro da plataforma. Na camada de execução, as requisições são realizadas através de um Arduino que tem um WifiShield acoplado para ser responsável pela comunicação.

No Capítulo 5, será descrito a plataforma, destacando as suas camadas e seus componentes de hardware e software mencionados, com base no modelo que foi idealizado.

4.6 AVALIAÇÃO DA PLATAFORMA

Há inúmeras definições para avaliação já que é uma prática aplicada em muitas áreas, tais como, educação, administração, políticas públicas, além da computação. Segundo Marshall e Rossman (2011), avaliação é o processo de julgar o mérito e o valor de um sistema de informação.

A avaliação deve ser contrastada com os conceitos de verificação e validação. Verificação é o processo de julgar a aderência de um sistema de informação com a sua especificação, e validação é o processo de julgar a eficiência que um sistema tem para resolver o problema para o qual foi concebido (WAINER, 2007).

As avaliações em Ciência da Computação, com o objetivo de extrair conhecimento, podem tomar como base os seguintes tipos de pesquisa: analítica, quantitativa, qualitativa e bibliográfica. As pesquisas quantitativas e qualitativas são coletivamente chamadas de pesquisas empíricas.

A pesquisa analítica é o método mais comum de se obter conhecimento sobre programas e algoritmos. Esta metodologia tem como base a definição de pressuposições sobre os dados do programa ou sobre o hardware onde o programa vai ser executado e provar matematicamente que o programa tem algumas propriedades interessantes. A análise de complexidade assintótica de algoritmos e o modelo de distribuição de probabilidade dos dados são alguns exemplos de pesquisa analítica (MÉZARD *et al.*, 2002).

A pesquisa quantitativa é baseada na medida (normalmente numérica) de algumas variáveis objetivas, com ênfase na comparação dos resultados. Segundo Wainer (2007), os métodos quantitativos mais usuais na área de Ciência da Computação são:

- Uso de dados sintéticos: *benchmarks*, simulações e competições;
- Técnicas estatísticas para a comparação de conjuntos de medidas;
- Uso de questionários;
- Experimentos e casos de uso.

A pesquisa qualitativa baseia-se na observação cuidadosa do ambiente onde o sistema está ou será utilizado e do entendimento das várias perspectivas dos usuários. Segundo Wainer (2007), os métodos qualitativos mais usuais na área de Ciência da Computação são:

- Estudos qualitativos observacionais;
- Pesquisa-ação (ou método qualitativo intervencionista)

O experimento realizado como parte dos estudos apresentados nesta pesquisa utiliza uma abordagem quantitativa abrangendo a avaliação da usabilidade e desempenho da plataforma proposta. Neste contexto, foi realizado um estudo de caso com estudantes da Universidade Salvador, para avaliar na prática a eficiência da abordagem proposta nesta pesquisa.

O experimento utilizou duas técnicas de coleta de dados – questionário e observação direta – para avaliar os atributos de usabilidade definidos por Kronbauer e Santos (2013), no intuito de estimar as potencialidades e limitações das interações na plataforma proposta, com usuários reais, nos mais variados objetos eletrônicos.

Os passos realizados durante o experimento foram demarcados pelo framework DECIDE proposto por Preece *et al.*(2015). O DECIDE orienta o planejamento, a execução e a análise de uma avaliação de IHC. As atividades do framework são interligadas e executadas interativamente à medida que o avaliador articula os objetivos da avaliação, os dados e recursos disponíveis. As atividades do framework estão descritas na Tabela 5.

No próximo capítulo serão apresentados o modelo e a sua plataforma, sendo incluídos a comunicação e os serviços que são disponibilizados para os usuários.

Tabela 5– Atividades do framework DECIDE.

D	Determinar os objetivos da avaliação e identificar por que e para quem tais objetivos são importantes.
E	Explorar perguntas a serem respondidas com a avaliação. Para cada objetivo definido, o avaliador deve elaborar perguntas específicas a serem respondidas durante a avaliação.
C	Escolher (<i>Choose</i>) os métodos de avaliação a serem utilizados. O avaliador deve escolher os métodos mais adequados para responder às perguntas e atingir os objetivos esperados, considerando também o prazo, o orçamento, os equipamentos disponíveis e o grau de conhecimento e experiência dos avaliadores.
I	Identificar e administrar as questões práticas da avaliação como, por exemplo, o recrutamento dos usuários que participarão da avaliação, a preparação e o uso dos equipamentos necessários, os prazos e o orçamento disponível, além da mão de obra necessária para conduzir a avaliação.
D	Decidir como lidar com as questões éticas. Sempre que usuários são envolvidos numa avaliação, o avaliador deve tomar os cuidados éticos necessários.
E	Avaliar (<i>Evaluate</i>), interpretar e apresentar os dados. O avaliador deve considerar: o grau de confiabilidade dos dados; se o método de avaliação mede o que deve medir; se os resultados podem ser generalizados; e o quanto os materiais, métodos e ambiente de estudo se assemelham à situação real investigada.

Fonte: Preece *et al.* (2015).

5 O MODELO E SUA INFRAESTRUTURA

Neste capítulo será apresentada uma proposta de modelo para interações via gestos em Ambiente Ubíquos e a sua materialização em uma plataforma. Contemplará também, a adaptação da sua estrutura e em um ambiente e a interação com diversos dispositivos eletrônicos, independente de suas marcas ou modelos.

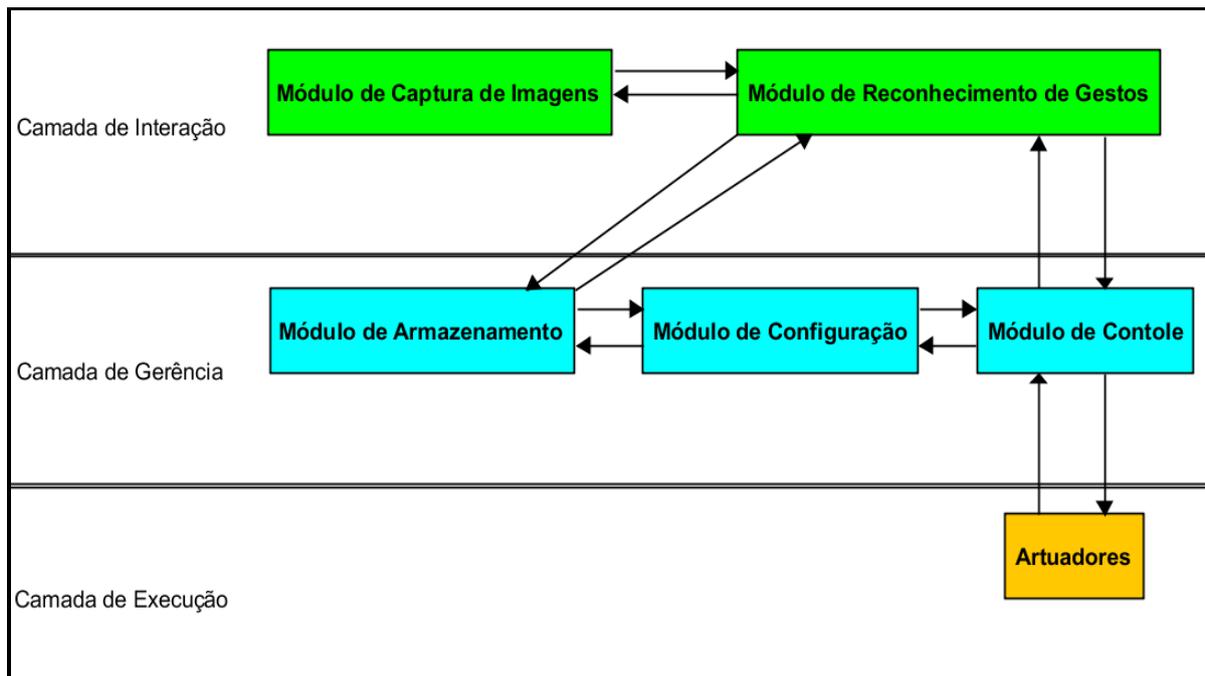
5.1 MODELO

Com base seção 3 do Capítulo 4, na qual se utilizou do modelo multicamadas definido por Edwards e Foreword By-Ofali (1998), foi criado um modelo que é dividido em três camadas para facilitar o desenvolvimento, separação de interesses e isolamento de problemas inerentes aos cenários de interação. A divisão dos componentes em camadas possibilita que a tecnologia empregada possa ser testada com diferentes recursos de hardware e software. O modelo foi concebido com as seguintes características:

- Identificar automaticamente a inserção de novos sensores e atuadores no Ambiente Ubíquo;
- Aceitar a interação do usuário pela modalidade de gestos;
- Integrar sensores, atuadores e componentes computacionais de gerencia do sistema;
- Garantir o acionamento de componentes eletrônicos nos cenários de interação.

A Figura 21 apresenta um diagrama dos módulos do modelo proposto neste trabalho. Este foi concebido de forma que garanta sua flexibilidade e permita diferentes implementações de seus módulos. O modelo está dividido na Camada de Interação, na Camada de Gerência e na Camada de Execução. Para a padronização da comunicação entre os módulos, foi prevista a utilização de uma Arquitetura Orientada a Serviços (*Service Oriented Architecture – SOA*)(RAMANATHAN; KORTE, 2014), responsável em unificar e disponibilizar os serviços previstos no modelo.

Figura 21 – Módulos do Modelo

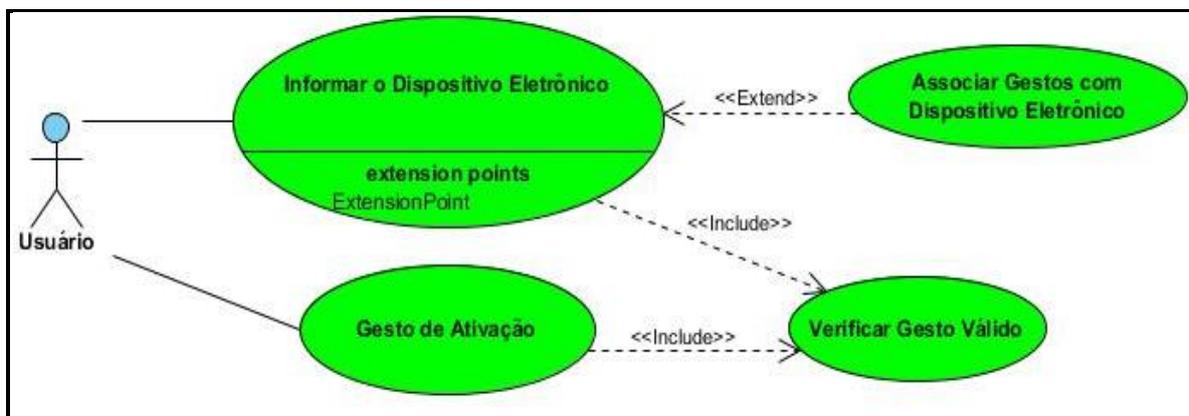


Fonte: Elaborado pelo autor (2016).

5.1.1 Camada de Interação

A Camada de Interação tem a finalidade de tratar a captura dos comandos do usuário através de gestos. Os requisitos funcionais estão identificados no diagrama de Caso de Uso que relaciona as interações dos usuários dentro desta camada, conforme a Figura 22.

Figura 22 – Caso de uso da camada de interação



Fonte: Elaborado pelo autor (2016).

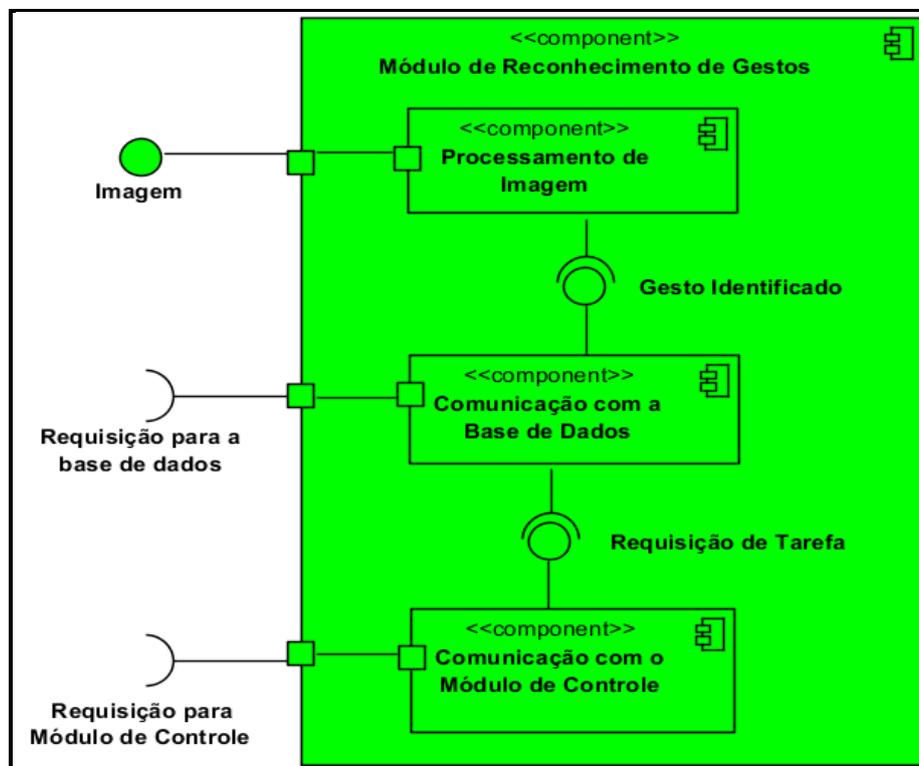
O usuário realiza a interação através dos gestos, informando o dispositivo eletrônico, para isso, existe um relacionamento de inclusão e outro de extensão no

diagrama de Caso de Uso: (i) verificar se o gesto é válido; (ii) relacionar o gesto com o dispositivo eletrônico. Além disso, deve-se informar um gesto de ativação da plataforma.

Para que os requisitos funcionais sejam satisfeitos, são definidos dois módulos, um responsável pela Captura das Imagens e o outro pelo Reconhecimento de Gestos. O primeiro módulo desta camada é responsável pela Captura das Imagens, representado por um sensor. O seu objetivo é reconhecer as pessoas no cenário e capturar as movimentações realizadas por elas.

O segundo módulo da Camada de Interação tem a finalidade de reconhecer os gestos e constitui-se em uma aplicação com três funcionalidades: verificar em uma base de dados se a imagem capturada corresponde a um gesto válido no cenário de interação; receber como resposta a identificação do atuador que deverá ser acionado; e encaminhar para o Componente de Controle, na Camada de Gerência, a ação a ser executada. O módulo de Reconhecimento de Gestos contém três componentes internos, responsáveis pelo tratamento das imagens, conforme apresentado na Figura 23.

Figura 23 – Diagrama de Componente do Reconhecimento de Gestos



Fonte: Elaborado pelo autor (2016).

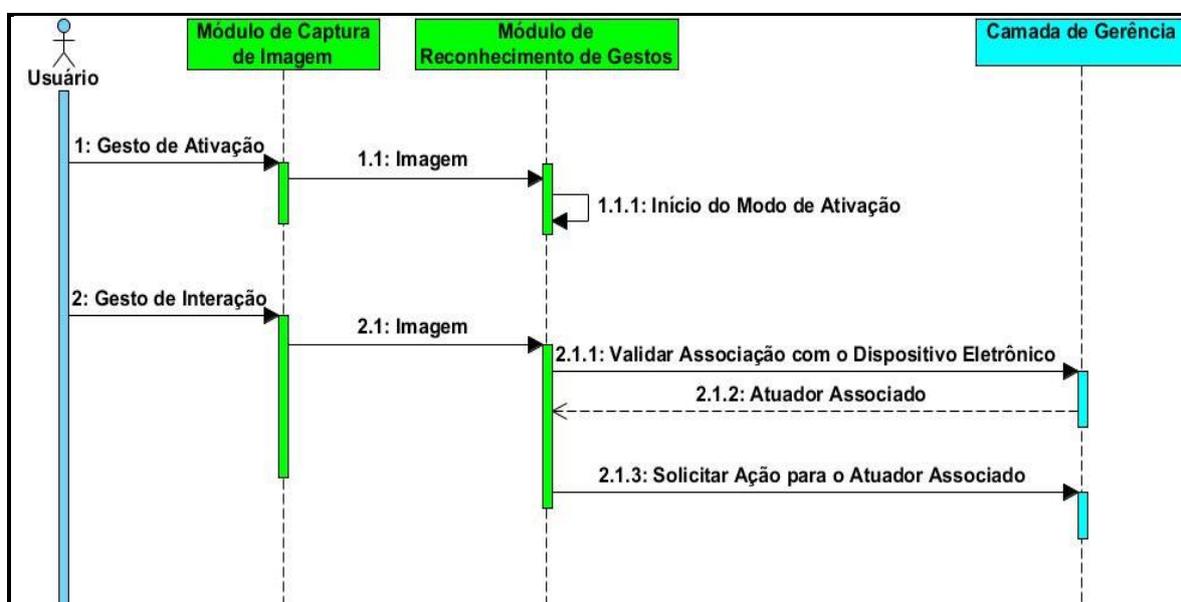
O componente de Processamento de Imagem é responsável pela interpretação dos gestos. Ele, inicialmente, verifica se uma imagem é uma interação via gesto válido. Quando for detectado o sinal que indica a requisição de utilização da plataforma (ativação da plataforma), o componente extrai a informação que o próximo gesto irá expressar. Posteriormente, encaminha para o componente responsável pela Comunicação com a Base de Dados.

O componente de Comunicação com a Base de Dados envia a associação do gesto com o dispositivo eletrônico, para que seja interpretada e definida a ação a ser executada.

O componente de Comunicação com o Módulo de Controle receberá a requisição da tarefa através da identificação do gesto e o transmite para o Módulo de Controle da Camada de Gerência, que interpretará a ação requerida pelo usuário e assinará o atuador responsável em executá-la.

O diagrama de Sequência da Camada de Interação é apresentado na Figura 24. Nesta podem ser observadas as trocas de mensagens e dados entre os seus componentes.

Figura 24 – Diagrama de Sequência da Camada de Interação



Fonte: Elaborado pelo autor (2016).

Inicialmente, o usuário deve realizar um gesto de ativação do sistema, que é interpretado pelo Módulo de Captura de Imagens e enviado para o Módulo de Reconhecimento de Gestos, para que seja verificada a sua validade e ativado o sistema.

Após a ativação, o usuário executa um gesto de interação, onde a imagem é capturada e enviada para o Módulo de Reconhecimento de Gestos, que identifica na Camada de Gerência qual dispositivo deverá ser executado. Caso o gesto seja validado, o módulo dispara a ação para o atuador associado.

5.1.2 Camada de Gerência

A Camada de Gerência têm como objetivo controlar e monitorar todos os gestos de interações dentro do Ambiente Ubíquo. A Figura 25 apresenta o diagrama de Caso de Uso referente às ações dessa camada. O Usuário é responsável em associar os gestos com os dispositivos eletrônicos que, posteriormente, serão armazenados em uma base de dados.

Figura 25 – Caso de uso da camada de gerência



Fonte: Elaborado pelo autor (2016).

Com base no diagrama dos módulos (Figura 21), a Camada de Gerência é representada por três módulos: Configuração, Armazenamento e Controle.

O Módulo de Configuração do modelo é um servidor WEB que permite ao usuário escolher os gestos que irão controlar cada aparelho eletrônico de acordo com sua preferência.

O Módulo de Armazenamento é representado por uma base de dados SGBD que deve conter a associação entre o gesto e o dispositivo eletrônico, seguindo os princípios do Modelo de Contexto Chave-Valor (VIEIRA et al., 2011).

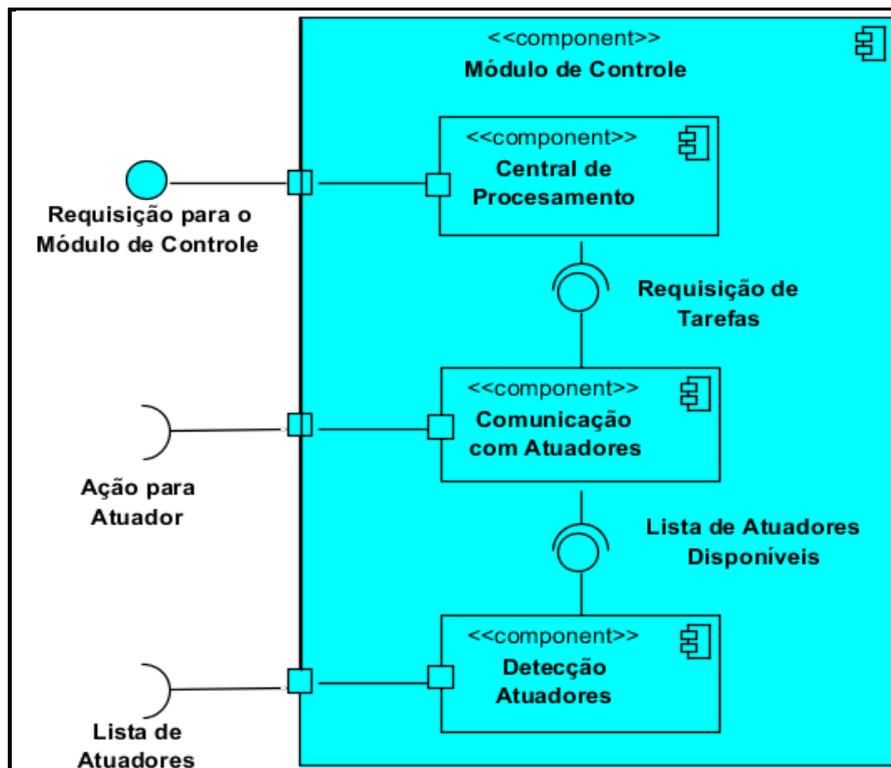
O terceiro módulo, denominado de Controle, é responsável pela identificação e comunicação entre os sensores e atuadores disponíveis no Ambiente Ubíquo, contendo três funcionalidades descritas a seguir:

- Identificar quais são os atuadores disponíveis no momento da inicialização do sistema.
- Apresentar uma lista dos atuadores com os seus parâmetros.

- Encaminhar para o Atuador específico a ação a ser executada (ligar, desligar, aumentar, diminuir, abrir, fechar, etc).

A Figura 26 ilustra o diagrama de componentes do Módulo de Controle, suas *interfaces*, bem como as portas de entradas e saídas previstas para a passagem de dados de um componente para outro.

Figura 26 – Diagrama dos Componentes de Controle



Fonte: Elaborado pelo autor (2016).

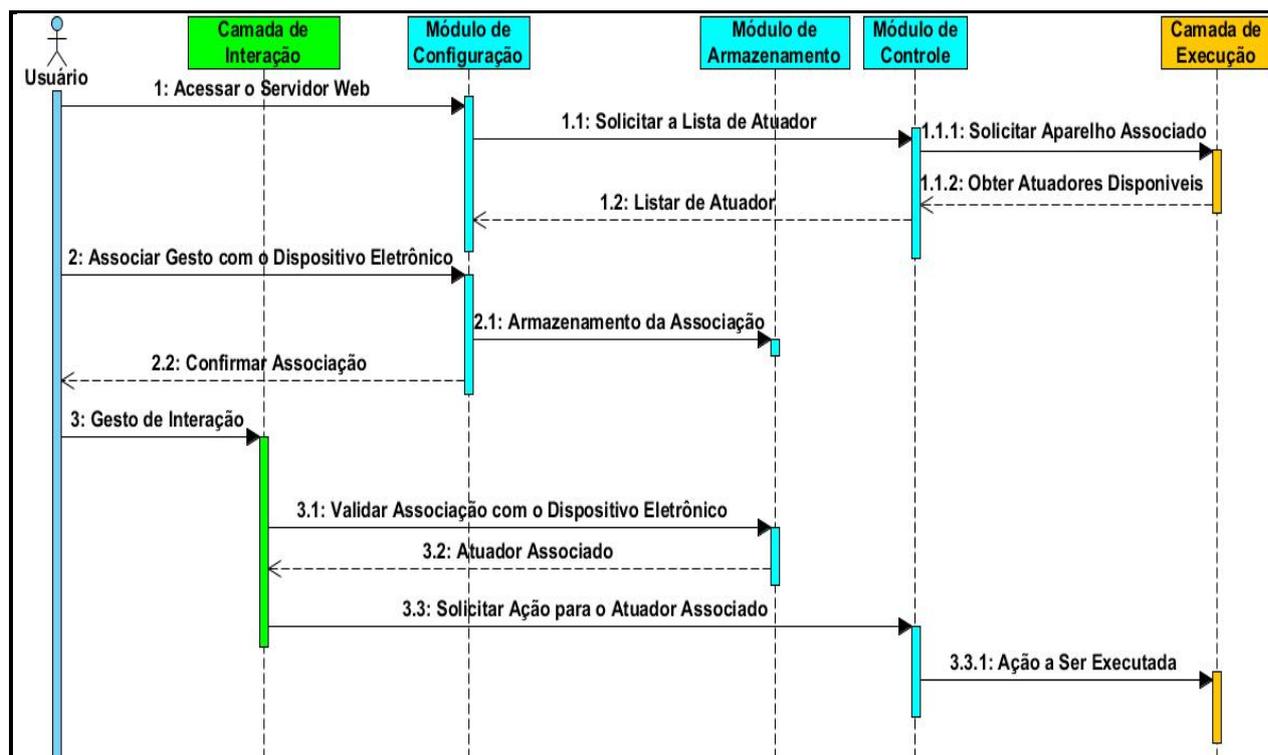
O componente Central de Processamento recebe as requisições traduzidas pela Camada de Interação e as transmite para o componente de Comunicação com os Atuadores.

O componente de Comunicação com os Atuadores transmite a ação requerida pelo usuário para o atuador responsável em executá-la.

O componente de Detecção de Atuadores é responsável por identificar quais os atuadores disponíveis e quais funções serão disponibilizadas ao Componente de Comunicação com Atuadores.

O diagrama de Sequência, apresentado na Figura 27, retrata a troca de mensagens e dados entre os módulos que fazem parte da Camada de Gerência e suas relações com a Camada de Interação e Camada de Execução.

Figura 27– Diagrama de sequência da Camada de Gerência



Fonte: Elaborado pelo autor (2016).

O usuário deve acessar o Servidor Web para realizar a associação do gesto com o dispositivo eletrônico e, para isso, o Módulo de Configuração irá solicitar ao Módulo de Controle a lista de atuadores. Este, por sua vez, envia uma requisição para cada faixa de endereçamento da sua rede e recebe como resposta o endereço IP, o nome de cada atuador e o seu estado no momento (disponível ou indisponível).

A associação é realizada pelo usuário através do relacionamento dos gestos com a lista de atuadores disponíveis na plataforma, ao término das associações, as informações serão armazenadas no banco de dados.

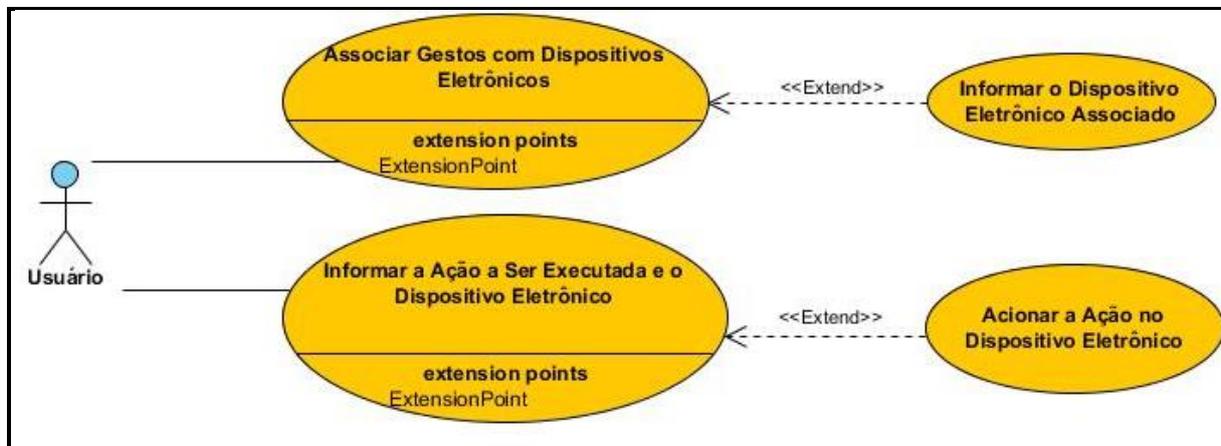
A partir da requisição da Camada de Interação, o Módulo de Armazenamento irá identificar qual o Atuador que está relacionado ao dispositivo selecionado. Em seguida, o Módulo de Controle identificará o tipo de operação pretendida e enviará o comando requerido para a Camada de Execução.

5.1.3 Camada de Execução

A Camada de Execução é responsável em associar os microcontroladores aos dispositivos eletrônicos presentes no Ambiente Ubíquo, possibilitando que os comandos disparados pelos usuários se transformem em interações com os

aparelhos, tais como, televisores, home theater, luzes, cortinas, janelas, portas, entre outros. O diagrama de Casos de Uso (Figura 28) representa os requisitos funcionais dessa camada.

Figura 28– Caso de uso da camada de execução



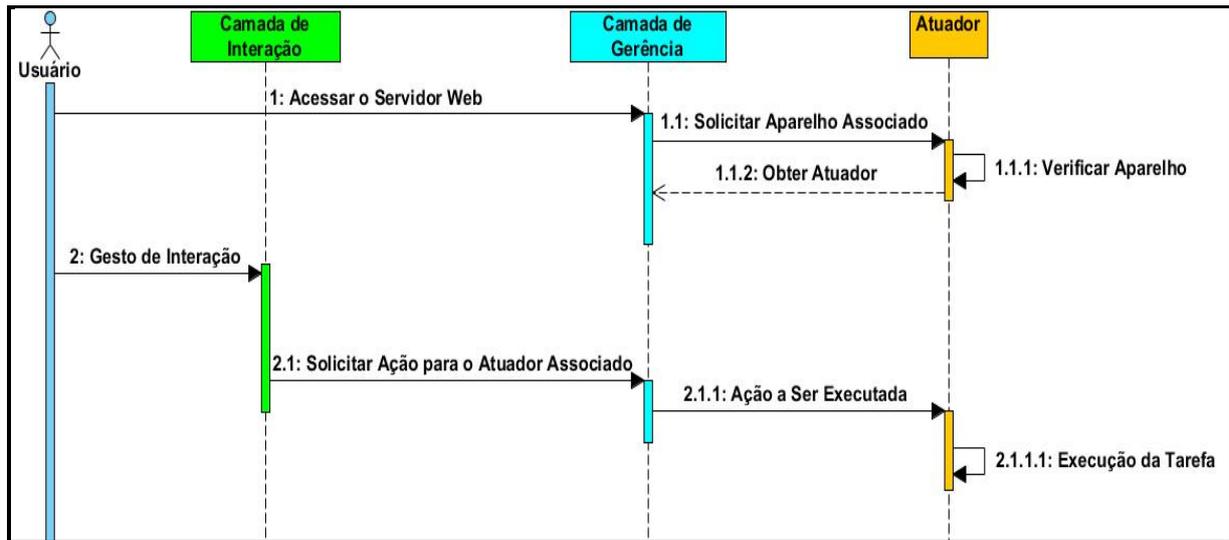
Fonte: Elaborado pelo autor (2016).

Nesse diagrama observa-se que ao ser associado o gesto com o aparelho, o sistema deve fornecer os dispositivos eletrônicos disponíveis para interações. A outra ação dos usuários com a Camada de Execução corresponde ao acionamento dos dispositivos eletrônicos, de acordo com o gesto executado no cenário de interação.

Essa camada é composta por vários componentes chamados de Atuadores que estão conectados a um dos dispositivos eletrônicos encontrados no cenário de interação. Estes Atuadores apresentam duas funcionalidades: (i) informar o dispositivo a ele associado e seus status; e (ii) acionar a ação a ser executada no dispositivo eletrônico.

A Figura 29 apresenta o diagrama de Sequência que retrata a troca de mensagens e de dados entre os componentes que fazem parte da Camada de Execução.

Figura 29 – Diagrama de sequência da Camada de Execução

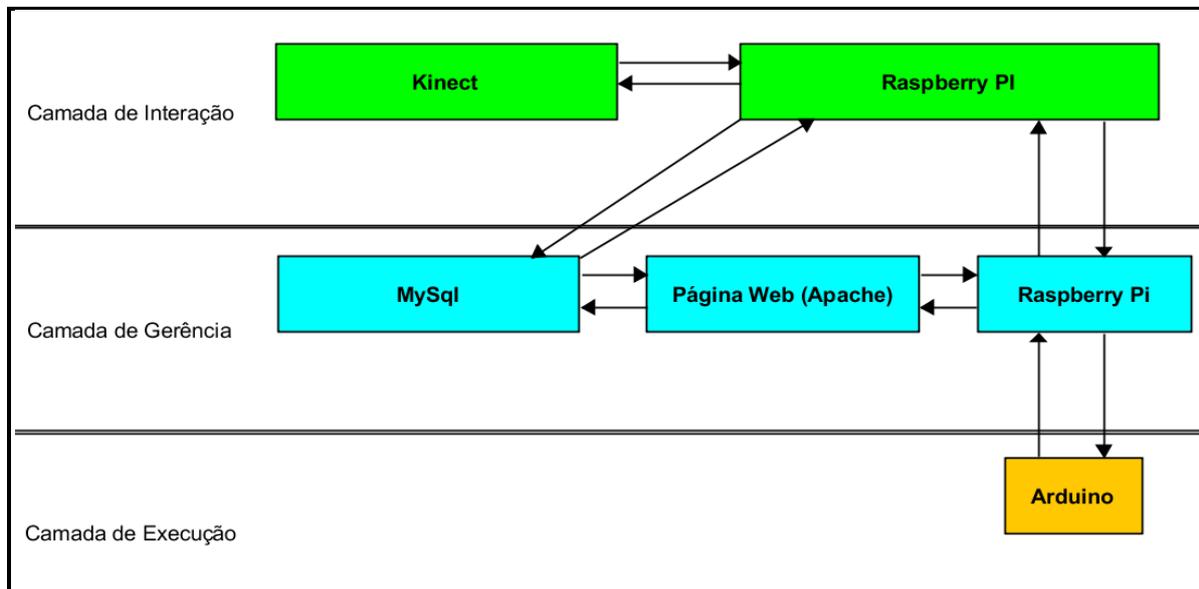


Fonte: Elaborado pelo autor (2016).

5.2 ESPECIFICAÇÃO DA PLATAFORMA

Para a validação do modelo apresentado na seção anterior, será construída uma plataforma que contém dispositivos embarcados e sensores, conforme demonstrado na Figura 30.

Figura 30 – Componentes da Plataforma



Fonte: Elaborado pelo autor (2016).

As próximas subseções descrevem a plataforma, destacando as suas camadas e os componentes de *hardware* e *software* utilizados com base no modelo proposto.

5.2.1 Camada de Interação

A Camada de Interação é composta por dois módulos, onde o primeiro é responsável pela Captura das Imagens e o segundo pelo Reconhecimento de Gestos. O Módulo de Captura das Imagens é representado por um sensor, que foi concebido pela plataforma Kinect da Microsoft.

A plataforma prevê que as ações sejam indicadas pelos usuários por meio de gestos, utilizando os dedos das mãos, conforme pode ser observado na Figura 31.

Figura 31 – Exemplos de gestos previstos para as interações



Fonte: Elaborado pelo autor (2016).

No Cenário A, o usuário faz um gesto apresentando os 10 dedos ao mesmo tempo. Essa ação foi escolhida para indicar o acionamento do sistema de reconhecimento.

Os Cenários B e C indicam, respectivamente, que um determinado dispositivo eletrônico associado ao número 2 e, posteriormente, ao número 3, devem ser acionados dentro do Ambiente Ubíquo.

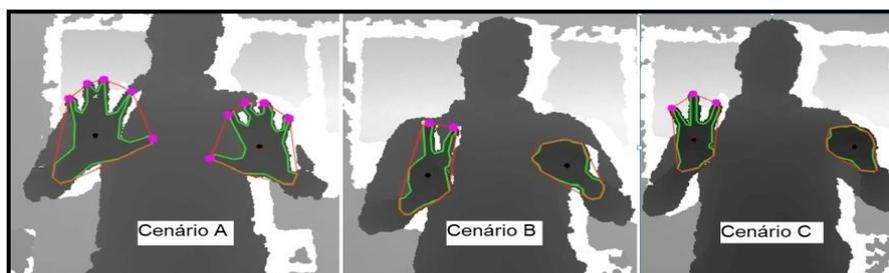
O Módulo de Reconhecimento de Gestos é implementado em um RaspberryPi. Para o desenvolvimento deste foi utilizada a biblioteca da API JavaCV (KAEHLER; BRADSKI, 2014) que integra o OpenCV e o Java. A biblioteca é projetada para o reconhecimento, em tempo real, de ações que ocorrem em um cenário de interação.

Inicialmente, a API JavaCV foi projetada apenas para trabalhar com imagens oriundas de câmeras, desta forma, a adaptação da API para o reconhecimento de gestos pelo Kinect Xbox 360 é uma das contribuições deste trabalho.

O processamento da imagem pelo Kinect juntamente com a Biblioteca API JavaCV está ilustrado na Figura 32. Tomando como base os mesmos sinais da

Figura 31 é possível observar que o sistema identifica as mãos e as pontas dos dedos do usuário durante a interação.

Figura 32 – Exemplos da captura de gestos (Kinect e API JavaCV)



Fonte: Elaborado pelo autor (2016).

5.2.2 Camada de Gerência

A Camada de Gerência é composta por três módulos, na qual o primeiro é nomeado de Configuração, o segundo é denominado de Armazenamento e o terceiro é definido como Controle.

O Módulo de Configuração é um Servidor Web utilizado para hospedar uma página Web de configuração dos gestos (Figura 33). Nela, é possível visualizar as imagens dos gestos manuais pré-estabelecidos e uma lista de dispositivos eletrônicos disponíveis para a associação.

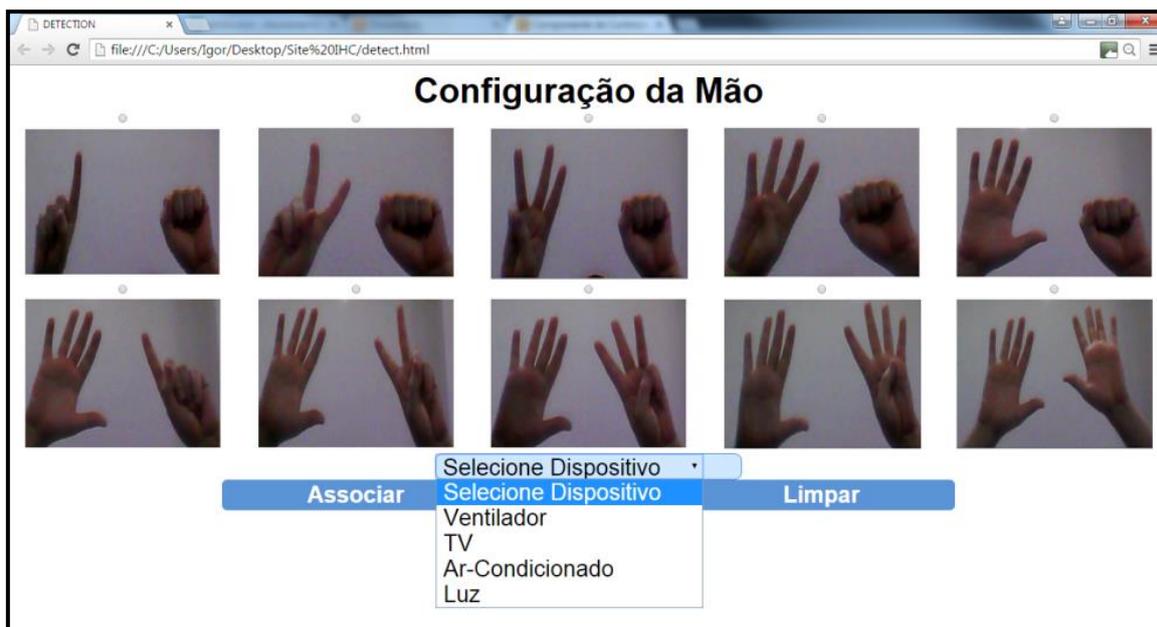
A relação entre os gestos e os aparelhos eletrônicos é definida manualmente, entretanto, a lista de dispositivos eletrônicos é gerada a partir do Módulo de Controle que irá enviar para o Servidor Web a relação dos aparelhos disponíveis no Ambiente Ubíquo em questão.

Para evitar duplicidades, um gesto previamente associado a um dispositivo eletrônico não poderá ser relacionado a outro. Esta verificação de consistência é realizada na Base de Dados todas as vezes que uma nova associação é executada. Caso haja a necessidade de reutilizar um gesto, existe uma funcionalidade que permite desassociá-lo de um dispositivo e associá-lo a outro (funcionalidade do Botão Limpar,

Figura 33).

O Módulo de Armazenamento foi implementada no Sistema Gerenciador de Banco de Dados MySQL e contém uma tabela de associação entre o gesto e o dispositivo eletrônico que será utilizada pelo Módulo de Reconhecimento de Gestos.

Figura 33 – Página de Configuração



Fonte: Elaborado pelo autor (2016).

O terceiro item da Camada de Gerência, denominado Módulo de Controle, foi embarcado em um RaspberryPi. Esta tecnologia foi escolhida por ser um computador capaz de oferecer um ambiente computacional completo, ter dimensões reduzidas, apresentar baixo consumo de energia e estar disponível no mercado por um preço inferior aos desktops tradicionais.

5.2.3 Camada de Execução

A Camada de Execução é composta por Atuadores, que recebem as solicitações da Camada de Gerência e controlam os acionamentos dos dispositivos eletrônicos a eles associados. Para executar as funcionalidades da plataforma, os Atuadores são representados por microcontroladores Arduino Uno devido à necessidade de processamento para a realização das ações. Além disso, estes componentes são acoplados a um Arduino WiFiShield que é responsável tanto pela comunicação destes em uma rede sem fio, quanto pela identificação dos Atuadores através do seu endereço IP no cenário de interação. O acoplamento dos Arduinos pode ser observado na Figura 34.

As formas de comunicação entre os arduinos e os dispositivos eletrônicos podem ocorrer de três formas: (i) uma ligação direta por meio de uma conexão via circuito interno; (ii) utilização de um cabo que realiza a interconexão com o dispositivo

eletrônico; e (iii) a instalação de um led infravermelho para a simulação das ações de um controle remoto.

Figura 34 – Arduino Uno acoplado ao Arduino WiFiShield



Fonte: Elaborado pelo autor (2016).

Os dispositivos eletrônicos da camada de execução são os aparelhos que serão acionados dentro do cenário de interação, tais como, TV, ar-condicionado, lâmpada, entre outros.

5.3 COMUNICAÇÃO

A plataforma foi desenvolvida para suportar uma comunicação síncrona, com o intuito de ser implementada entre os seus módulos e componentes. Para isso foi utilizada a padronização em formato *JavaScript Object Notation* (JSON) e definido alguns protocolos de parametrização para que o atuador e os sensores sejam reconhecidos na Camada de Gerência.

O objetivo desse desenvolvimento, no que diz respeito aos módulos e componentes, é a permissão que os sensores têm em se comunicar dentro da plataforma de forma a obterem informações úteis. Para minimizar a transmissão dos dados entre os seus componentes, estes serviços retornam informações chaves que podem ser utilizadas nas solicitações seguintes. Por exemplo, é importante que os componentes recebam na resposta o identificador do atuador que está associado no ambiente, para que, em seguida, consigam instanciar a ação correspondente.

As respostas da Camada de Execução e da Camada de Gerência são síncronas, as informações solicitadas entre as camadas têm uma resposta imediata. Na Camada de Execução foi criada uma padronização de comunicação para que a Camada de Gerência possa reconhecer os atuadores. Nesta notação usou-se um

identificador, um nome que está associado ao dispositivo eletrônico e o estado em que este elemento se encontra (Figura 35).

Figura 35 – JSON da Camada de Execução

```
[
  {
    "id":"number",
    "nome":"string",
    "status":"number"
  }
]
```

Fonte: Elaborado pelo autor (2016).

Na Camada de Gerência, após a identificação de todos os atuadores, foi criada uma padronização de comunicação para que os sensores possam receber as informações necessárias. Nesta notação usou-se um *array*, na qual cada elemento tem o identificador do atuador, o endereço IP, o endereço MAC, o nome do dispositivo eletrônico e o estado em que o elemento se encontra (Figura 36).

Figura 36 – JSON da Camada de Gerência.

```
{ "atuadores": [
  {
    "id":"number",
    "ip":"number",
    "mac":"number",
    "nome":"string",
    "status":"number"
  }
]}
```

Fonte: Elaborado pelo autor (2016).

6 EXPERIMENTO REALIZADO EM CAMPO

Este capítulo detalha o experimento dentro de um Ambiente Ubíquo com interação via gestos que dá suporte ao modelo conceitual proposto nesta dissertação. O principal objetivo da realização desse experimento é identificar as potencialidades e restrições da plataforma criada. Além disso, as análises consideram dados quantitativos, subjetivos e contextuais, o que torna a abordagem inovadora na área de Ambiente Ubíquo com interações via gestos. O experimento foi conduzido em laboratório, inicialmente com a participação de 26 usuários, durante três meses.

A motivação para a realização deste experimento decorre da necessidade de se avaliar como um usuário interage via gestos em um Ambiente Ubíquo, qual o grau de satisfação em utilizá-lo e como o ambiente influencia as interações dos usuários na realização de algumas de suas tarefas diárias.

Este experimento foi realizado tomando como base as diretrizes propostas pelo framework DECIDE, proposto por Sharp *et al.* (2015). Ele possui seis etapas distintas que são divididas de acordo com a fase em que o experimento se encontra.

6.1 FASE 1 – DETERMINAR O OBJETIVO DA ANÁLISE

O primeiro passo foi definir o objetivo a ser alcançado com a realização do experimento. Para essa decisão, considerou-se o modelo e a plataforma apresentados no Capítulo 5, já que estabelecem os passos para a instrumentação do Ambiente Ubíquo a ser avaliado, além de testar as suas potencialidades e identificar as possíveis limitações. Outro ponto relacionado aos objetivos do experimento refere-se à avaliação da experiência do usuário durante as interações via gestos com o Ambiente Ubíquo. Sendo assim, as finalidades da etapa de avaliação estão sucintamente enumeradas abaixo:

- 1) Avaliar as potencialidades e limitação da plataforma para a interação do usuário com gestos;
- 2) Conduzir um estudo experimental num ambiente real de uso do usuário;
- 3) Fazer uma análise das informações obtidas no estudo a fim de correlacionar fatores contextuais, métricas de usabilidade e dados subjetivos com a execução de tarefas em um único experimento de usabilidade;

- 4) Evidenciar o comportamento dos usuários dentro de um Ambiente Ubíquo com interações via gestos;
- 5) Identificar problemas de usabilidade específicos em determinadas tarefas;
- 6) Constatar a impressão dos usuários com relação à usabilidade da aplicação sob diferentes aspectos.

6.2 FASE 2 – EXPLORAR PERGUNTAS A SEREM RESPONDIDAS

Levando em consideração os objetivos definidos, foi elaborado um questionário (Anexo A), construído em conformidade com a unificação de nove atributos de usabilidade definido em Kronbauer e Santos (2013). Cada pergunta teve o propósito de avaliar um atributo, conforme relacionado na Tabela 6.

Tabela 6 – Perguntas utilizadas para avaliação da plataforma proposta

Id	Perguntas	Atributo
Q1	Como você classificaria o desempenho da plataforma de interação natural via gestos?	Eficiência
Q2	Como você classificaria a eficácia da interação com gestos durante a realização do experimento?	Eficácia
Q3	No geral, qual o seu nível de satisfação com as interações realizadas durante o experimento?	Satisfação
Q4	No cenário proposto, como você classificaria seu aprendizado durante a realização das interações com gestos?	Aprendizagem
Q5	Quando houve uma interação indesejada, o que você achou ao tentar retornar para um estado anterior utilizando os gestos?	Operabilidade
Q6	Você achou adequadas as funcionalidades disponíveis pela plataforma de interação?	Acessibilidade
Q7	Aplataforma apresenta flexibilidade nas interações para a execução das ações?	Flexibilidade
Q8	Com base no experimento realizado, como você classificaria a utilidade da plataforma proposta no seu cotidiano?	Utilidade
Q9	Durante o experimento, você sentiu alguma dificuldade de realizar as interações via gestos?	Facilidade de Uso

Fonte: Elaborado pelo autor (2016).

6.3 FASE 3 – ESCOLHER O MÉTODO DE AVALIAÇÃO

Para responder as questões definidas na seção anterior, foram utilizados dois métodos de avaliação durante a execução do estudo de caso:

- Observação Direta: Utilizado durante as análises das interações do usuário com o ambiente, sendo conduzido com a participação de um avaliador.
- Questionário: Empregado após a realização das interações, com o objetivo de obter uma avaliação subjetiva a respeito da experiência do usuário com o Ambiente Ubíquo.

Para coletar as respostas, foi utilizada a escala de Likert (1932), onde as opções de respostas variaram de 1 a 5, sendo 1 - “Muito Satisfeito” e 5 - “Muito Insatisfeito”.

6.4 FASE 4 – IDENTIFICAR E ADMINISTRAR AS QUESTÕES PRÁTICAS

Nesta fase, foram levantados inúmeros pré-requisitos, entre os quais podem ser destacados: (i) a escolha do cenário de avaliação, (ii) a definição das formas de gestos e (iii) a definição do grupo de usuários a participar do experimento.

Durante a execução das tarefas foram especificados dois documentos: (i) um texto explicativo referente à proposta do trabalho e dicas simples para a utilização da plataforma (Apêndice A); e (ii) um roteiro (Apêndice B) a ser seguido pelo usuário, contemplando as tarefas a serem executadas no cenário de interação, conforme descrição da Tabela 7.

Tabela 7 – Tarefas propostas para os participantes

Id	Tarefas
1	Interagir com o módulo de ar-condicionado realizando, ao menos, duas operações.
2	Interagir com o módulo de TV realizando no mínimo duas operações.
3	Interagir com o módulo de iluminação realizando, ao menos, duas operações.
4	Interagir com o módulo de DVD realizando no mínimo duas operações.

Fonte: Elaborado pelo autor (2016).

6.4.1 Cenário utilizado no experimento

O experimento foi realizado no Laboratório de Dispositivos Móveis e Sistemas Embarcados (LDMSE) que está situado no pavilhão de aula seis (PA6), da Universidade Salvador (UNIFACS). Este possui dimensão de 75,97m², tendo sido utilizados os seguintes equipamentos para a construção do cenário de interação:

- Cabo USB;
- Kinect;
- *Adaptador Wireless;*
- *Protoboard;*
- Receptor de infravermelho;
- Fonte de Alimentação Minipa(30V - 3A);
- Ar condicionado 32000 Btus;
- Televisão.

6.4.2 Recrutamento dos participantes

Outra ação realizada nesta fase foi definir o grupo de usuários que participariam do experimento. Para isso, considerou-se, como critério de admissão, voluntários com idade acima de 18 anos, estudantes da Universidade Salvador (UNIFACS), que concordaram em participar da pesquisa. Com base nesse critério, foram selecionados 26 usuários para realizar o experimento de usabilidade da plataforma.

6.5 FASE 5 – DECIDIR COMO LIDAR COM AS QUESTÕES ÉTICAS

O Conselho Nacional de Saúde (1996), na Resolução número 196/96, define pesquisa com seres humanos como toda investigação que, individual ou coletivamente, envolva o contato direto ou indireto com o ser humano, incluindo o manejo de informações por ele geradas. Ainda segundo a mesma resolução, toda pesquisa com seres humanos envolve risco. Risco em pesquisa refere-se à possibilidade de danos à dimensão física, psíquica, moral, intelectual, social ou cultural do ser humano (LEITÃO; DIAS-ROMÃO, 2003).

Segundo Leitão e Romão-Dias (2003), quatro pontos da Resolução 196/96 mostram-se particularmente relevantes para o controle dos riscos nas pesquisas em IHC: o consentimento dos sujeitos, a preservação do anonimato, a proteção de grupos vulneráveis e a garantia de bem-estar desses sujeitos.

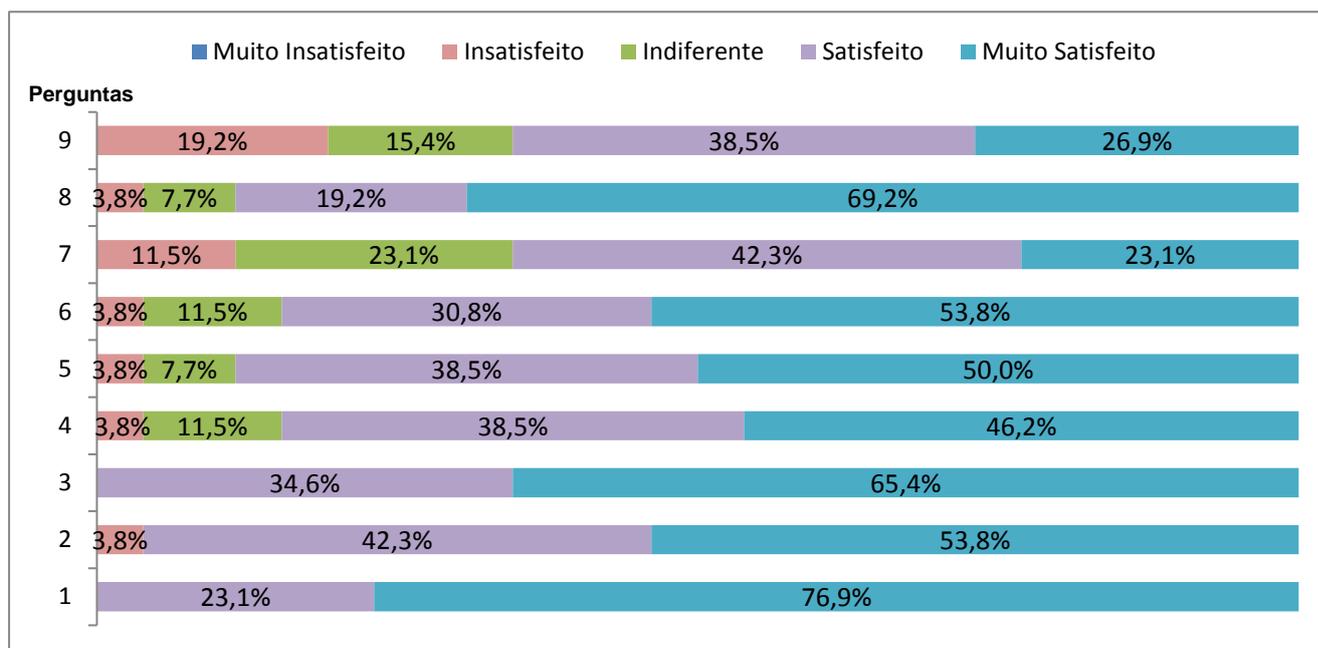
Por consentimento dos sujeitos, entende-se a anuência em participar de uma pesquisa após o conhecimento detalhado de seus objetivos. Quando o contato entre o sujeito e o pesquisador é interativo e/ou presencial, o consentimento é facilmente obtido.

Neste sentido, para a realização deste experimento foi submetido ao conselho de ética da Universidade Salvador (UNIFACS) no dia 19 de novembro de 2015 com o número 51137215.4.0000.5033, obtendo o parecer de aceite de número 1.366.396 no dia 14 de dezembro de 2015 (Anexo A). Foi elaborado um Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (Apêndice C), informando os objetivos do projeto e as normas referentes ao sigilo das informações pessoais dos participantes, onde os voluntários que apresentaram os critérios de admissão dessem o seu consentimento em participar do experimento.

6.6 FASE 6 – AVALIAR, INTERPRETAR E APRESENTAR OS RESULTADOS

Nesta seção serão respondidas as perguntas previamente elaboradas para alcançar os objetivos esperados deste estudo, tendo como base o conjunto de informações obtidas no questionário aplicado junto aos participantes do experimento, conforme apresentado na Figura 37.

Figura 37 – Respostas associadas à plataforma



Fonte: Elaborado pelo autor (2016).

6.6.1 Como você classificaria o desempenho da plataforma de interação natural via gestos?

O desempenho da plataforma (eficiência) é extremamente relevante na implementação de Ambiente Ubíquo, pois interfere na percepção da naturalidade das interações realizadas pelos usuários. Segundo Brauner e Ziefle (2015), essa métrica influencia na experiência de utilização de um sistema, sendo responsável pelo insucesso de inúmeros produtos inovadores lançados no mercado.

O resultado referente a Pergunta 1, apresentado na Figura 37, demonstrou, em valores absolutos, que vinte participantes do experimento ficaram muito satisfeitos e seis satisfeitos com o tempo de resposta da plataforma. Com base nesse resultado, pode ser observado que a Eficiência do sistema é o aspectos de maior satisfação por parte dos usuários, possibilitando concluir que a velocidade da

plataforma satisfaz os requisitos exigidos para a realização de interações naturais via gestos.

6.6.2 Como você classificaria a eficácia da interação com gestos durante a realização do experimento?

A plataforma proposta deve ter a capacidade de interpretar o uso de gestos de forma eficaz (precisa) para que se tenha uma interação adequada no Ambiente Ubíquo. Durante a realização do experimento, foi observado que todos os participantes do experimento conseguiram, de maneira geral, realizar as atividades propostas. A Pergunta 2, da Figura 37, demonstra que esse atributo obteve quatorze participantes muito satisfeitos, onze satisfeitos e um insatisfeito.

Levando em consideração que esta métrica mensura a precisão com que os participantes conseguem realizar as tarefas propostas da Tabela 7, é possível concluir que a utilização de gestos para realizar interações satisfaz às suas necessidades. Este resultado corrobora com constatações de outras pesquisas recentes (HAGRAS *et al.*, 2015; MARKS *et al.*, 2015) que salientam a viabilidade de interações via gestos.

6.6.3 No geral, qual o seu nível de satisfação com as interações realizadas durante o experimento?

Com relação à aceitação dos usuários quanto à utilização da plataforma, é importante destacar que todos os voluntários estiveram, de modo geral, muito satisfeitos com a solução proposta utilizando interações via gestos. O item três da Figura 37 apresenta, em valores absolutos, que dezessete participantes ficaram muito satisfeitos e nove satisfeitos.

Este resultado está associado ao fato da plataforma possibilitar a configuração dos gestos de acordo com o perfil dos seus usuários, ou seja, os voluntários podem escolher qual o gesto desejado para cada aparelho, sendo este um fator que influenciou nos resultados obtidos, conforme a

Figura 33.

6.6.4 No cenário proposto, como você classificaria seu aprendizado durante a realização das interações com gestos?

A Pergunta 4, da Figura 37, demonstra os resultados observados com relação ao aprendizado dos participantes em relação a utilização e interação com a plataforma,

sendo constatado que doze voluntários ficaram muito satisfeitos, dez satisfeitos, três indiferentes e um insatisfeito durante o experimento.

Foi observado que este resultado não foi melhor, devido à dificuldade de alguns participantes em relacionar os gestos com o acionamento dos dispositivos. Segundo avaliações concretizadas por Kronbauer *et al.* (2012), existe uma curva de aprendizagem inerente a qualquer sistema. Desta forma, pessoas que interagem pela primeira vez com um aplicativo apresentam mais dificuldades que usuários experientes. Assim, os resultados apresentaram padrões normais de satisfação com relação a este atributo, podendo melhorar à medida que os usuários no Ambiente Ubíquo se familiarizem com a plataforma.

6.6.5 Quando houve uma interação indesejada, o que você achou ao tentar retornar para um estado anterior utilizando os gestos?

Procurando compreender a capacidade da plataforma em se manter funcional, independente das circunstâncias, foi feita uma análise do nível de Operabilidade do cenário de interação. O item cinco da Figura 37 revela que treze voluntários mostraram-se muito satisfeitos com a estabilidade da plataforma, dez ficaram satisfeitos, dois indiferentes e um participante julgou-se insatisfeito em relação ao retorno a um estado operacional após cometer erros de interação.

Com base no resultado obtido pela resposta da Pergunta 5 e observações diretas realizadas durante a execução do experimento, pode ser constatado que deve ser idealizado um gesto que indique reinício da tarefa, após uma interação indesejada.

6.6.6 Você achou adequadas as funcionalidades disponíveis pela plataforma de interação?

Com o intuito de avaliar o atributo de Acessibilidade, o item seis da Figura 37 apresenta o nível de satisfação com relação a este atributo. Os resultados evidenciam que quatorze participantes ficaram muito satisfeitos, oito satisfeitos, três indiferentes e um insatisfeito com a acessibilidade da plataforma.

Com esta informação, pode ser constatado que a plataforma é considerada inclusiva, ou seja, disponibiliza uma nova forma de interação que poderá contemplar idosos e pessoas com necessidades especiais, uma vez que, na amostra existiram pessoas que eram maiores de 65 anos. Como a Acessibilidade é um dos fatores atualmente mais importantes no âmbito da Interação Humano-Computador, com

forte apelo social, muitos pesquisadores se dedicam a estudos para a construção de interfaces mais acessíveis (PICCOLO *et al.*, 2011; BRAJNIK, 2006), sendo esta, mais uma contribuição deste trabalho.

6.6.7 A plataforma apresenta flexibilidade nas interações para a execução das ações?

Para avaliar se a forma de interação disponibilizada pela plataforma é flexível para os usuários, foi realizado o questionamento se as ações no cenário apresentavam mais de uma alternativa para alcançar uma mesma tarefa. A pergunta 7, da Figura 37, demonstra que seis participantes ficaram muito satisfeitos, onze satisfeitos, seis indiferentes e três insatisfeitos no que se refere a Flexibilidade do cenário de interação.

Flexibilidade é uma área de estudo que permite aos usuários obterem mais de uma forma de interação para uma mesma funcionalidade. Este atributo não apresenta melhores resultados, devido ao fato da plataforma não permitir a associação de mais de um gesto para uma ação em um dispositivo eletrônico, levando em consideração que sua associação é de um para um. Entretanto, o fato da plataforma possibilitar uma configuração personalizada para cada usuário, amenizou o descontentamento em relação a flexibilidade da plataforma.

6.6.8 Com base no experimento realizado, como você classificaria a utilidade da plataforma proposta no seu cotidiano?

Na tentativa de identificar a conformidade entre as tarefas disponibilizadas e os objetivos da plataforma, foi questionada a Utilidade do Ambiente Ubíquo proposto ao participante caso este fosse inserido em seu cotidiano. O item oito da Figura 37 apresenta um resultado que expõe o nível de satisfação dos voluntários com relação a este atributo. Pode-se evidenciar que um dos participantes não acredita que a plataforma será útil no seu dia-a-dia, dois ficaram indiferentes e vinte e três consideraram que o sistema seria benéfico em seu cotidiano.

A Utilidade refere-se ao mapeamento das necessidades dos usuários com as funcionalidades do sistema. Este atributo influencia diretamente na adoção do sistema (KRONBAUER *et al.*, 2012). Assim, os resultados apresentaram níveis satisfatórios para a utilidade da plataforma proposta.

6.6.9 Durante o experimento, você sentiu alguma dificuldade de realizar as interações via gestos?

Considerando o nível de entendimento de como executar uma tarefa na plataforma, foi realizado o questionamento se o usuário teve alguma dificuldade de realizar alguma das interações propostas. A Pergunta 9, da Figura 37, evidencia que cinco participantes ficaram insatisfeitos, quatro foram indiferentes e dezessete não apresentaram nenhuma dificuldade durante o experimento.

Nos resultados obtidos com a resposta da Pergunta 9, bem como, com a observação direta realizada durante a condução do experimento, foi detectado que os participantes que tiveram dificuldade nas interações, ficaram insatisfeitos com a transição entre o gesto de ativação e o gesto de acionamento dos dispositivos eletrônicos. Desta forma, foram realizados ajustes para calibrar o sistema com relação ao tempo de transição entre um gesto e outro.

7 CONCLUSÕES E TRABALHOS FUTUROS

Neste capítulo são descritas as conclusões da pesquisa realizada apresentando uma discussão sobre a validação, descrevendo as conclusões obtidas e sugerindo recomendações para trabalhos futuros.

Este trabalho apresenta uma plataforma para interações via gestos em Ambiente Ubíquos que pode ser configurada para operar de acordo com as preferências dos usuários. Além disso, o modelo proposto pode ser adaptado a vários ambientes e permite a interação com diversos dispositivos eletrônicos, independentemente de suas marcas ou modelos.

Inicialmente, com o intuito de entender o que está sendo proposto em Ambiente Ubíquo com interações baseadas em gestos, foi realizada uma revisão de literatura que obtém os relatos de técnicas e abordagens propostas nos últimos oito anos. No estudo foram selecionados e analisados 19 trabalhos que abordam Ambiente Ubíquo com interações via gestos. Esta análise aborda os dispositivos de manipulação, as movimentações utilizadas, os algoritmos utilizados, os meios de transmissão e a taxa de reconhecimento.

Na revisão de literatura constata-se que os dispositivos de interação mais utilizados são as câmeras, entretanto é observada uma tendência em se usar o Kinect. Nos tipos de movimentação foi constatado que gestos sem a necessidade de dispositivos de interação. Para o reconhecimento de comandos com gestos, observa-se o domínio da utilização do algoritmo HMM. Nos meios de transmissão, existe uma tendência em usufruir dos benefícios da conexão Wi-Fi. Por fim, as taxas de identificação de gestos ficam acima de 80%, que corresponde um índice elevado para reconhecimento de interações naturais.

A estrutura do modelo que permite essa comunicação é composta de três camadas. A primeira, chamada de Camada de Interação, prevê as interações do usuário via gestos. A segunda, chamada de Camada de Gerência, é responsável pelo gerenciamento e controle do fluxo dentro da plataforma. A terceira, chamada de Camada de Execução, é responsável em acionar os dispositivos eletrônicos existentes no cenário de interação.

A plataforma projetada para validar o modelo é composta por um sensor Kinect acoplado a um Raspberry Pi para executar a captura e reconhecimento dos gestos. Os Arduinos operam como atuadores para controlar os componentes

eletrônicos. O Componente de Controle embarcado no Raspberry Pi é responsável por interligar toda a plataforma. Além disso, no Raspberry Pi, foi instalado um Servidor Web para permitir a configuração dos gestos e uma base de dados MySQL, para armazenar as associações dos sinais com os dispositivos eletrônicos.

Uma das principais contribuições a ser destacada neste trabalho é a utilização do Kinect em conjunto com a Biblioteca API JavaCV, sendo observada uma sensível melhora no tratamento e reconhecimento das imagens, quando comparado ao reconhecimento realizado apenas pelo algoritmo padrão utilizado no Kinect.

Posteriormente, foi realizado um experimento em laboratório envolvendo 26 usuários, tomando como base as diretrizes propostas pelo framework DECIDE. O seu objetivo foi identificar o nível de satisfação do usuário dentro da plataforma, utilizando nove atributos de usabilidade definidos por Kronbauer e Santos (2013).

Com os resultados da execução do experimento, é possível concluir que a plataforma pode ser uma boa alternativa para a criação de Ambientes Ubíquos com a modalidade de interações via gestos. Os resultados observados apresentam, na média geral, uma satisfação acima de 65% em todos os seus atributos.

As métricas relacionadas com a Eficiência, Satisfação e Utilidade da plataforma obtiveram percentuais de aceitação acima de 95%, o que indica a possibilidade da proposta ser utilizada em larga escala. Além disso, sugere a viabilidade de ser empregada para auxiliar pessoas com necessidades especiais ou restrições de locomoção.

Os principais aspectos passíveis de melhorias em versões posteriores da plataforma são: (i) criar a possibilidade de prover gestos alternativos para a execução de uma mesma tarefa; (ii) aumentar a distância de captura dos gestos; (iii) realizar ajustes no tempo de espera entre o gesto de ativação e o gesto de acionamento dos dispositivos eletrônicos; e (iv) um feedback no momento em que o sistema está ativo.

Para trabalhos futuros recomenda-se realizar novos experimentos contemplando usuários com necessidades especiais, tendo como objetivo avaliar a eficiência e eficácia da plataforma como uma ferramenta de inclusão social.

Outra perspectiva é incrementar o modelo utilizar outros sensores com o objetivo de alimentar a Camada de Gerência com informações contextuais do ambiente, de forma a aperfeiçoar suas respostas às interações dos usuários.

REFERÊNCIAS

AARTS, E.; ENCARNACAO, J. **True visions: the emergence of ambient intelligence.** Springer: Berlin; German, 2006. p.1-16.

AHN, Y. et al. Implementation of interactive home control system. In: WSEAS INTERNATIONAL CONFERENCE ON COMPUTATIONAL INTELLIGENCE, MAN-MACHINE SYSTEMS AND CYBERNETICS, 9., 2010. **Proceedings...** 2010. p. 203-208.

ALENCAR, T. S. D.; NERIS, V. P. D. A. Sistemas ubíquos para todos: conhecendo e mapeando os diferentes perfis de interação. In: BRAZILIAN SYMPOSIUM ON HUMAN FACTORS IN COMPUTING SYSTEMS, 12., Brasília, 2013. **Proceedings...** 2013. p.178-187.

ANJO, M. D. S.; PIZZOLATO, E. B.; FEUERSTACK, S. A real-time system to recognize static gestures of Brazilian sign language (libras) alphabet using Kinect. In: BRAZILIAN SYMPOSIUM ON HUMAN FACTORS IN COMPUTING SYSTEMS, 12., Brasília, 2013. **Proceedings...** 2012. p.5-9.

ARAUJO, R. B. D. Computação ubíqua. **Princípios, tecnologias e desafios.**, v. 8, p. 11-13, 2003.

AUGUSTO, J. C.; MCCULLAGH, P. Ambient intelligence: Concepts and applications. **Computer Science and Information Systems**, v.4, p. 01-27. 2007.

BARTOLINI, S. et al. Reconfigurable natural interaction in smart environments: Approach and prototype implementation. **Personal and Ubiquitous Computing**, v.16, n. 7, p. 943-956, 2012. Doi: 10.1007/s00779-011-0454-5.

BERCI, N.; SZOLGAY, P. Towards a gesture based human-machine interface: Fast 3D tracking of the human fingers on high speed smart camera computers. In: CIRCUITS AND SYSTEMS, 2009. ISCAS 2009. IEEE INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON, 2009. **Proceedings...** 2009. p.1217-1220. Doi: 10.1109/iscas.2009.5117981.

BOGDANOWICZ, M. et al. **Scenarios for Ambient Intelligence in 2010.** Office for official publications of the European Communities. [S.l.]: [s.n.], 2001. 3-8.

BRAJNIK, G. **Web Accessibility Testing: When The Method is the Culprit.** Computers Helping People with Special Needs, LNCS, v. 4061, Springer, pp. 156–163, 2006.

BRAUNER, P.; ZIEFLE, M. Human Factors in Production Systems. Advances in Production Technology. Lecture Notes in Production Engineering. **Springer International Publishing**, p. 187-199, 2015.

CARICOS. **CARICOS**, 2016. Disponível em: <http://www.caricos.com/cars/v/vw/2013_volkswagen_golf/1920x1080/98.html>. Acesso em: 2 maio 2016

- CCTV. **CCTV Camera Pros**, 2016. Disponível em: <<http://www.cctvcamerapros.com/Infrared-Security-Cameras-s/29.htm>>. Acesso em: 7 jan. 2016.
- CHEN, Q.; GEORGANAS, N. D.; PETRIU, E. M. Real-time vision-based hand gesture recognition using haar-like features. In: INSTRUMENTATION AND MEASUREMENT TECHNOLOGY CONFERENCE, 2007. **Proceedings... IMTC 2007**. IEEE, 2007. p.1-6.
- CONCI, A.; AZEVEDO, E.; LETA, F. **Computação gráfica**. [S.l.]: [s.n.], 2008. v.2.
- COOK, D. J.; AUGUSTO, J. C.; JAKKULA, V. R. Ambient intelligence: technologies, applications, and opportunities. **Pervasive and Mobile Computing**, v.8, p. 277-298, 2009.
- CRUTZEN, C. K. M. Invisibility and the meaning of ambient intelligence. **International Review of Information Ethics**, v.6, n. 12, p. 52-62, 2006.
- CUEVAS, H. et al. Integrating gesture-based identification in context-aware applications: a system approach. In: WIRELESS AND MOBILE COMPUTING, NETWORKING AND COMMUNICATIONS (WIMOB), 2014 IEEE 10., INTERNATIONAL CONFERENCE ON, 2014. **Proceedings...** 2014. p.257-264.
- DEY, A. K.; GREGORY, D. A.; SALBER, D. A Conceptual Framework and a Toolkit for Supporting the Rapid Prototyping of Context-Aware Applications. **Human-computer interaction**, v.16, p. 97-166, 2001.
- EDWARDS, J.; FOREWORD BY-ORFALI, R. **3 Tier Client/Server at Work**. [S.l.]: John Wiley & Sons, Inc., 1998.
- EVERLAST. 2016. Disponível em: <<http://www.everlastbrasil.com/>>. Acesso em: 7 jan. 2016.
- FIGUEIREDO, L. et al. **Interação Natural a partir de rastreamento de mãos**. [S.l.]: [s.n.]. 2012.
- FRATI, V.; PRATTICIZZO, D. Using Kinect for hand tracking and rendering in wearable haptics. In: WORLD HAPTICS CONFERENCE (WHC), 2011 IEEE, 2011. **Proceedings...** 2011. p.317-321.
- GIORGINO, T. Computing and visualizing dynamic time warping alignments in R: the dtw package. **Journal of statistical Software**, v. 31, n. 7, p. 1-24, 2009.
- GRGURIĆ, A. et al. Introducing Gesture Interaction in the Ambient Assisted Living Platform universAAL. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON TELECOMMUNICATIONS - CONTEL 2013, 12., 2013. **Proceedings...** 2013. p.215-222.
- GRØNLI, T.-M. **Cloud computing and context-awareness: a study of the adapted user experience**. Brunel University. [S.l.], 2012.
- GUEDES, G. T. **UML 2: uma abordagem prática**. 1. ed. [S.l.]: [s.n.], 2008.

HAGRAS, H.; ALGHAZZAWI, D.; ALDABBAGH, G. Employing Type-2 Fuzzy Logic Systems in the Efforts to Realize Ambient Intelligent Environments [Application Notes]. **Computational Intelligence Magazine**, v. 10, 2015. 44-51.

HANSEN, J. **An investigation of smartphone applications**: exploring usability aspects related to wireless personal area networks, context-awareness, and remote information access. 2012. Thesis (Doctor)-School of Information Systems, Computing and Mathematics, Brunel, 2012.

HELAL, S. et al. The gator tech smart house: A programmable pervasive space. **Computer**, v.38, p. 50-60, 2005.

HEVNER, A.; CHATTERJEE, S. Design research in information systems: theory and practice. **Springer Science & Business Media**, v. 22, 2010.

HIRAMA, K. **Engenharia de software**: qualidade e produtividade com tecnologia. [S.l.]: [s.n.], 2012.

HORVÁTH, I.; VROOM, R. W. Ubiquitous computer aided design: A broken promise or a Sleeping Beauty? **Computer-Aided Design**, v.59, p. 161-175, 2015.

IBRAHEEM, N. A.; KHAN, R. Z. Survey on Various Gesture Recognition. **Technologies and Techniques**, v.50, p. 38-44, 2012.

JING, L. et al. A unified method for multiple home appliances control through static finger gestures. In: IEEE/IPSJ INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON APPLICATIONS AND THE INTERNET, SAINT 2011, 11., 2011. **Proceedings...** 2011. p.82-90. Doi: 10.1109/SAINT.2011.21.

KAEHLER, A.; BRADSKI, G. **Learning opencv**. [S.l.]: [s.n.], 2014.

KEELE, S. Guidelines for performing systematic literature reviews in software engineering. **Technical report, Ver. 2.3 EBSE Technical Report. EBSE**, 2007.

KETABDAR, H.; MOGHADAM, P.; ROSHANDEL, M. Pingu: A New Miniature Wearable Device for Ubiquitous Computing Environments. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON COMPLEX, INTELLIGENT, AND SOFTWARE INTENSIVE SYSTEMS, 2012. **Proceedings...** 2012. p.502-506. Doi: 10.1109/CISIS.2012.123.

KHAN, R. Z.; IBRAHEEM, N. A. Comparative study of hand gesture recognition system. In: INTERNATIONAL CONFERENCE OF ADVANCED COMPUTER SCIENCE & INFORMATION TECHNOLOGY IN COMPUTER SCIENCE & INFORMATION TECHNOLOGY (CS & IT), 2., 2012. **Proceedings...** 2012. p.203-213.

KRONBAUER, A. H.; SANTOS, C. A. S. Uma análise das abordagens para avaliar a usabilidade de smartphones: estado da arte e novas tendências. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO SOBRE FATORES HUMANOS EM SISTEMAS COMPUTACIONAIS (IHC 2013), Manaus, 2013. **Proceedings...** 2013. p.452-461.

KRONBAUER, A. H.; SANTOS, C. A. S.; VIEIRA, V. Smartphone Applications Usability Evaluation: A Hybrid Model and Its Implementation. In: WINCKLER, Marco

- Peter Forbrig and BERNHAUPT, Regina. (Org.). **Lecture Notes in Computer Science**. 1st. ed., 2012. p. 146-163.
- KÜHNELA, C. et al. I'm home: Defining and evaluating a gesture set for smart-home control. **International Journal of Human-Computer Studies**, v.69, n. 11, p693-704, 2011.
- LEE, S. et al. Designing a gesture-based interaction with an ID tag. In: SYSTEMS MAN AND CYBERNETICS (SMC), 2010 IEEE INTERNATIONAL CONFERENCE ON, 2010. **Proceedings...** 2013. p. 2220-2225.
- LEITÃO, C. F.; DIAS-ROMÃO, D. Pesquisas em IHC: um debate interdisciplinar sobre a ética. In: NICOLACI-DA-COSTA, AM E LEITE, JC ATAS DO WORKSHOP SOBRE INTERDISCIPLINARIDADE EM IHC, CLIHC, 2003. **Proceedings...** 2003.
- LIKERT, R. A technique for the measurement of attitudes. **Archives of psychology**, 1932.
- LIU, J. et al. uWave: Accelerometer-based personalized gesture recognition and its applications. **Pervasive and Mobile Computing**, v.5, n. 6, p. 657-675, 2009. <http://dx.doi.org/10.1016/j.pmcj.2009.07.007>.
- LLORET, J. et al. A smart communication architecture for ambient assisted living. **Communications Magazine, IEEE**, v.53, n.1, p.26-33, 2015.
- MARELI, D. et al. Um Framework de Desenvolvimento de Aplicações Ubíquas em Ambientes Inteligentes. SIMPÓSIO BRASILEIRO DE REDES DE COMPUTADORES E SISTEMAS DISTRIBUÍDOS, 31., Brasília, DF, 2013. **Anais...** 2013. p. 643-656.
- MARKS, D. W.; RISPEN, L.; CALARA, G. Greater Physiological Responses While **Playing Xbox Kinect™ Compared to Nintendo Wii™**, v. 10, n. 2, p. 164-173, 2015.
- MARSHALL, C.; ROSSMAN, G. B. **Designing qualitative research**. [S.l.]: Sage, 2011.
- MEDEIROS, A. C. S. **Interação natural baseada em gestos como interface de controle para modelos tridimensionais**. João Pessoa: Universidade Federal da Paraíba, 2012.
- MEGALINDAS, 2016. Disponível em: <<http://megalindas.com/decorar-una-sala-inteligente/>>. Acesso em: 26 abr. 2016.
- MÉZARD, M.; PARISI, G.; ZECCHINA, R. Analytic and Algorithmic Solution of Random Satisfiability. **Science**, v. 297, n. 5582, p. 812-815, 2002.
- MITRA, S.; ACHARYA, T. Gesture recognition: A survey. Systems, Man, and Cybernetics, Part C: Applications and Reviews. **IEEE Transactions on**, v.37, n. 3, p. 311-324, 2007.
- MOCANU, I.; FLOREA, A. M. A multi-agent supervising system for smart environments. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON WEB INTELLIGENCE, MINING AND SEMANTICS - WIMS '12, 2012. 2., **Proceedings...** 2012. p.55.

MUNTEANU, C. et al. Indoor Personal Monitoring, Supervising and Assistance Sweet-Home and AmiHomeCare case studies. **Journal of Control Engineering and Applied Informatics**, v.60, n. 1, 2014. 50-61.

NEßELRATH, R. et al. A Gesture Based System for Context – Sensitive Interaction with Smart Homes. **Ambient Assisted Living**, p.209-219 2011. Doi: 10.1007/978-3-642-18167-2_15.

NETO, A. N. R.. SANTOS, C. A. S. and CARVALHO, L. A. Touch the air: an event-driven framework for interactive environments. In: BRAZILIAN SYMPOSIUM ON MULTIMEDIA AND THE WEB (WEBMEDIA), 19., 2013. **Proceedings...** 2013. p.73-80.

NIELSEN, J. Usability inspection methods. In: CONFERENCE COMPANION ON HUMAN FACTORS IN COMPUTING SYSTEMS, 1994. **Proceedings...** 1994. p.413-414.

NITENDO. **Nintendo Wii**, 2016. Disponível em: <<http://www.nintendo.com/wiiu>>. Acesso em: 7 jan. 2016.

ÖSTLUND, B. et al. STS-inspired design to meet the challenges of modern aging. Welfare technology as a tool to promote user driven innovations or another way to keep older users hostage? **Technological Forecasting and Social Change**, v.93, 2015. 82-90.

PAN, G. et al. GeeAir: A universal multimodal remote control device for home appliances. **Personal and Ubiquitous Computing**, v.14, n. 8, p. 723-735, 2010. 10.1007/s00779-010-0287-7.

PEREIRA, L. A. D. M. **Automação Residencial: rumo a um futuro pleno de novas**. São Paulo: [s.n.]. 2007.

PEREIRA, L. A.; RAOUFI, M.; FROST, J. C. Using MySQL and JDBC in new teaching methods for undergraduate database systems courses. **Data Engineering and Management. Springer Berlin Heidelberg**, p. 245-248, 2012.

PHAM, P.; PHAM, A. **Scrum em ação—gerenciamento e desenvolvimento ágil de projetos de software**. São Paulo: Novatec, 2011.

PICCOLO, L. S. G.; MENEZES, E. M.; BUCCOLO, B. C. Developing an Accessible Interaction Model for Touch Screen Mobile Devices: Preliminary Results. In: BRAZILIAN SYMPOSIUM ON HUMAN FACTORS IN COMPUTING SYSTEMS AND THE 5TH LATIN AMERICAN CONFERENCE ON HUMAN-COMPUTER INTERACTION, ACM, 10., 2011. **Proceedings...** 2011. p. 222–226.

PREECE, J.; SHARP, H.; ROGERS, Y. **Interaction Design-beyond human-computer interaction**. [S.l.]: John Wiley & Sons, 2015.

PU, Q. et al. Gesture Recognition Using Wireless Signals. **ACM SIGMOBILE Mobile Computing and Communications Review**, v.18, n. 4, p. 15-18, 2015.

RAHMAN, A. M. et al. Motion-path based gesture interaction with smart home services. In: PROCEEDINGS OF THE SEVENTEEN ACM INTERNATIONAL

CONFERENCE ON MULTIMEDIA - MM '09, 2009. **Proceedings**... 2009. p.761-764. Doi: 10.1145/1631272.1631407.

RAMANATHAN, R.; KORTE, T. Software service architecture to access weather data using RESTful web services. In: COMPUTING, COMMUNICATION AND NETWORKING TECHNOLOGIES (ICCCNT), 2014 INTERNATIONAL CONFERENCE ON, 2014. **Proceedings**... 2014. p.1-8.

RONZANI, D. The battle of concepts: Ubiquitous Computing, pervasive computing and ambient intelligence in Mass Media. **Ubiquitous Computing and Communication Journal**, v. 4, n. 2, p. 9-19, 2009.

SABERELETRONICA. Eletrônica. **sabereletronica**. 2016. Disponível em: <<http://www.sabereletronica.com.br/artigos/1733-tecnologias-de-redes-de-comunicacao-para-sistemas-automotivo>>. Acesso em: 26 abr. 2016.

SALCEDO, C. M.; CERQUEIRA, J.; LIMA, A. M. N. Sistema Visual para Interação Humano-Máquina. SIMPÓSIO BRASILEIRO DE AUTOMAÇÃO INTELIGENTE, 11., 2013, Fortaleza, CE, Brasil. **Anais**... 2013.

SCHLÖMER, T. et al. Gesture recognition with a Wii controller. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON TANGIBLE AND EMBEDDED INTERACTION TEI 08, 2., 2008. **Proceedings**. 2008. p.11-14.

SENIN, P. Dynamic time warping algorithm review. **Information and Computer Science Department University of Hawaii at Manoa Honolulu**. USA, 2008. p.1-23.

SIMION, G. et al. **Compositional and Hierarchical Semantic Frameworks for Hand Gesture Recognition**. [S.l.]: [s.n.], 2015.

SOMMERVILLE, I. **Engenharia de software**. 6 ed. São Paulo: Person Addison Wesley, 2005.

UNIFACS. 2014. Disponível em: <<http://www.gmr.unifacs.br/lab/labengenharias.php?guia=1&&lab=13>>. Acesso em: 2 maio 2016.

VALLI, A. **Natural Interaction White Paper**. [S.l.]: Citeseer, 2007. <http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.98.9153&rep=rep1&type=pdf>.

VASILAKOS, A.; WITOLD, P. Ambient intelligence, wireless networking, and ubiquitous computing. **Artech House, Inc.**, 2006.

VIEIRA, V.; TEDESCO, P.; SALGADO, A. C. Designing context-sensitive systems: An integrated approach. **Expert Systems with Applications**, v. 38, p. 1119-1138, 2011.

WAINER, J. Métodos de pesquisa quantitativa e qualitativa para a Ciência da Computação. **Atualização em informática**, v. 1, p. 221-262, 2007.

WEIS, T. et al. Rapid prototyping for pervasive applications. **Pervasive Computing, IEEE**, v. 6, p. 76-84, 2007.

WEISER, M. The computer for the 21st century. **Scientific American**, p. 66-75, 1991.

XBOX. **Kinect**, 2016. Disponível em: <<http://www.xbox.com/pt-BR/Kinect/Home-new>>. Acesso em: 7 jan. 2016.

APÊNDICE A - TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO



Termo de Consentimento Livre e Esclarecido

Comitê de Ética em Pesquisa da UNIFACS
Programa de Pós-Graduação em Sistemas e Computação (PPGCOMP)
Laureate International Universities
Avenida Luís Viana Filho, Nº 3146, Imbuí - CEP: 41720-200 - Salvador-Bahia.
Telefone (71) 3021-2800.

Uma Plataforma para Interações Naturais Via Gestos em Ambiente Inteligente

Eu _____; estou sendo convidado(a) a participar de um experimento para avaliar a usabilidade e aspectos práticos relacionados a utilização de uma plataforma de interação baseada em interações naturais via gestos em ambiente inteligente, desenvolvida para facilitar a interação das pessoas com dispositivos eletrônicos em ambientes domésticos ou empresariais.

A plataforma foi concebida como projeto de pesquisa do professor Dr. Artur Henrique Kronbauer, vinculado ao Programa de Pós-Graduação em Sistemas Computacionais (PPGCOMP) da Universidade Salvador. O referido pesquisador pode ser contatado pelo telefone (71) 99111-8409 ou pelo endereço de e-mail arturhk@gmail.com.

Recebi esclarecimentos sobre a pesquisa e estou ciente de que minha privacidade será respeitada, ou seja, meu nome e imagem serão mantidos em sigilo. Eu autorizo a utilização do questionário contendo as minhas respostas preenchidas durante a realização do experimento, entendendo que as informações serão utilizadas somente para os fins desta pesquisa, bem como serão divulgadas apenas em artigos e na redação dos trabalhos científicos orientados pelo professor Dr. Artur Henrique Kronbauer.

Estou ciente que poderei solicitar esclarecimentos quanto a quaisquer dúvidas durante a realização do experimento e terei acesso aos resultados obtidos. Tenho ciência de que poderei me recusar a responder qualquer pergunta e que posso me negar a participar do estudo ou retirar meu consentimento a qualquer momento, sem prévia justificativa.

Manifesto meu livre consentimento em participar.

Salvador, ____ de _____ de ____.

Nome e assinatura do participante

Nome e assinatura do pesquisador

APÊNDICE B - ROTEIRO PARA UTILIZAÇÃO DA PLATAFORMA



Roteiro para utilização da plataforma

Programa de Pós-Graduação em Sistemas e Computação (PPGCOMP)
Laureate International Universities
Avenida Luís Viana Filho, Nº 3146, Imbuí - CEP: 41720-200 - Salvador-Bahia.
Telefone (71) 3021-2800.

Interações Naturais Via Gestos em Ambientes Inteligentes

O experimento será realizado nas dependências da UNIFACS, no período de 15/02 até 29/02. Os usuários serão orientados pelo aluno do Mestrado de Sistemas e Computação Igor Gonzalez Pimenta sobre os procedimentos de utilização da plataforma para realizar o experimento.

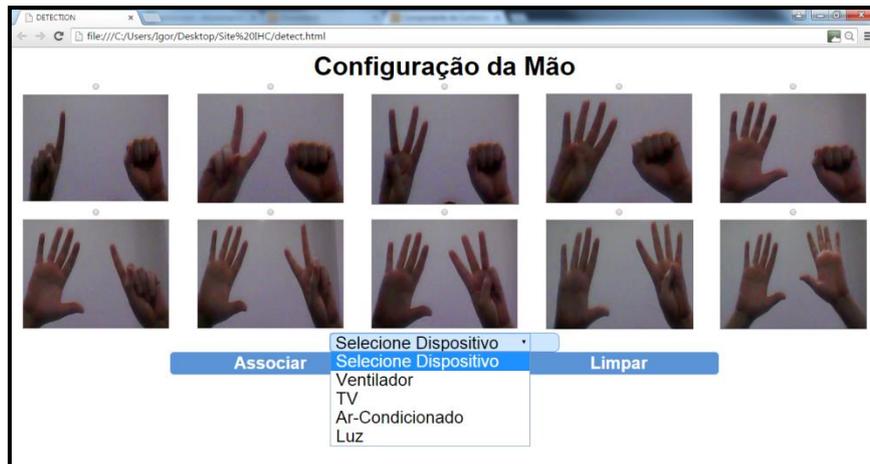
O usuário irá utilizar uma página web para realizar a associação dos gestos com os dispositivos eletrônicos desejados. Após fazer esta configuração, o usuário deve se posicionar em frente ao *Kinect* para interagir com a plataforma. Com isso, este irá se comunicar com o dispositivo eletrônico selecionado.

O experimento será composto de:

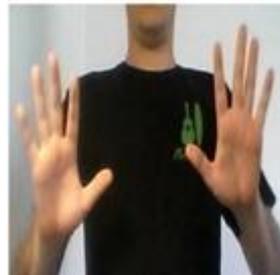
- 1 Computador
- 1 *Kinect*;
- 1 microcontrolador Raspberry Pi;
- 3 atuadores;
- 3 eletrodomésticos (televisão, ar condicionado e iluminação);

O roteiro do experimento está composto pelas seguintes etapas:

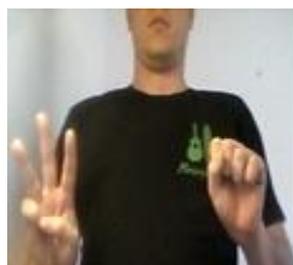
- 1) Orientação preliminar aos usuários.
- 2) Assinatura do Termo de Consentimento Livre e Esclarecido.
- 3) Realização das tarefas com interação natural através de gestos em um ambiente inteligente, que serão realizadas da seguinte forma:
 - a. Definir os gestos que serão utilizados nas interações, utilizando o ambiente WEB de configuração. Observar exemplos na figura abaixo:



- b. Para realiza a associação, selecione uma opção de gesto e escolha o nome do aparelho eletrônico que deseja ser associado, logo após acione o Botão Associar. Caso haja a necessidade de reutiliza, um gesto pré cadastrado, existe uma funcionalidade que permite desassociá-lo de um dispositivo eletrônico e associá-lo a outro (funcionalidade do Botão Limpar).
- c. Após a associação, o usuário estará apto a interagir com o ambiente.
- d. O usuário deve fica na frente do *kinect* e realizar o gesto de ativação, conforme imagem abaixo.



- e. Após o gesto de ativação, deve fazer o gesto que escolheu para realizar a interação com a televisão, por exemplo, caso o usuário escolha o gesto de número três, deve fazer o gesto conforme imagem abaixo.



- f. O usuário deverá acionar três aparelhos eletrônicos, sendo de livre escolha a sequência de interação.
- g. Para finalizar, o usuário deve solicitar ao orientador que terminou de interagir com o ambiente.

- 4) Após a realização das tarefas, os usuários irão responder a um questionário.
- 5) Os usuários serão dispensados do experimento quando terminarem de responder ao questionário.

APÊNDICE C - AVALIAÇÃO DA PLATAFORMA



Avaliação da Plataforma

Programa de Pós-Graduação em Sistemas e Computação (PPGCOMP)
 Laureate International Universities
 Avenida Luís Viana Filho, Nº 3146, Imbuí - CEP: 41720-200 - Salvador-Bahia.
 Telefone (71) 3021-2800.

Questionário Proposto aos Participantes do Experimento

Local: _____ Data: ___/___/___

Parte 1 - Dados Pessoais

- 1) Nome: _____
- 2) Idade: _____
- 3) Curso de Graduação: _____
- 4) Ano de Formação: _____
- 5) Atividade Profissional: _____
- 6) Empresa onde trabalha: _____
- 7) Sexo: () Masculino () Feminino

Parte 2 - Avaliação da Usabilidade com a Plataforma de Interação Natural via Gestos

- 8) Como você classificaria o desempenho da plataforma de interação natural via gestos?

	Muito Satisfeito
	Satisfeito
	Indiferente
	Insatisfeito
	Muito Insatisfeito

- 9) Como você classificaria a eficácia da interação com gestos durante a realização do experimento?

	Muito Fácil
	Fácil
	Médio
	Difícil
	Muito Difícil

10) No geral, qual o seu nível de satisfação com as interações realizadas durante o experimento?

	Muito Satisfeito
	Satisfeito
	Indiferente
	Insatisfeito
	Muito Insatisfeito

11) No cenário proposto, como você classificaria seu aprendizado durante a realização das interações com gestos?

	Muito Fácil
	Fácil
	Médio
	Difícil
	Muito Difícil

12) Quando houve uma interação indesejada, o que você achou ao tentar retornar para um estado anterior utilizando os gestos?

	Muito Fácil
	Fácil
	Médio
	Difícil
	Muito Difícil

13) Você achou adequadas as funcionalidades disponíveis pela plataforma de interação?

	Muito Fácil
	Fácil
	Médio
	Difícil
	Muito Difícil

14) A plataforma apresenta flexibilidade nas interações para a execução das ações?

	Muito Fácil
	Fácil
	Médio
	Difícil
	Muito Difícil

15) Com base no experimento realizado, como você classificaria a utilidade da plataforma proposta no seu cotidiano?

	Muito Fácil
	Fácil
	Médio
	Difícil
	Muito Difícil

16) Durante o experimento, você sentiu alguma dificuldade de realizar as interações via gestos?

	Muito Fácil
	Fácil
	Médio
	Difícil
	Muito Difícil

17) Você tem alguma consideração que gostaria de relatar para aprimorar o desenvolvimento da plataforma proposta?

ANEXO A – PARECER CONSUBSTANCIADO DO CEPUNIVERSIDADE SALVADOR -
UNIFACS/BA**PARECER CONSUBSTANCIADO DO CEP****DADOS DO PROJETO DE PESQUISA****Título da Pesquisa:** UMA PLATAFORMA PARA INTERAÇÕES NATURAIS EM AMBIENTES**Pesquisador:** Artur Henrique Kronbauer**Área Temática:****Versão:** 1**CAAE:** 51137215.4.0000.5033**Instituição Proponente:** Universidade Salvador - UNIFACS/BA**Patrocinador Principal:** Financiamento Próprio**DADOS DO PARECER****Número do Parecer:**1.366.396**Apresentação do Projeto:**

O projeto intitulado "Uma plataforma para interações naturais em ambientes inteligentes" contextualiza a computação ubíqua enquanto um mecanismo que facilite a interação entre usuários e dispositivos computacionais de modo que os comandos disparados pelos usuários sejam os mais naturais possíveis. E que para proporcionar esta funcionalidade, os sistemas ubíquos deverão capturar informações sobre o ambiente para dinamicamente se adaptar ao contexto e automaticamente executar ações apropriadas a cada mudança no cenário de interação.

Objetivo da Pesquisa:

O objetivo geral deste projeto é pesquisar e desenvolver alternativas tecnológicas para a criação de uma plataforma multimodal, possibilitando a interação de pessoas com sistemas computacionais de forma natural, utilizando gestos, voz e toques em dispositivos móveis. Já os objetivos específicos são: - Criar um middleware que identifique automaticamente os sensores (equipamentos para captura de imagens, sons e dispositivos móveis), os atuadores (microcontroladores que possam acionar funcionalidades em dispositivos eletrônicos) e possa fazer a comunicação entre eles.

- Construir uma infraestrutura para o tratamento de imagens, sons e acionamentos remotos via dispositivos móveis, permitindo a interpretação de comandos executados pelos usuários no cenário de interação.

Endereço: Av. Luís Viana Filho 3146, 3º. andar -Torre Norte - Campus Paralela**Bairro:** Paralela**CEP:** 41.720-200**UF:** BA**Município:** SALVADOR**Telefone:** (71)3271-2740**Fax:** (71)3271-2740**E-mail:** cep@unifacs.br

UNIVERSIDADE SALVADOR -
UNIFACS/BA



Continuação do Parecer: 1.366.396

Avaliação dos Riscos e Benefícios:

O questionário refere-se apenas a critérios de usabilidade e desempenho da plataforma, não se utilizando de métodos invasivos ou que exponha as participantes, dessa forma não se observa riscos aparentes para o conjunto amostral da pesquisa. No tocante aos benefícios, após o desenvolvimento do projeto será possível identificar se a plataforma proposta contempla índices de usabilidade aceitáveis, tem a potencialidade de ajudarnainclusãosocialepodeauxiliaravidadaspessoasemtarefasdocotidiano.

Comentários e Considerações sobre a Pesquisa:

Com o progresso dos sistemas embarcados e das tecnologias que utilizam redes sem fio, percebe-se o avanço na área de Ambientes Inteligentes e a evolução dos estudos de interações entre os seres humanos e dispositivos eletrônicos por meio de ações naturais. Este cenário favorece o desenvolvimento da computação ubíqua que está pautada na idéia da computação estar presente em todos os locais e ser transparente aos seres humanos. Assim como a evolução dos motores, que hoje estão presentes na maioria dos artefatos que cercam as pessoas, mas são imperceptíveis, os sistemas computacionais devem seguir o mesmo caminho e tornarem-se onipresentes.

Considerações sobre os Termos de apresentação obrigatória:

O projeto apresenta todos os termos de apresentação obrigatória.

Recomendações:

Sem recomendações.

Conclusões ou Pendências e Lista de Inadequações:

Projeto eticamente apto para desenvolvimento.

Considerações Finais a critério do CEP:

Mantido parecer do relator.

Este parecer foi elaborado baseado nos documentos abaixo relacionados:

Tipo Documento	Arquivo	Postagem	Autor	Situação
Informações Básicas do Projeto	PB_INFORMAÇÕES_BÁSICAS_DO_PROJETO_602604.pdf	19/11/2015 16:49:48		Aceito
Outros	Lattes_Fabio_Gomes.pdf	19/11/2015 16:48:49	Artur Henrique Kronbauer	Aceito
Outros	Lattes_Italo_Ribeiro.pdf	19/11/2015 16:47:57	Artur Henrique Kronbauer	Aceito

Endereço: Av. Luís Viana Filho 3146, 3º. andar -Torre Norte - Campus Paralela
Bairro: Paralela **CEP:** 41.720-200
UF: BA **Município:** SALVADOR
Telefone: (71)3271-2740 **Fax:** (71)3271-2740 **E-mail:** cep@unifacs.br

UNIVERSIDADE SALVADOR -
UNIFACS/BA



Continuação do Parecer: 1.366.396

Outros	Lattes_Igor_Pimenta.pdf	19/11/2015 16:47:28	Artur Henrique Kronbauer	Aceito
Outros	Lattes_Artur_Kronbauer.pdf	19/11/2015 16:46:46	Artur Henrique Kronbauer	Aceito
Declaração de Instituição e Infraestrutura	Declaracao_de_Anuencia.pdf	19/11/2015 11:24:14	Artur Henrique Kronbauer	Aceito
Folha de Rosto	Folha_de_Rosto.pdf	19/11/2015 11:21:36	Artur Henrique Kronbauer	Aceito
Orçamento	Orcamento.pdf	16/11/2015 13:08:21	Artur Henrique Kronbauer	Aceito
Cronograma	Cronograma.pdf	16/11/2015 12:45:26	Artur Henrique Kronbauer	Aceito
TCLE / Termos de Assentimento / Justificativa de Ausência	Termo_de_Consentimento_Livre_e_Escl arecido.pdf	16/11/2015 10:59:08	Artur Henrique Kronbauer	Aceito
Projeto Detalhado / Brochura Investigador	Projeto_Detalhado.pdf	16/11/2015 10:50:50	Artur Henrique Kronbauer	Aceito

Situação do Parecer:

Aprovado

Necessita Apreciação da CONEP:

Não

SALVADOR, 14 de Dezembro de 2015

Assinado por:
TATIANA SENNA GALVÃO NONATO ALVES
(Coordenador)

Endereço: Av. Luís Viana Filho 3146, 3º. andar -Torre Norte - Campus Paralela
Bairro: Paralela **CEP:** 41.720-200
UF: BA **Município:** SALVADOR
Telefone: (71)3271-2740 **Fax:** (71)3271-2740 **E-mail:** cep@unifacs.br

