

UNIVERSIDADE DO VALE DO RIO DOS SINOS — UNISINOS  
UNIDADE ACADÊMICA DE GRADUAÇÃO  
CURSO DE BACHARELADO EM CIÊNCIA DA COMPUTAÇÃO

CÁSSIO CLOSS PERIN

**FATIGUEYE:  
UM PROJETO PARA UMA APLICAÇÃO DE APOIO AO MONITORAMENTO E  
DETECÇÃO DO GRAU DE FADIGA EM ATLETAS DO FUTEBOL**

São Leopoldo  
2016



Cássio Closs Perin

**FATIGUEYE:  
Um projeto para uma aplicação de apoio ao monitoramento e detecção do grau de fadiga  
em atletas do futebol**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado  
como requisito parcial para a obtenção do  
título de Bacharel em Ciência da Computação  
pela Universidade do Vale do Rio dos Sinos —  
UNISINOS

Orientador:  
Prof. Dr. Cristiano André da Costa

São Leopoldo  
2016



À minha família que sempre me apoiou e acreditou na busca de meus objetivos, em especial  
minha mãe que nunca deixou de estar presente quando mais precisei de ajuda.

*Let the future tell the truth, and evaluate each one according to his work and accomplishments.  
The present is theirs; the future, for which I have really worked, is mine.*

— NIKOLA TESLA



## **AGRADECIMENTOS**

Ao professor orientador Cristiano André da Costa pela oportunidade de modelar este trabalho e por sua dedicação a pesquisar e transmitir o conhecimento do universo computacional aos seus alunos.

Ao meu grande amigo Jeferson Luis Soares, por ser um excelente colega de trabalho e pela sua imensa contribuição nas pesquisas da área da saúde que colaboram para a realização deste trabalho.

Aos meus queridos colegas: Carolina Darski, Fuad Suad, Guilherme Gassen, Guilherme Gazzo, Ivan Baierle, Marcel Mossmann, Leandro Andrioli, Luiz Cunha e Ramon Saraiva, pelo apoio e pelos bons momentos que tivemos no decorrer do curso.





*“Knowledge will give you power, but character respect.”.*  
(Bruce Lee)



## RESUMO

As lesões podem ser consideradas como o principal fator para o afastamento de atletas de suas modalidades esportivas. A fadiga muscular é considerada um dos fatores causadores de lesões musculoesqueléticas, provocada pela repetição de movimentos, tempo e esforço não habituais, empregados pelo atleta durante a atividade em que fora submetido. Ela resulta em sintomas como: dores musculares, dificuldade em se movimentar, irritações, inflamações e problemas para dormir e que podem evoluir para casos mais graves como lesões. O presente trabalho trata sobre a arquitetura, projeto e desenvolvimento da FatiguEYE, uma aplicação multiplataforma para o apoio ao monitoramento de atletas do futebol, na detecção do grau de fadiga, através da coleta de sinais vitais e na inferência de informações de contexto. O modelo faz o uso de diversos sensores para coleta desses dados e os transmite para o servidor da aplicação através do uso do protocolo HTTP, com o uso de web services para fornecer essas informações aos usuários. Para atingir este objetivo, foram realizados estudos referentes aos conceitos de fadiga aplicados ao esporte, e aprofundamentos em conceitos computacionais e tecnológicos como computação móvel e ubíqua e computação orientada a serviços. Além disso trabalhos relacionados ao tema foram abordados a fim de gerar uma base teórica para o embasamento do presente modelo.

**Palavras-chave:** Fadiga. Monitoramento. Saúde aplicada ao esporte. Computação Móvel e Ubíqua. Sensores. Health applied to sport.



## **ABSTRACT**

The injuries can be considered as the main factor for the removal of athletes from their sports. Muscle fatigue is considered one of the causative factors of musculoskeletal injuries caused by repetitive movements, time and unusual effort employed by the athlete during the activity in which he was subjected. It results in symptoms such as muscle pain, difficulty moving, irritation, inflammation and difficulty sleeping and can progress to more serious cases such as injuries. This paper presents the architecture, design and development of FatiguEYE, a multiplatform application to support the monitoring of soccer athletes, to detect the degree of fatigue by collecting vital signs and inference of context information. The model makes use of various sensors to collect such data and transmits them to the application server via the HTTP protocol usage, with the use of web services to provide this information to users. To achieve this goal, studies were conducted related to fatigue concepts applied to sports, and insights in computational and technological concepts such as mobile and ubiquitous computing and service-oriented computing. Also works related to the theme were addressed in order to generate a theoretical basis for the foundation of this model.

**Keywords:** Fatigue. Monitoring. Mobile and Ubiquitous Computing. Sensors.



## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Modelo de Web Service sofisticada com três atores . . . . .	38
Figura 2 – FatiguEYE - Modelo de arquitetura . . . . .	45
Figura 3 – Diagrama de sequência para consultar dados vitais do atleta . . . . .	46
Figura 4 – Gráfico e estatística da temperatura corporal . . . . .	48
Figura 5 – Configurações de alerta de risco . . . . .	48
Figura 6 – Fluxograma do controle de alerta de risco . . . . .	49
Figura 7 – FatiguEYE - Diagrama de caso de uso da aplicação . . . . .	50
Figura 8 – FatiguEYE - Diagrama de classe . . . . .	53
Figura 9 – FatiguEYE - Diagrama de Entidade Relacional . . . . .	54
Figura 10 – FatiguEYE - Modelo de interface . . . . .	55
Figura 11 – FatiguEYE Metodologia - Etapas . . . . .	57





## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Escala de 15 graus de Borg . . . . .	31
Tabela 2 – Desafios e motivações da computação ubíqua . . . . .	34
Tabela 3 – Comparação entre os trabalhos relacionados . . . . .	44
Tabela 4 – Comparação entre os trabalhos relacionados e o modelo proposto . . . . .	62



## **LISTA DE ABREVIATURAS**

ubicomp    ubiquitous computing



## LISTA DE SIGLAS

SOC	Service-Oriented Computing - Computação Orientada a Serviços
UDDI	Universal Description, Discovery, and Integration - Descrição, Descoberta e Integração Universal
TI	Tecnologia da Informação
XML	eXtensible Markup Language - Linguagem de marcação estendida
HTTP	Hypertext Transfer Protocol - Protocolo de Transferência de Hipertexto
SOAP	Simple Object Access Protocol - Protocolo Simples de Acesso a Objetos
REST	Representational State Transfer - Transferência de estado representacional
JSON	JavaScript Object Notation - Notação de Objetos JavaScript
WSDL	Web Services Description Language - Linguagem de Descrição de Serviços Web
RF	Requisito Funcional
RNF	Requisito Não Funcional



## LISTA DE SÍMBOLOS

°C Graus Celsius





## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO</b>	<b>25</b>
1.1	Contexto e motivação	25
1.2	Problema	26
1.3	Delimitação do Trabalho	27
1.4	Objetivos	27
1.4.1	Objetivo geral	27
1.4.2	Objetivos específicos	27
<b>2</b>	<b>REFERENCIAL TEÓRICO</b>	<b>29</b>
2.1	Fadiga	29
2.1.1	Tipos de Fadiga	29
2.1.2	Causas e Efeitos	30
2.2	Fadiga no Futebol	30
2.2.1	Variáveis	30
2.3	Computação Móvel e Ubíqua	33
2.3.1	Ciência do Contexto	35
2.3.2	Ciência da Situação	35
2.4	Saúde Ubíqua	36
2.5	Computação Orientada a Serviços	36
2.5.1	Web Services	37
2.6	Arduino e Sensores	39
2.6.1	Sensores	39
<b>3</b>	<b>TRABALHOS RELACIONADOS</b>	<b>41</b>
3.1	Internet of Things for Sports (IoTSport): An Architectural Framework for Sports and Recreational Activity	41
3.2	Wearable ECG System for Health and Sports Monitoring	41
3.3	Development of a Fatigue-Tracking System for Monitoring Human Body Movement	42
3.4	Development of a Point-of-Care Medical Device to Measure Head Impact in Contact Sports	42
3.5	Comparação entre os trabalhos relacionados	43
<b>4</b>	<b>MODELO PROPOSTO</b>	<b>45</b>
4.1	Arquitetura	45
4.2	Modelo de Comunicação	46
4.3	Predição da Fadiga	47
4.4	Requisitos	50
4.4.1	Funcionais	50
4.4.2	Não Funcionais	51
4.5	Modelo de Dados	52
4.6	Modelo de Interface	52
<b>5</b>	<b>METODOLOGIA</b>	<b>57</b>
5.1	Desenvolvimento	57
5.2	Avaliação	58

<b>6 CONCLUSÃO</b> . . . . .	<b>61</b>
<b>6.1 Comparação entre trabalhos relacionados e o modelo proposto</b> . . . . .	<b>61</b>
<b>6.2 Trabalhos futuros</b> . . . . .	<b>61</b>
<b>REFERÊNCIAS</b> . . . . .	<b>63</b>

## 1 INTRODUÇÃO

*“The number one benefit of information technology is that it empowers people to do what they want to do. It lets people be creative. It lets people be productive. It lets people learn things they didn’t think they could learn before, and so in a sense it is all about potential.”*

Steve Ballmer

O presente trabalho trata sobre a arquitetura, projeto e desenvolvimento da FatiguEYE, uma aplicação multiplataforma para o apoio ao monitoramento de atletas do futebol, na detecção do grau de fadiga, através da coleta de sinais vitais e na inferência de informações de contexto.

A versatilidade das tecnologias de detecção e monitorização do ambiente é um dos fatores determinantes e significativos no mercado atual (TECHNAVIO, 2016). As numerosas áreas de aplicação incluem os ramos industrial, militar, agropecuária, saúde, entretenimento, assistência pessoal, esportes, entre outros. Sensores ambientais são utilizados para diversos fins, como para detecção de umidade, variações de temperatura, mudanças nas condições climáticas e detecção de gases poluentes por exemplo. Estas tecnologias são capazes de coletar diversos dados de um determinado fenômeno para, posteriormente serem contextualizados em uma aplicação. As principais tendências sobre os desenvolvimentos dessas tecnologias, estão relacionadas ao aperfeiçoamento dos componentes dos sensores, miniaturização das plataformas, baixar o custo dos materiais e da produção, reduzir o consumo de energia e aprimoramento das técnicas de monitoramento (PRNEWSWIRE, 2016). O mercado global de sensoriamento ambiental e tecnologias de monitoramento projeta alcançar um valor de 17,4 bilhões de dólares em negócios até 2020 (LEADER, 2016).

Dado o cenário apresentado, existe uma demanda na aplicação destas tecnologias ao esporte, onde é possível realizar a obtenção em tempo real de dados como: frequência cardíaca, temperatura, velocidade e distância percorrida, de um atleta durante a sua atividade. A FatiguEYE propõe com estas informações, que técnicos, preparadores físicos e profissionais da área médica possam realizar análises de desempenho, mudanças de estratégias e fazerem predições sobre a saúde física de seus atletas, minimizando assim os riscos com lesões e fadiga muscular.

### 1.1 Contexto e motivação

As lesões podem ser consideradas como o principal fator para o afastamento de atletas de suas modalidades esportivas (ROSE; TADIELLO; ROSE, 2006). Esse afastamento é prejudicial, pois influencia diretamente no seu desempenho físico e técnico, além dos possíveis prejuízos psicológicos, já que a recuperação pode ser demorada, exigindo muita paciência e cautela para voltar à atividade. Segundo Putukian (2016), para alguns atletas, a resposta psicológica à lesão, pode desencadear graves problemas de saúde mental, tais como depressão, ansiedade,

distúrbios alimentares e o uso de drogas.

Em se tratando de um atleta de alto nível, o prejuízo causado por uma lesão pode ser considerado abissal, pois acarreta em afastamento de competições ou seleções, afetando sua carreira e podendo até provocar o abandono precoce da profissão. Além disso, conseqüentemente a equipe ao qual está vinculado também é afetada, já que não pode contar com sua participação em competições, o que pode impactar no desempenho técnico e na obtenção resultados. Outro revés que sua ausência pode causar, está relacionado a uma baixa motivação para atração de público aos eventos esportivos ou ainda envolvendo negociações de transferências com outras entidades, o que acaba afetando diretamente no quadro financeiro da equipe. Para se ter uma ideia de valores do quão impactante podem ser, conforme citado por Da Fonseca et al. (2007), estudos internacionais reportaram gastos em torno de 20 milhões de dólares anuais com atletas profissionais de futebol, afastados devido a lesões decorrentes de sua prática.

Cada esporte tem suas características próprias de tempo, espaço, dinâmica e exigências físicas, o que pode caracterizar o tipo de lesão mais frequente em cada um deles (ROSE; TADIELLO; ROSE, 2006). A natação por exemplo, por ser um esporte onde não exista nenhum tipo de contato físico com o adversário, terá certamente diferentes tipos lesões se comparados ao boxe, onde o contato físico é constante.

Conforme afirma Silva et al. (2006), a fadiga muscular é considerada um dos fatores causadores de lesões musculoesqueléticas, provocada pela repetição de movimentos, tempo e esforço não habituais, empregados pelo atleta durante a atividade em que fora submetido. Ela resulta em sintomas como: dores musculares, dificuldade em se movimentar, irritações, inflamações e problemas para dormir e que podem evoluir para casos mais graves como lesões. Além disso fatores externos como temperatura do ambiente, condições climáticas, pressão atmosférica e condições do local em que será praticada a atividade também influenciam no desempenho de um atleta e podem ser propícios para a diminuição do rendimento físico.

## **1.2 Problema**

No Brasil cerca de 54,1% dos brasileiros praticam alguma atividade física, mas a maioria faz isso sem qualquer orientação (90,3%) (DIESPORTE, 2015). Esta prática pode levar pessoas a sofrerem com desgaste físico e propiciar indesejáveis lesões, o que são extremamente prejudiciais às suas vidas por diversos fatores. O uso da tecnologia neste cenário, agiria como uma espécie de ponte entre atletas e profissionais da saúde e treinadores, onde os dados coletados por sensores servirão de apoio para realizar predições sobre seu estado de saúde. Para Ghasemzadeh et al. (2009), atletas de todos os esportes podem se beneficiar imensamente com sistemas de feedback para melhorar a qualidade de seus treinos.

### **1.3 Delimitação do Trabalho**

Levantamento teórico sobre a definição, os sinais vitais e informações de contexto que são os causadores da fadiga muscular em atletas do futebol; a pesquisa de tecnologias e transmissão de informações de sensores para com serviços e aplicações; a construção de uma aplicação multiplataforma de apoio a profissionais da saúde do esporte para auxiliar na detecção do grau de fadiga.

### **1.4 Objetivos**

Esta seção apresenta os propósitos do estudo e do projeto de desenvolvimento da FatiguEYE através do objetivo geral e objetivos específicos.

#### **1.4.1 Objetivo geral**

Criação de um modelo multiplataforma (Windows, Android, iOS) para monitorar os sinais vitais e com inferência de informações do contexto, que realiza mensurações sobre o grau de desgaste físico que um atleta do futebol apresenta durante a partida. Usando tecnologias de sensores para coleta de dados e transmitindo informações através de web services para a aplicação principal.

#### **1.4.2 Objetivos específicos**

- (a) Estudo sobre os conceitos relacionados às áreas da saúde humana em específico aplicadas ao esporte
- (b) Pesquisar quais variáveis serão relacionadas para determinar o grau de fadiga muscular
- (c) Estudo sobre os modelos de serviço e comunicação entre sensores e aplicação
- (d) Pesquisar uma possível arquitetura de uma aplicação com sensores
- (e) Projetar e implementar um protótipo para esta aplicação
- (f) Demonstrar e medir a eficiência do protótipo
- (g) Levantar possíveis problemas e soluções para o modelo estudado



## 2 REFERENCIAL TEÓRICO

*“My advice is to first ignore everything the politicians, lawyers and lobbyists have to say about health care. Real innovation and solutions will happen from the private sector and entrepreneurs who will reinvent how health care is delivered and make the industry more affordable...”*

John Sculley

Neste capítulo serão abordados os conceitos teóricos sobre saúde e tecnologia que foram relevantes e que serviram de base para a construção deste trabalho.

As seções 2.1 e 2.2 definem os conceitos de fadiga, apresentam alguns fatores que contribuem para o seu surgimento no futebol e relatam quais são os efeitos que podem causar no corpo humano. A seção 2.3 introduz os conceitos de Computação Móvel e Ubíqua, além de tratar sobre Ciência do Contexto e da Situação. A seção 2.4 aborda rapidamente os conceitos de Saúde Ubíqua. A seção 2.5 refere-se a arquitetura orientada a serviços e se aprofunda nos conceitos de Web Service e suas diferentes formas de comunicação. Finalmente a seção 2.6 trata de sensores que são utilizados para a coleta de informações.

### 2.1 Fadiga

Há muitos anos a fadiga é objeto de pesquisas, debates e teorizações. Segundo Phillips (2015), apesar de a primeira publicação relacionada ter mais de um século (MOSSO, 1915 apud PHILLIPS, 2015), o termo ainda carece de uma definição universalmente aceita e ocasionalmente é confundido com cansaço. O mesmo autor ainda relata que seu surgimento está relacionado a um conjunto de complexos fatores decorrentes de um determinado evento e que pode sofrer variações conforme o indivíduo.

#### 2.1.1 Tipos de Fadiga

Na fisiologia, a fadiga pode ser descrita como a incapacidade de uma pessoa exercer suas atividades corriqueiras de forma habitual, por causa de um aumento descomunal do esforço físico ou mental.

A fadiga muscular é causada pelo esforço extremo e repetitivo dos músculos, onde a intensidade da atividade física, os fatores ambientais (temperaturas muito elevadas ou baixas, por exemplo), e a condição das fibras musculares, também são exemplos de variáveis que podem definir o grau da fadiga muscular. Para Santos et al. (2008), a fadiga muscular pode ser caracterizada como o declínio do desempenho muscular durante o exercício.

A fadiga mental está associada ao stress, oriundo do esforço constante e repetitivo do cérebro em atividades intelectuais ou que necessitam de um alto nível de concentração, que contribuem

para o esgotamento mental.

### 2.1.2 Causas e Efeitos

A fadiga pode estar relacionada a falta de condicionamento, esgotamento físico, distúrbios de sono ou induzida por medicamentos.

Conforme Phillips (2015), um dos modificadores primários de fadiga é a natureza do exercício e as exigências associadas a ele. No entanto, a causa da fadiga pode também ser influenciada pelo sexo, estado de treinamento, idade, saúde, além de outras variáveis. Adicionalmente Ascensão et al. (2003), explicam que manifestações da fadiga resultam na incapacidade de manter uma determinada intensidade em exercícios, à diminuição da velocidade de contração e o aumento do tempo de relaxamento musculares. Silva et al. (2006) ainda ressaltam, que a fadiga pode resultar em sintomas como: dores musculares, dificuldade em se movimentar, irritações, inflamações e problemas para dormir e que podem evoluir para casos mais graves como lesões.

É descrito por Phillips (2015), que a fadiga surge em resposta as variações não habituais dos sinais vitais no corpo humano e que ocorre de forma gradual como uma espécie de trava de segurança, para impedir que o corpo e o cérebro sejam expostos a sérios problemas de saúdes como hipertermia catastrófica, dano as células ou causar colapsos.

## 2.2 Fadiga no Futebol

Nesta seção são analisadas algumas das complexas variáveis que contribuem para o surgimento da fadiga no futebol e que serviram de base para a construção do modelo proposto neste trabalho. É importante ressaltar que os valores atribuídos a estas variáveis variam de pessoa a pessoa, por questões genéticas e de saúde, logo duas pessoas expostas as mesmas condições e realizando a mesma atividade, podem apresentar sinais de fadiga em diferentes momentos.

De acordo com Phillips (2015), esportes coletivos em campo, como: futebol, rúgbi e hockey na grama, têm o trabalho de baixa intensidade como predominante (e.g. ficar de pé, caminhar e trotar). Ainda segundo o autor, a principal diferença entre esses esportes e exercícios submáximos prolongados (maratonas por exemplo) são os requerimentos para ativar rapidamente os músculos esqueléticos por curto período. Devido a esta característica, os estudiosos do assunto associaram duas formas de fadiga durante este tipo de atividade: Fadiga transitória – fadiga temporária que ocorre após atividades de alta intensidade; Fadiga progressiva – relacionada a distância total percorrida durante a partida.

### 2.2.1 Variáveis

Autores como Phillips (2015) e Bangsbo, Iaia e Krustup (2007) citam que o surgimento da fadiga durante e após as partidas de futebol, está relacionada com a depleção de energia



ATP, perda de glicogênio, geração de ácidos metabólicos, produção insuficiente de lactato e a taxa de transporte e metabolização de oxigênio para o corpo. Embora sejam variáveis de suma importância para a predição da fadiga, não serão abordadas neste trabalho pois em sua maioria necessitam de amostras sanguíneas para obter um resultado preciso, tornando o procedimento extremamente complexo para que suas coletas sejam efetuadas em tempo real. Mediante a isso, serão analisadas outras variáveis que também apresentam grande valia na predição da fadiga.

### 2.2.1.1 Frequência cardíaca

A frequência cardíaca (ou pulso) é o número de vezes que o coração bate por minuto. A frequência cardíaca varia de pessoa para pessoa, mas normalmente é de 60 a 100 vezes por minuto quando em repouso. Os melhores lugares para encontrar esta medida são: os pulsos, o interior do cotovelo, ao lado de seu pescoço e parte superior do pé (TARGET HEART RATE, 2016).

A frequência cardíaca máxima (FCM) reflete o ritmo de intensidade que pode ser aplicado a atividades físicas. Existem divergências de como mensurá-la, a mais comum é pela fórmula:  $220 - idade$  (TARGET HEART RATE, 2016).

Phillips (2015) relata que a frequência cardíaca média em jogos coletivos de campo é de aproximadamente de 75 a 95 % da frequência cardíaca máxima. O mesmo autor explica que caso a frequência atinja valores abaixo do normal, podem ser indicações de problemas cardíacos e resultar principalmente em tonturas, cansaço ou falta de ar ou em casos extremos, uma parada cardíaca. Caso os valores estejam situados acima do normal, podem causar colapsos.

Uma das maneiras de medir o quão intensa a atividade física praticada está sendo, é através da utilização da escala de Borg, que determina o esforço percebido, cujo o fator primário empregado é frequência cardíaca dividido pela constante 10, resultando em uma taxa que pode ser analisada conforme Tabela 1.

Tabela 1 – Escala de 15 graus de Borg

<b>Taxa</b>	<b>Esforço</b>	<b>Exemplo</b>
6	Nenhum	Ler um livro
7-8	Extremamente leve	Calçar sapatos
9-10	Leve	Dobrar roupas
11-12	Moderado	Caminhadas leves
13-14	Acima do normal	Empurrar um armário leve
15-16	Intenso	Pedar / Nadar
17-18	Muito intenso	Atividade de esforço constante e de longa duração (e.g. Futebol)
19-20	Extremo	Atividade de explosão, onde a energia empregada é extrema e dura pouco tempo (e.g. Corrida de 100 metros livres)

Fonte: (THE BORG SCALE OF PERCEIVED EXERTION, 2016)

Conforme citação de Borg (1982):

"Durante as últimas décadas nos tornamos mais interessados em saber como as pessoas se sentem, quais dores sentem, e a intensidade em que seus esforços são percebidos. A maioria dos cientistas e profissionais em ciências da saúde, concordam que é importante compreender sintomas subjetivos e como eles se relacionam com conclusões objetivas. Portanto, devemos desenvolver métodos para quantificar estes sintomas subjetivos. Os métodos devem ser igualmente aplicáveis à maioria das pessoas, independentemente de sexo, idade, circunstâncias e origem."

#### 2.2.1.2 Tempo de atividade

Bangsbo, Iaia e Krstrup (2007), relatam que experimentos realizados sobre determinados jogadores, mensurados com intervalos de tempo de quinze minutos durante toda a partida de futebol (aos 15, 30, 45, 60, 75 e 90 minutos) e 15 minutos após o término da mesma, demonstraram uma depleção gradual de líquidos e nutrientes do corpo, atingindo valores mais acentuados aos 30 e 75 minutos.

Segundo Bangsbo, Mohr e Krstrup (2006), a distância típica percorrida por um jogador de alto nível durante a partida fica em torno de 10-13 km, sendo aqueles que atuam nas posições de meio campo atingem os valores mais elevados, em contrapartida os goleiros atingem de 2 a 4 km.

Phillips (2015) aponta que as circunstâncias do jogo (e.g. um time jogar com um atleta a menos) e o esquema tático aplicado, podem contribuir para o aumento dos indicadores de percepção de fadiga.

#### 2.2.1.3 Temperatura corporal

A temperatura corpórea média situasse entre 36.5°C a 37.5°C, com variação aproximada de 0.1°C dependendo do local do corpo onde a medição é feita. Alterações neste quadro podem refletir no surgimento de anomalias e sintomas prejudiciais à saúde.

Quando ocorre a anormal elevação da temperatura corpórea acima dos 37.5°C, podem ser características do surgimento de febre ou um estado de hipertermia. Hipertermia e febre (como parte de uma doença) ambas envolvem uma elevação da temperatura do núcleo corpóreo, mas não são a mesma coisa, têm diferentes causas e são reguladas de maneiras diferentes. A febre ocorre quando o imunológico específico das células eleva temperatura do núcleo corpóreo em resposta a substâncias infecciosas presentes no organismo. Já o estado hipertermia se caracteriza quando o ganho de calor corpóreo durante atividades físicas é superior à sua liberação. Muitas vezes a desidratação é um dos fatores que contribui para a desenvolvimento de hipertermia, uma vez que a água desempenha papéis fundamentais para o funcionamento do organismo. (PHILLIPS, 2015).

Phillips (2015), relata que há boas evidências que mostram que a hipertermia reduz a capacidade de produzir a força muscular e reduz a vontade de se exercitar. Além disso, durante o

exercício em hipertermia, a atividade metabólica cerebral sofre aumentos na sua taxa padrão, porém isso causa reduções no fluxo sanguíneo e diminuição da atividade elétrica para o cérebro, além de diminuir a entrega de oxigênio ao corpo. Estas alterações estão associadas com um aumento progressivo na percepção de esforço no exercício.

#### 2.2.1.4 Condições do ambiente

As variações climáticas e condições do ambiente onde o esporte será praticado, refletem em diferentes análises para a percepção de fadiga no corpo humano, sendo necessário que atletas tenham uma prévia adaptação antes da realização das atividades físicas.

Ambientes frios, com a incidência de vento, chuva ou neve, em alguns casos extremos, podem afetar a temperatura corpórea do atleta, refletindo na entrada de um estado de hipotermia, ou seja, a temperatura abaixo de 36.5°C, o que resulta na dificuldade do trabalho respiratório, tremores, dormência de membros, diminuição da atividade cardíaca e diminuição de energia (PHILLIPS, 2015).

Ambientes quentes e úmidos são desafiante para que o núcleo corpóreo mantenha sua temperatura normal, isto porque o calor eleva a temperatura da pele, reduzindo a diferença entre eles, tornando mais difícil o processo de transferência de calor. Quando a umidade do ambiente é adicionada na equação, a perda de calor por evaporação é imensamente prejudicada, pois o suor da superfície da pele não consegue facilmente vaporizar para o ar (PHILLIPS, 2015).

Algumas pesquisas apontam que durante exercícios no calor, pessoas cessavam suas atividades voluntariamente quando o núcleo central atingia temperaturas próximas de 40°C, induzidas por fatores como: motivação, resultados do treinamento, não aclimatação do calor e hidratação (PHILLIPS, 2015).

### 2.3 Computação Móvel e Ubíqua

O crescente uso de dispositivos móveis e a expansão das tecnologias de redes sem fio, resultaram em diversas pesquisas relacionadas a computação móvel e ubíqua. Neste contexto, como área da saúde pode ser considerada um dos principais alvos para o uso desse conceito, o presente modelo proposto emprega estas ideologias a fim de que sensores utilizados para capturar dados vitais de um atleta em meio a sua atividade e também do ambiente ao seu redor, transmitam essas informações através de redes sem fio para aplicações que podem ser acessadas em diversas plataformas, a qualquer momento e lugar, onde serão contextualizadas e servirão de apoio aos profissionais envolvidos.

A computação ubíqua é um termo que foi descrito por Weiser (1991) como:

"As mais profundas tecnologias são aquelas que desaparecem. Elas se tecem no tecido da vida cotidiana até que sejam indistinguíveis dela."

O autor ainda vislumbrava a ideia de "uma pessoa, muitos computadores". O pensamento não era focado em números, mas sim atender diferentes tarefas.

Conforme Coulouris et al. (2011), a computação móvel e ubíqua surgiu devido à miniaturização dos dispositivos e da conectividade sem fio. De modo geral, a computação móvel ocupa-se da exploração da conexão de dispositivos que se movimentam no mundo físico cotidiano; a computação ubíqua diz respeito à exploração da integração cada vez maior dos dispositivos de computação como nosso mundo físico. À medida que os equipamentos se tornam menores, fica mais fácil levá-los conosco ou vesti-los, e podemos incorporá-los em muitas partes do mundo físico - e não apenas no já comum desktop ou no rack de um servidor. E, à medida que a conectividade sem fio se torna predominante, podemos conectar melhor esses novos e pequenos dispositivos uns com os outros, com computadores pessoais e com servidores convencionais.

Para Costa, Yamin e Geyer (2008), na ubicomp, usuários trocam de dispositivos frequentemente, mas as aplicações do usuário e dados devem sempre estar disponíveis. Os mesmos autores ainda afirmam que, o usuário é o recurso mais importante em um sistema, e mantendo-o concentrado a tarefa pode promover a invisibilidade. Costa, Yamin e Geyer (2008), citam os desafios e motivações relacionados na área da computação ubíqua, conforme Tabela 2.

Tabela 2 – Desafios e motivações da computação ubíqua

<b>Desafio</b>	<b>Motivação</b>
Heterogeneidade	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Permitir uma variedade de serviços</li> <li>● Prover diferentes tipos de dispositivos, redes, sistemas e ambientes</li> </ul>
Escalabilidade	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Permitir implementações em larga escala</li> <li>● Aumentar o número de usuários e recursos</li> </ul>
Dependabilidade e segurança	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Evitar falhas que são mais frequentes e mais graves do que o aceitável</li> <li>● Proporcionar disponibilidade, confidencialidade, confiabilidade, segurança, integridade e manutenção</li> </ul>
Privacidade e confiança	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Proteção contra a má utilização de dados pessoais</li> <li>● Definir a confiabilidade de componentes que interagem</li> </ul>
Interoperabilidade espontânea	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Permitir a interação com um conjunto de componentes que podem alterar tanto a identidade e funcionalidade</li> <li>● Permitir associação e interação</li> </ul>
Mobilidade	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Fornecer acesso a aplicação e dados em qualquer lugar, a qualquer hora</li> <li>● Permitir que o ambiente do usuário seja levado consigo</li> </ul>
Ciência do contexto	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Perceber a situação do usuário e o que está ao seu redor.</li> <li>● Inferir informações de contexto</li> </ul>
Gestão do contexto	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Modificar o comportamento do sistema, baseada na informação do contexto percebido</li> <li>● Adaptar-se a situação atual</li> </ul>
Interação transparente com o usuário	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Trazer a interface de usuário para o mundo real</li> <li>● Permitir que usuário foquem em tarefas com o mínimo de distração</li> </ul>
Invisibilidade	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Permitir que usuários foquem em tarefas, não em ferramentas</li> <li>● Fazer com que a computação desapareça e fique em segundo plano</li> </ul>

Fonte: (COSTA; YAMIN; GEYER, 2008)

Para Boytsov (2012), ciência do contexto é uma característica fundamental da computação ubíqua. Por exemplo, sistemas de ambientes inteligentes (como casas inteligentes ou escritórios inteligentes), redes sociais e aplicações de micro marketing, utilizam amplamente métodos de ciência do contexto. A Ciência do contexto em alto nível pode ser caracterizada como a ciência da situação, ou seja, reconhecimento das situações da vida real.

### 2.3.1 Ciência do Contexto

A idealização de aplicações que usem o contexto de computação ubíqua é descrita da seguinte maneira por Costa, Yamin e Geyer (2008):

"Queremos um sistema que não precise de configurações manuais ou estáticas e que podem encontrar recursos necessários em qualquer ambiente, a qualquer momento."

Dey (2001), descreve ciência do contexto da seguinte forma:

"Contexto é qualquer informação que pode ser usada para caracterizar a situação de uma entidade. Uma entidade é uma pessoa, lugar, ou objeto que é considerado relevante para a interação entre o usuário e a aplicação, incluindo o próprio usuário e aplicação."

O mesmo autor cita três categorias das características que uma aplicação que faz uso da ciência do contexto, pode prover:

- apresentação de informações e serviços a um do utilizador
- execução automática de um serviço para um usuário
- marcação de contexto à informação para apoiar recuperação posterior

Dessa forma, a ciência do contexto visa permitir uma melhor prestação de serviços através da adaptação proativa do uso, acesso, estrutura e comportamento de informação, aplicações de serviços e recursos físicos no que diz respeito à informação de contexto disponível (SOYLU; CAUSMAECKER; DESMET, 2009).

### 2.3.2 Ciência da Situação

Baumgartner et al. (2010), descreve a ciência da situação da seguinte forma:

"A ciência da situação significa a compreensão dos eventos relacionados com uma entidade e seu contexto em uma situação concreta, determinando o seu

papel. Dessa forma, a situação poderia ser vista como uma série de acontecimentos que evolui para relações mais sofisticadas entre entidades (ou mesmo situações). As situações mudam com certa probabilidade de uma condição para outra (ou para a mesma) de acordo com os eventos recebidos, por isso, pretende-se prever qual é a situação atual e qual será a próxima."

Endsley (1995) especifica que a ciência da situação é um conceito para descrever o conhecimento dos usuários sobre um ambiente dinâmico, a percepção dos elementos no ambiente dentro de um volume de tempo e espaço, a compreensão do seu significado, e a projeção do seu estado em um futuro próximo.

## **2.4 Saúde Ubíqua**

O presente trabalho faz uso dos conceitos de saúde ubíqua para realizar a predição da fadiga em atletas, através do uso de dispositivos para monitoramento de sinais vitais, a fim de apoiar profissionais da área da saúde, através da contextualização de informações em uma aplicação computacional.

Um sistema de saúde ubíqua (u-health) é descrito por Kim et al. (2012) como um sistema que monitora e provê serviços médicos, como diagnósticos e tratamentos, a partir de uma coleta de dados vitais de sensores sem fio, sem necessidade de um médico no local e independentemente da localização do paciente.

Monitoramento de saúde remota normalmente envolve duas etapas: 1) coleta de parâmetros de saúde de interesse dos pacientes e 2) a transferência desses dados aos prestadores de cuidados de saúde ou cuidadores do paciente. A primeira fase é tipicamente realizada de forma manual ou automática. Na abordagem manual, a leitura dos dados dos pacientes é feita através de sensores anexados ao corpo ou de ferramentas de apoio, que são reportadas para uma interface em dispositivos móveis através de mensagens ou da internet. Na abordagem automática, dispositivos móveis coletam dados automaticamente através da comunicação direta com sensores corporais, sem a interferir nas atividades do paciente. A segunda fase é feita depois da coleta dos dados requeridos, onde dispositivos móveis comunicam estes dados para centros de monitoramento de saúde. Uma amostra de dados pode ser enviada em uma base regular ou um cuidador autorizado pode consultar o sistema para uma leitura em tempo real dos parâmetros de interesse (ELGAZZAR et al., 2012).

## **2.5 Computação Orientada a Serviços**

No presente trabalho, a forma escolhida para que os dados coletos, possam ser transmitidos entre o servidor que os armazena e consumidos pela aplicação, são realizadas através do uso de técnicas da computação orientada a serviços.

Computação Orientada a Serviços (SOC) é um paradigma computacional que utiliza servi-

ços como um elemento fundamental para o desenvolvimento de aplicações/soluções. Os serviços são auto descritos, com elementos computacionais independentes de plataforma que provem composição rápida e de baixo custo de aplicações distribuídas. Os serviços executam funções que variam de simples requisições até complicados processos de negócios (PAPAZOGLU, 2003).

São considerados um avanço na computação distribuída, pois serviços provém a distribuição uniforme e ubíqua de informações para uma ampla gama de dispositivos computacionais (tais como computadores portáteis, PDAs, telefones celulares) e plataformas de software (e.g. UNIX ou Windows) (PAPAZOGLU, 2003).

Neste paradigma existem dois atores:

- Provedor: organizações que desenvolvem, disponibilizam, prestam suporte e mantêm o serviço com todas as suas descrições técnicas que contemplam informações tecnologias e de negócio.
- Consumidor/Cliente: Outras soluções/aplicações que consomem os serviços disponibilizados pelos provedores.

Papazoglou (2003) descreve os requisitos para satisfazer o uso deste paradigma:

- Tecnicamente neutro: Devem ser invocáveis através tecnologias padronizadas menor denominador comum que estão disponíveis para quase todos os ambientes de TI. Isto implica que os mecanismos de invocação (protocolos, descrições e mecanismos de descoberta) devem respeitar as normas amplamente aceitas.
- Fracamente acoplado: Não devem exigir conhecimentos de quaisquer estruturas internas ou convenções (contexto) no cliente ou lado do serviço.
- Suporte à transparência de localização: Serviços devem ter suas definições e informações de localização armazenadas em um repositório tais como UDDI e ser acessível por uma variedade de clientes que podem localizar e chamar os serviços independentemente da sua localização.

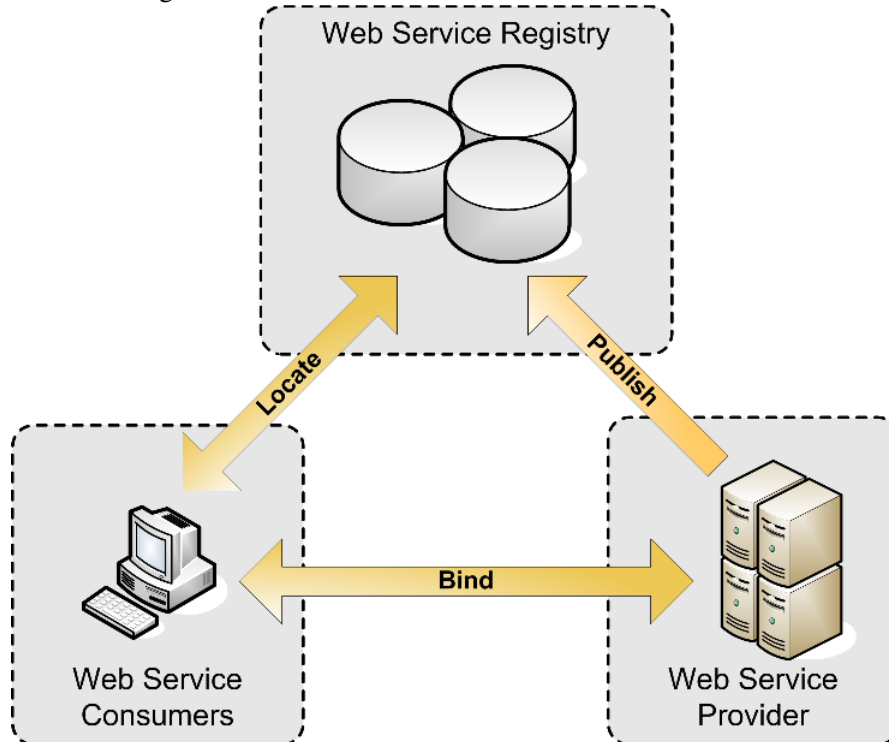
### 2.5.1 Web Services

Os Web Services são bastante utilizados em aplicações de comércio eletrônico e de negócios. Um bom exemplo é a integração com serviços que possibilitem ao usuário receber a cotação atual da moeda americana.

Conforme descrito por Coulouris et al. (2011), um serviço web (web service) fornece uma interface de serviço que permite aos clientes interagirem com servidores de uma maneira mais geral do que acontece com os navegadores web. Os clientes acessam as operações na interface de um serviço web por meio de requisições e respostas formatadas em XML e normalmente,

transmitidas por HTTP. As operações de um serviço web podem ser fornecidas por uma variedade de recursos diferentes, por exemplo, programas objetos ou banco de dados. Um serviço web pode ser gerenciado por um servidor web, junto com páginas web, ou pode ser um serviço totalmente separado. Em web services mais sofisticadas, existe a figura do registrador que age como um intermediador para a publicação e localização dos serviços, conforme demonstrado na Figura 1

Figura 1 – Modelo de Web Service sofisticada com três atores



Fonte: Baltopoulos (2005)

A WSDL é um arquivo em formato XML que descreve todas as informações necessárias para se invocar e comunicar com a Web Service. Ela fornece respostas para as perguntas quem, o que, onde, como e porquê.

A forma de processamento das mensagens descritas por Web Services Explained (2016) e Baltopoulos (2005), podem se dar das seguintes maneiras:

#### 2.5.1.1 SOAP

SOAP fornece o envelope para o envio de mensagens de serviços da Web através da Internet. Este envelope pode conter duas partes:

- Um cabeçalho opcional para fornecer informações sobre autenticação, codificação de dados, ou como um destinatário de uma mensagem SOAP deve processar sua mensagem.
- O corpo que contém a mensagem. Estas mensagens podem ser definidas usando a espe-



cificação WSDL.

### 2.5.1.2 REST

REST é um estilo de uma arquitetura baseada em um conjunto de princípios que descrevem como os recursos de rede estão definidos e endereçados. Para uma aplicação ou arquitetura ser considerada REST é preciso que tenha as seguintes características:

- Estado e funcionalidade são divididos em recursos distribuídos.
- Cada recurso é exclusivamente endereçável usando um de forma uniforme e com um conjunto mínimo de comandos (normalmente usando comandos HTTP de GET, POST, PUT ou DELETE através da Internet).
- O protocolo é cliente / servidor, ausente de estado, em camadas, e suporte a caching.

### 2.5.1.3 JSON

Enquanto SOAP e REST usam XML para o intercâmbio de informações, JSON utiliza um subconjunto de códigos JavaScript, através do uso de pares de nome/valor.

## 2.6 Arduino e Sensores

A coleta de dados vitais na aplicação se dará através do uso do hardware Arduino e dos sensores acoplados a ele. Arduino é uma solução acessível financeiramente e com um propósito mais acadêmico e de grande abrangência, o popular Arduino (2016) é uma plataforma de prototipagem eletrônica de hardware com suporte a entrada/saída de outros dispositivos e que permite ao usuário, programá-la. Com o Arduino é possível construir uma estrutura similar a um sensor de rede sem fio para monitorar um determinado fenômeno, por exemplo com o uso de um módulo de termômetro acoplado a plataforma é possível medir a temperatura de um ambiente. Possui diferentes versões, todas com um propósito próprio, como é o caso do Arduino LilyPad, que pode ser costurado junto a um tecido de uma peça de roupa, caracterizando-o como um dispositivo vestível.

### 2.6.1 Sensores

Existem uma variedade de tipos e módulos de sensores que podem ser acoplados em uma placa Arduino, os que serão utilizados no presente trabalho são:

- (a) Temperatura (DS18B20): Sensor a prova de água que capta a temperatura em graus Celsius através do contato direto.

- (b) Temperatura e Umidade (DHT11): Sensor que capta a temperatura e umidade, ideal para ambientes. Captura temperaturas entre 0 e 50 graus Celsius e umidade entre 20% e 90%.
- (c) Pulso (Pulse Sensor): Sensor de frequência cardíaca
- (d) Giroscópio e Acelerômetro (MPU-6050): Sensor que capta movimentação e posicionamento de alta precisão.

### 3 TRABALHOS RELACIONADOS

Neste capítulo serão apresentados 4 trabalhos relacionados ao tema do presente trabalho, o critério de escolha foi a busca feita com base na pesquisa pelas palavras-chave: “fatigue in sports”, “sport health” e “wearable in sports”, em bases de dados da área de ciência da computação como ACM<sup>1</sup>, IEEE<sup>2</sup> e no buscador Google Acadêmico<sup>3</sup>. Na seção 3.5 será apresentado um quadro comparativo entre os 4 modelos, a fim de ressaltar os principais pontos de interesse para o desenvolvimento da arquitetura do presente trabalho.

#### 3.1 Internet of Things for Sports (IoTSport): An Architectural Framework for Sports and Recreational Activity

Um artigo indiano que aponta as diversas possibilidades em que internet das coisas pode ser aplicada em quesitos como saúde, bem-estar, esportes e atividades recreativas e no grande interesse do mercado em cima dessa área, porém destaca a importância da utilização de um padrão bem definido para as atividades de coleta de dados, monitoramento, uso de dispositivos vestíveis e interação com outras aplicações.

Denominado de framework IoTSport, Ray (2015), propõe o uso de um modelo arquitetural que é dividido em sete camadas distintas, que servem de guia para o desenvolvimento das aplicações. Começando dos níveis mais baixos, as camadas são as seguintes: A Physical Sensing Layer está relacionada ao uso de sensores para coleta de dados como temperatura corpórea e pressão arterial sanguínea. A Communication Protocol Layer compreende o uso de protocolos de comunicação de baixo consumo de energia como ZigBee e RF. A Data Processing Layer, onde os dados obtidos pelas camadas inferiores, são processados e enviados às camadas superiores. Na Internet Layer, a informação é direcionada para plataformas na nuvem ou em servidores através do uso de protocolos de internet como Wi-Fi e 3G/4G. A Storage and Preview Layer, consiste no uso de APIs designadas para o armazenamento das informações em plataformas na nuvem e também na utilização de aplicativos e plugins para a exibição do conteúdo em dispositivos baseados em sistemas Android e IOS. Visualization and Service Layer, serviços como análise de risco de lesões e ciência do contexto, podem ser apresentadas das mais variadas formas como o uso de figuras em 3D. E finalmente a User Application Layer, que é projetada para atender os interesses de usuários como atletas, treinadores e médicos.

#### 3.2 Wearable ECG System for Health and Sports Monitoring

Um artigo de origem grega que traz dados referentes à frequência de problemas cardíacos ocorridos no ocidente e que resultam em morte súbita e inesperada, oriundas de doenças

---

<sup>1</sup>Disponível em: <http://dl.acm.org/>

<sup>2</sup>Disponível em: <http://ieeexplore.ieee.org/>

<sup>3</sup>Disponível em: <https://scholar.google.com.br/>

cardiovasculares. Devido ao alto nível de estresse que é empregado sobre o corpo de atletas durante as intensas competições, estes podem vir a serem vítimas de paradas cardíacas, porém, o risco ainda é maior em pessoas que não estão acostumadas com prática de exercícios físicos (VALCHINOV et al., 2014).

Valchinov et al. (2014) propõe um dispositivo sem fio de um eletrocardiograma vestível para capturar dados, monitorar e enviar informações em tempo real através os protocolos de baixo consumo ANT e Bluetooth, à uma aplicação, para que médicos e técnicos realizem intervenções, caso o estado de um atleta se agrave durante a prática de sua atividade física. No artigo são especificados todos os dados técnicos que estão presentes na implementação deste dispositivo, como o circuito esquemático, tipo de placa, processador e modos de operação. Os experimentos foram aplicados a uma pessoa de 42 anos de idade, durante uma série de atividades físicas, com um enfoque maior no grau de confiabilidade da captura de dados e comunicação do dispositivo, o que resultou em índices satisfatórios.

### **3.3 Development of a Fatigue-Tracking System for Monitoring Human Body Movement**

Um artigo americano que relata os problemas de diminuição de rendimento do corpo humano causados pelo cansaço muscular, além de explicar os diferentes tipos de fadigas, onde ocorrem e os graus de riscos, mas que, quando prevenidos podem aprimorar a evolução muscular durante as atividades físicas e prevenir o risco de lesões. O monitoramento de fadiga muscular também é importante para prevenir o desgaste com o excesso de treinamento (over-training) e apontar a intolerância de alguns exercícios durante o processo de reabilitação para algumas pessoas (DONG; UGALDEY; EL SADDIK, 2014).

Dong, Ugaldey e El Saddik (2014) propõe também, um dispositivo para rastrear a fadiga muscular durante a atividade física, que é composto por um sensor de eletromiografia e um acelerômetro. Estes são anexados a uma pessoa para que, as informações coletadas sejam transmitidas diretamente a um computador, que também está conectado a estes sensores. Os dados, então são aplicados em fórmulas e resultam em coeficientes que são esboçados em gráficos para o usuário, que apontam o nível de estresse e força aplicada pelos músculos e, comparados às faixas ideais em que estes deveriam se situar.

Foram realizados experimentos com um grupo de 17 pessoas, sendo elas 10 homens e 7 mulheres, com o intuito de averiguar o grau de confiabilidade das informações que foram capturadas, comparado com outros diagnósticos, que se mostrou próximo ao esperado.

### **3.4 Development of a Point-of-Care Medical Device to Measure Head Impact in Contact Sports**

Um projeto feito por pesquisadores americanos que enfatiza que, anualmente um grande número de estudantes do colegial nos Estados Unidos sofre com concussões, ou seja, alteração

do status mental causada por um trauma na cabeça e que pode resultar em perda de consciência (AMBEKAR et al., 2013), decorrente de impactos causados em esportes de contato como futebol, rúgbi e boxe, devido ao fato que, os tecidos cerebrais não estejam totalmente desenvolvidos enquanto adolescentes, o que os torna mais suscetível a lesões cerebrais do que os adultos. Isto pode resultar em diminuição da atividade cerebral, desaceleração da recuperação neurológica, casos de depressão e até mesmo levar a óbito.

Ambekar et al. (2013) relata a existência de dispositivos que são restritos apenas a esportes que fazem o uso de capacetes e também do alto custo de softwares que realizam o monitoramento e análise de dados, por isso apresenta um protótipo denominado de CONLISUS que é um dispositivo portátil, de baixo custo e de fácil utilização para medir a aceleração linear e a duração dos impactos na cabeça em esportes de contato, e que são transmitidos para um computador, onde são feitas análises de dados. Os componentes do sistema são o seguinte: um microcontrolador, acelerômetros e um módulo ZigBee.

Para a análise do experimento, foi construído uma maquete que consiste na colisão de um carro que é projetado contra uma mola, com o intuito de imitar o dano de um impacto na região da cabeça. Os gráficos gerados apontam a variação decorrente da aceleração sobre o tempo, aplicadas a fórmulas de colisão.

### 3.5 Comparação entre os trabalhos relacionados

Com o objetivo de facilitar a comparação entre os trabalhos relacionados, foi elaborada a Tabela 3, contendo as principais diferenças entre os modelos apresentados, sendo relevantes para o modelo do presente trabalho. Foram analisados aspectos da arquitetura como seu modo de acesso e a comunicação entre os dispositivos de coleta e a aplicação, dados vitais que são coletados, interação com o usuário como emissão de alertas, exibição em tempo real e a persistência das informações que foram produzidas em um banco de dados, para que possam ser acessadas posteriormente. É importante frisar que o trabalho "Internet of Things for Sports (IoTSport): An Architectural Framework for Sports and Recreational Activity" não foi relacionado, pois se trata de um framework que descreve tecnologias e métodos de comunicação entre sensores e aplicações, ao contrário dos outros trabalhos cujo o principal enfoque é a demonstração e avaliação de uma aplicação real.

Um dos principais pontos é que todas as aplicações analisadas, apesar de distintas, transmitem informações vitais em tempo real, porém não consideram informações de contexto, como condições do ambiente, nem fazem a coleta da temperatura corporal da pessoa. As aplicações fazem o uso de no máximo 3 variáveis de dados vitais em suas fórmulas, tratando casos bem específicos. Além disso as aplicações não mostraram disponível, uma opção de consultas posteriores aos dados gerados, como uma forma de histórico, através de um banco de dados por exemplo. Outro ponto a destacar é que nenhuma das aplicações demonstrou fazer uso dos conceitos de computação móvel, tornando-as restritas a aplicações desktops.

Tabela 3 – Comparação entre os trabalhos relacionados

	Wearable ECG System for Health and Sports Monitoring	Development of a Fatigue-Tracking System for Monitoring Human Body Movement	Development of a Point-of-Care Medical Device to Measure Head Impact in Contact Sports
Modo de acesso	Desktop	Desktop	Desktop
Conexão	Bluetooth/ANT	Wireless TCP/IP	ZigBee
Sensor de batimento cardíaco	Sim	Sim	Não
Sensor de temperatura corporal	Não	Não	Não
Sensor de movimentação	Não	Sim	Sim
Sensor de força	Não	Sim	Sim
Emissão de alertas	Sim	Não	Não
Uso de banco de dados para consultas posteriores	Não	Não	Não
Coleta e exibição de dados em tempo real	Sim	Sim	Sim
Dados de contexto	Não	Não	Não

Fonte: Criado pelo autor

Baseado nas lacunas observadas, o presente trabalho busca integrar em uma única solução móvel multiplataforma, que utiliza a ciência do contexto e da situação, através de dispositivos para captura de sinais vitais e informações do ambiente para serem contextualizados em uma aplicação, que servirá de apoio à profissionais da saúde ligados ao esporte para a detecção da fadiga em atletas. A aplicação também contará com a possibilidade de parametrizações para emissão de alertas de risco, caso anormalidades na situação de saúde do atleta sejam percebidas. A próxima seção irá especificar e abordar o modelo proposto, trabalhando e desenvolvendo alternativas às lacunas identificadas nessa revisão de literatura

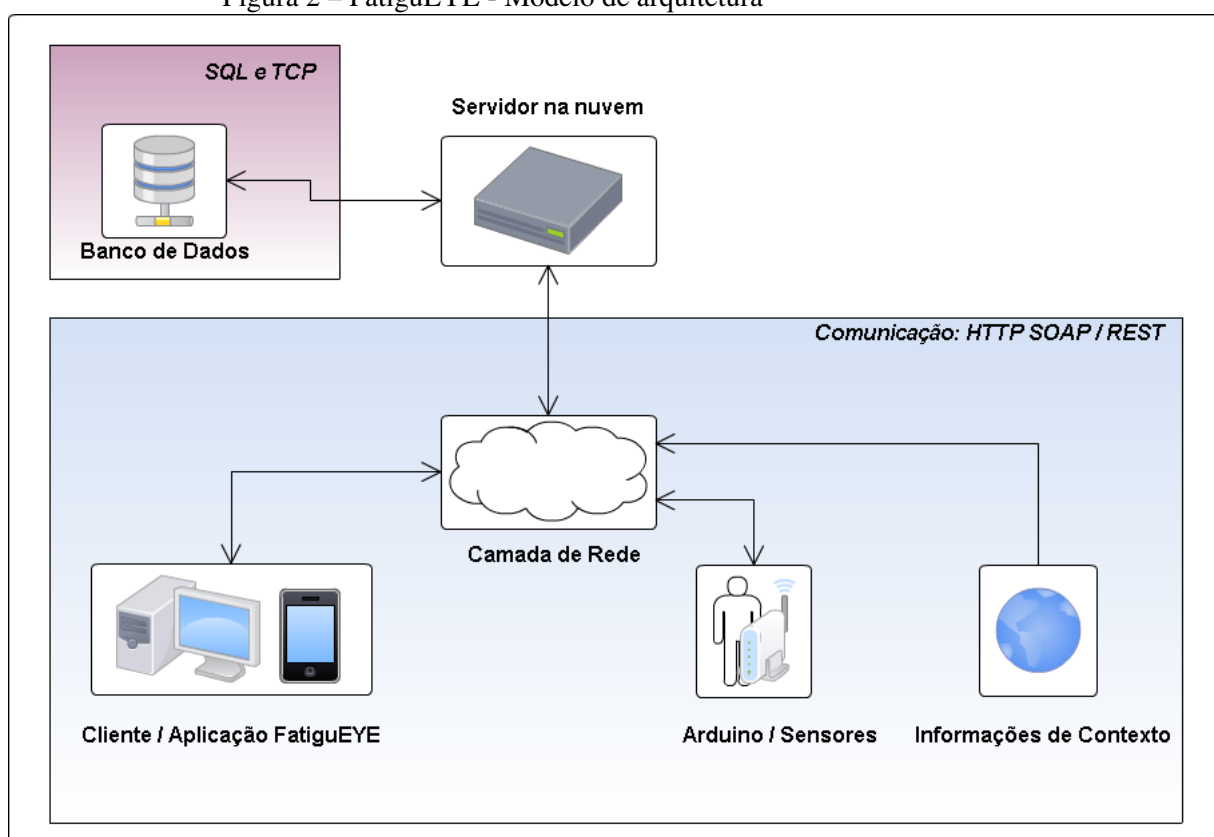
## 4 MODELO PROPOSTO

Este capítulo apresenta o modelo proposto para o desenvolvimento de uma aplicação para monitoramento e coleta de dados de um atleta durante a atividade física, para detectar o grau de desgaste físico e fadiga muscular. O esporte escolhido para a realização do modelo e dos experimentos foi o futebol, pois contempla uma vasta gama de informações que podem ser trabalhadas, tanto se tratando de dados vitais do atleta, como informações de contexto como condições do ambiente e clima ao qual a atividade será praticada.

### 4.1 Arquitetura

A aplicação FatiguEYE foi projetada para utilizar o conceito de arquitetura cliente-servidor. O aplicativo pode ser utilizado em plataformas desktop baseadas em Windows e dispositivos móveis operados por Android e iOS. Os dispositivos se comunicam através de web services na rede, os quais conversam com o servidor que é responsável por prover estes serviços. A Figura 2 apresenta um diagrama da arquitetura que demonstra os componentes da aplicação FatiguEYE e a comunicação entre os mesmos. Segue uma breve explicação dos componentes:

Figura 2 – FatiguEYE - Modelo de arquitetura



Fonte: Criado pelo autor

- **Cliente/Aplicação FatiguEYE:** Clientes responsáveis por consumo de dados e inserção

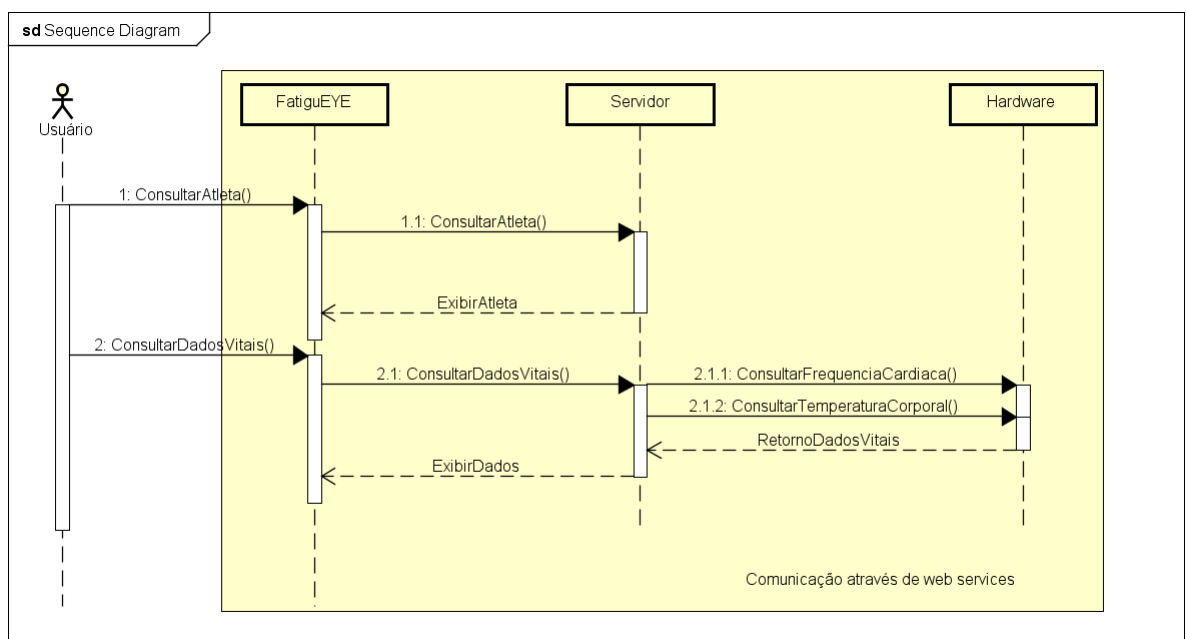
de dados na aplicação, podendo ser acessada por diversos dispositivos.

- **Hardware - Arduino:** Responsável por coletar e enviar os dados para a aplicação além de consumir a resposta dos serviços no servidor.
- **Camada de rede:** Responsável por trafegar os dados para o servidor, a partir do protocolo HTTP e fazendo o uso dos modelos de serviço SOAP e REST.
- **Servidor na nuvem:** Responsável por manter os serviços na nuvem disponíveis para consumo na aplicação e hardware.
- **Banco de dados:** Responsável pelo gerenciamento e persistência de dados.

## 4.2 Modelo de Comunicação

O modelo de comunicação da FatigueEYE entre a aplicação-servidor e hardware-servidor, será feita utilizando o protocolo HTTP e a arquitetura REST para coletar dados vitais dos atletas e o protocolo SOAP para coletar alguns dados do contexto. A Figura 3 apresenta um diagrama de seqüência para facilitar o entendimento da comunicação entre o usuário e as ações no sistema, onde este usuário quer visualizar dados vitais de um atleta em tempo real.

Figura 3 – Diagrama de seqüência para consultar dados vitais do atleta



Fonte: Criado pelo autor



### 4.3 Predição da Fadiga

A principal funcionalidade da aplicação FatiguEYE é prover informações de apoio a profissionais que cuidam da saúde de atletas do futebol. As informações que estão sendo trabalhadas no presente modelo para a predição de fadiga, foram amplamente abordadas na seção 2.1 do capítulo 2. Elas são empregadas da seguinte forma:

- **Frequência cardíaca:** A coleta desta informação será exibida na aplicação e também introduzida na escala de 15 graus de Borg para determinar o nível de esforço percebido do atleta naquele momento.
- **Tempo de atividade:** Após o início da medição, um cronometro registrará o tempo em minutos, que o atleta esteve em atividade.
- **Distância percorrida:** A aplicação medirá em km a distância percorrida pelo atleta durante a atividade.
- **Temperatura corporal:** A informação coletada pelo termômetro será apresentada na aplicação em conjunto com um indicador apontando se esta encontra-se em níveis normais, um pouco acima ou abaixo do normal, e muito acima ou abaixo do normal, caracterizando em estados de hipertermia ou hipotermia respectivamente.
- **Condições do ambiente:** Através do consumo de serviços web que trazem informações do contexto, serão exibidos dados sobre o clima, a temperatura ambiente, o nível de umidade, do local em que a atividade física está sendo praticada.

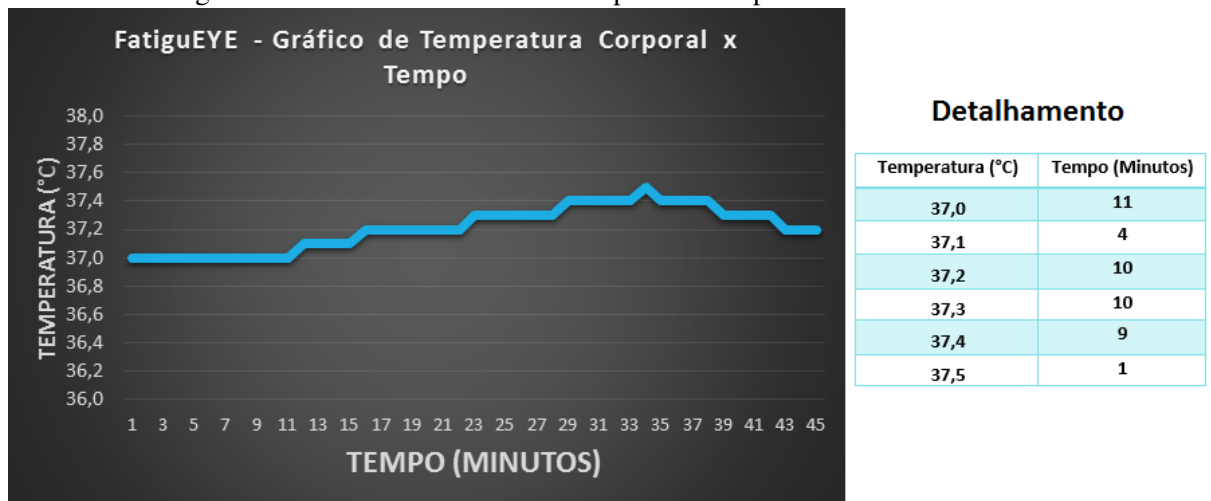
Algumas das variáveis coletadas (e.g. frequência cardíaca e temperatura corporal) serão também explanadas em forma de gráficos de tempo, para que o usuário possa acompanhar as variações decorrentes no período e ao final da atividade, possam resultar em estatísticas de quando tempo o atleta passou sobre aquelas condições. A Figura 4 esboça esta visão.

A aplicação FatiguEYE tem a intenção tanto de exibir o conteúdo das variáveis coletas em tempo real, como propor um modelo configurável de apoio a predição do estado atual do atleta. Este modelo baseia-se no tempo em que o atleta que está praticando a atividade, permanece sobre condições adversas como: temperatura corporal fora dos padrões de normalidade ou distância percorrida superior à sua natureza. Conforme este tempo é prolongado, um indicador de fadiga na aplicação é incrementado e assim que chegar a níveis que foram previamente configurados, alertas passam a ser exibidos avisando sobre a necessidade de atenção sobre o atleta. A Figura 5 demonstra algumas das regras que podem ser configuradas quando as variáveis satisfazem determinadas condições, para que alertas de risco sejam emitidos pela aplicação. Este processo é demonstrado pelo fluxograma da Figura 6.

Para configurar uma regra é necessário preencher as seguintes informações:

- (a) **Variável:** Identificação da variável ao qual será feita a regra base.

Figura 4 – Gráfico e estatística da temperatura corporal



Fonte: Criado pelo autor

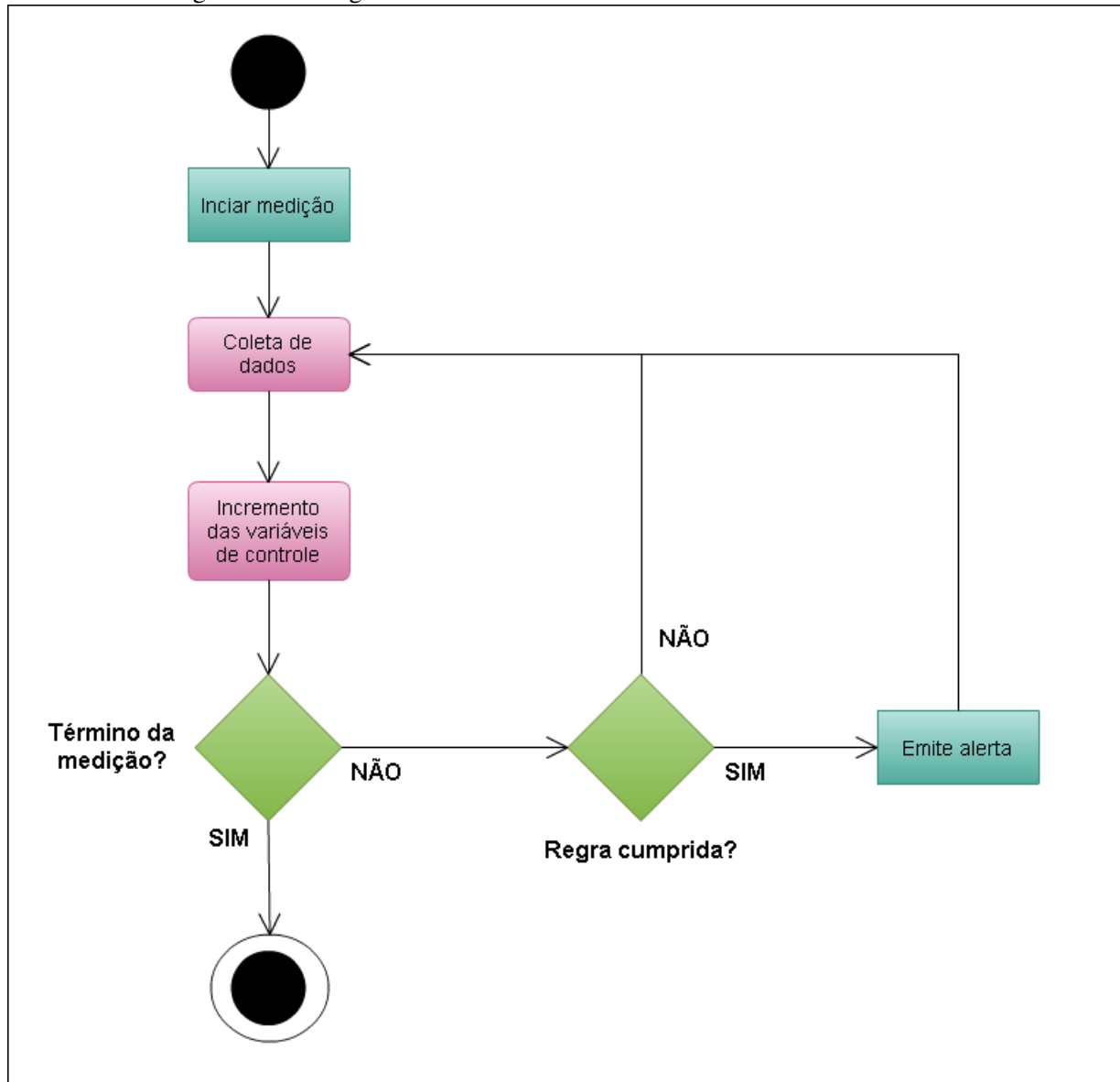
- (b) **Operador:** Operadores de igualdade ou relação que são aplicados as fórmulas.
- (c) **Valor:** Seu valor e tipo de unidade corresponde a variável.
- (d) **Tempo de incidência:** Tempo relativo que o atleta precisa estar exposto para que a condição seja satisfeita.

Figura 5 – Configurações de alerta de risco

Variável	Operador	Valor	Tempo de incidência
Tempo total de atividade	$\geq$	70 minutos	-
Exposto a temperatura ambiente	$\geq$	38 °C	10 minutos
Exposto a temperatura ambiente	$\leq$	0 °C	30 minutos
Temperatura corporal	$\geq$	37.6 °C	2 minutos
Frequência cardíaca	$\geq$	190 bpm	3 minutos

Fonte: Criado pelo autor

Figura 6 – Fluxograma do controle de alerta de risco

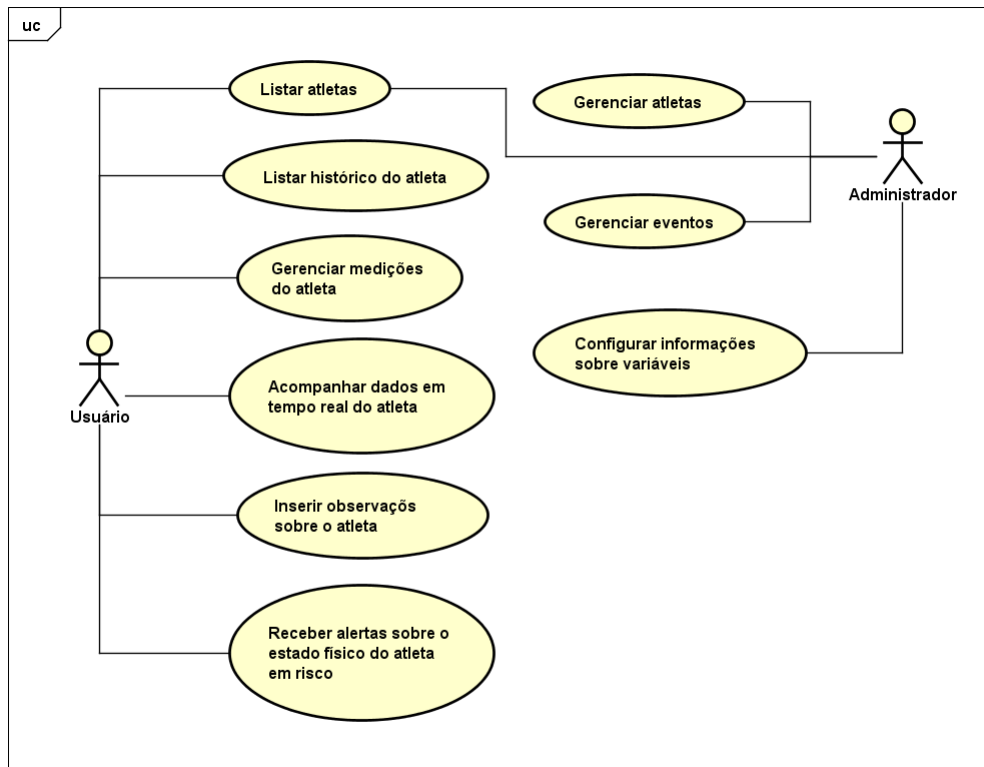


Fonte: Criado pelo autor

## 4.4 Requisitos

A solução FatiguEYE será desenvolvida com base nos requisitos funcionais e não funcionais da aplicação, os quais serão descritos e explicados nas seções 4.4.1 e 4.4.2. A eleição dos requisitos funcionais foi feita com base no modelo de caso de uso apresentado na Figura 7.

Figura 7 – FatiguEYE - Diagrama de caso de uso da aplicação



powered by Astah

Fonte: Criado pelo autor

### 4.4.1 Funcionais

Requisitos funcionais são as necessidades primárias que a aplicação deve contemplar para que o usuário consiga utilizar o mesmo. Os requisitos funcionais eleitos para o presente trabalho são:

- **RF01 - Gerenciar atletas:** Criação, edição e deleção de atletas na aplicação.
- **RF02 - Gerenciar eventos:** Criação, edição e deleção de eventos na aplicação ao qual o atleta participará (e.g. treinos, partidas).
- **RF03 - Configurar informações sobre variáveis:** Realizar ajustes nas fórmulas de fadiga ou modificar parâmetros.

- **RF04 - Listar atletas:** Visualização de forma prática de todos os atletas cadastrados na aplicação.
- **RF05 - Listar histórico do atleta:** Consultar dados (e.g., frequência cardíaca, temperatura, distância percorrida) de medições anteriores realizadas no atleta em um determinado evento.
- **RF06 - Gerenciar medições do atleta:** Vincular um atleta a um evento e possibilitar iniciar/pausar medições de dados sobre o mesmo.
- **RF07 - Acompanhar dados em tempo real do atleta:** Analisar dados (e.g., frequência cardíaca, temperatura, distância percorrida) de um atleta em um determinado evento.
- **RF08 - Inserir observações sobre atleta:** Cadastrar observações e anotações sobre um atleta durante ou posterior a medição dos dados.
- **RF09 - Receber alertas sobre o estado físico do atleta em risco:** Quando o atleta está praticando uma atividade, o usuário receberá um sinal de alerta na aplicação, quando os dados das variáveis recebidas, destoarem da normalidade.

#### 4.4.2 Não Funcionais

Requisitos não funcionais referem-se a especificações ao qual a aplicação deve operar. São caracterizadas questões como usabilidade da aplicação, desempenho, confiabilidade, segurança, manutenção e uso de tecnologias. Os requisitos não funcionais eleitos para o presente trabalho são:

- **RNF01 - Servidor na nuvem:** O servidor da aplicação deve estar hospedado na nuvem, com a finalidade de que os serviços nele presentes, possam ser acessados pelo usuário em qualquer hora e lugar.
- **RNF02 – Utilização de web services:** A aplicação deve fazer o uso de web services individuais para consumir dados e alimentar a aplicação em tempo real.
- **RNF03 – Banco de dados na nuvem:** A aplicação deve persistir os dados recebidos em um banco de dados na nuvem.
- **RNF04 – Aplicação multiplataforma:** A aplicação deve ser acessada através de desktops (sistema operacional baseado em Windows) ou dispositivos móveis (sistemas baseados em Android e iOS).
- **RNF05 – Utilização do contexto:** A aplicação deve fazer uso de dados de contexto tais como: localização, temperatura e condições do clima, para realizar inferências sobre os dados coletados.

- **RNF06 – Uso de perfil:** Será empregado o uso de perfil para customizar a aplicação conforme o usuário que o acessar. Os perfis podem variar em questões como acesso a ações na aplicação e customização do conteúdo visualizado. O usuário deve entrar informar seu login e senha, a fim de manter a personalização da aplicação por usuário e a segurança dos dados.
- **RNF07 – Tolerância a falhas:** A aplicação deve prover informações de alerta ao usuário, quando dados não estiverem sendo coletados em virtude de alguma falha nos processos de captação de dados.

#### 4.5 Modelo de Dados

Os dados coletados em tempo real durante as medições, através de sensores anexados aos atletas, serão transmitidos para o servidor da aplicação na nuvem e replicados a uma base dados. A aplicação receberá tanto os dados vitais como dados de contexto através do consumo de web services, para que na aplicação formem uma ciência de situação para realizar predições sobre o estado físico destes atletas.

O modelo UML do diagrama de classe foi elaborado para modelar a aplicação, conforme ilustrado na Figura 8.

Tanto os dados vitais coletados pelos sensores, dados do contexto, bem como da aplicação, ficarão armazenados em um banco de dados relacional normalizado, com chaves primárias e estrangeiras e índices prontamente criados. Para garantir a integridade dos dados, validações serão feitas nos campos no momento da inserção. A Figura 9 apresenta o Diagrama de Entidade Relacional (DER) do presente trabalho, contendo o detalhamento das tabelas e suas respectivas ligações.

#### 4.6 Modelo de Interface

Para o presente trabalho foi criado um projeto de interface a fim de idealizar o design e usabilidade da aplicação, conforme Figura 10. A interface demonstra a medição em tempo real de um jogador durante sua partida, onde este apresentou um quadro de propensão a fadiga devido a sua elevada frequência cardíaca por uma certa quantidade de tempo e em resposta a isso, um alerta de risco foi apresentado na aplicação.

Figura 8 – FatiguEYE - Diagrama de classe

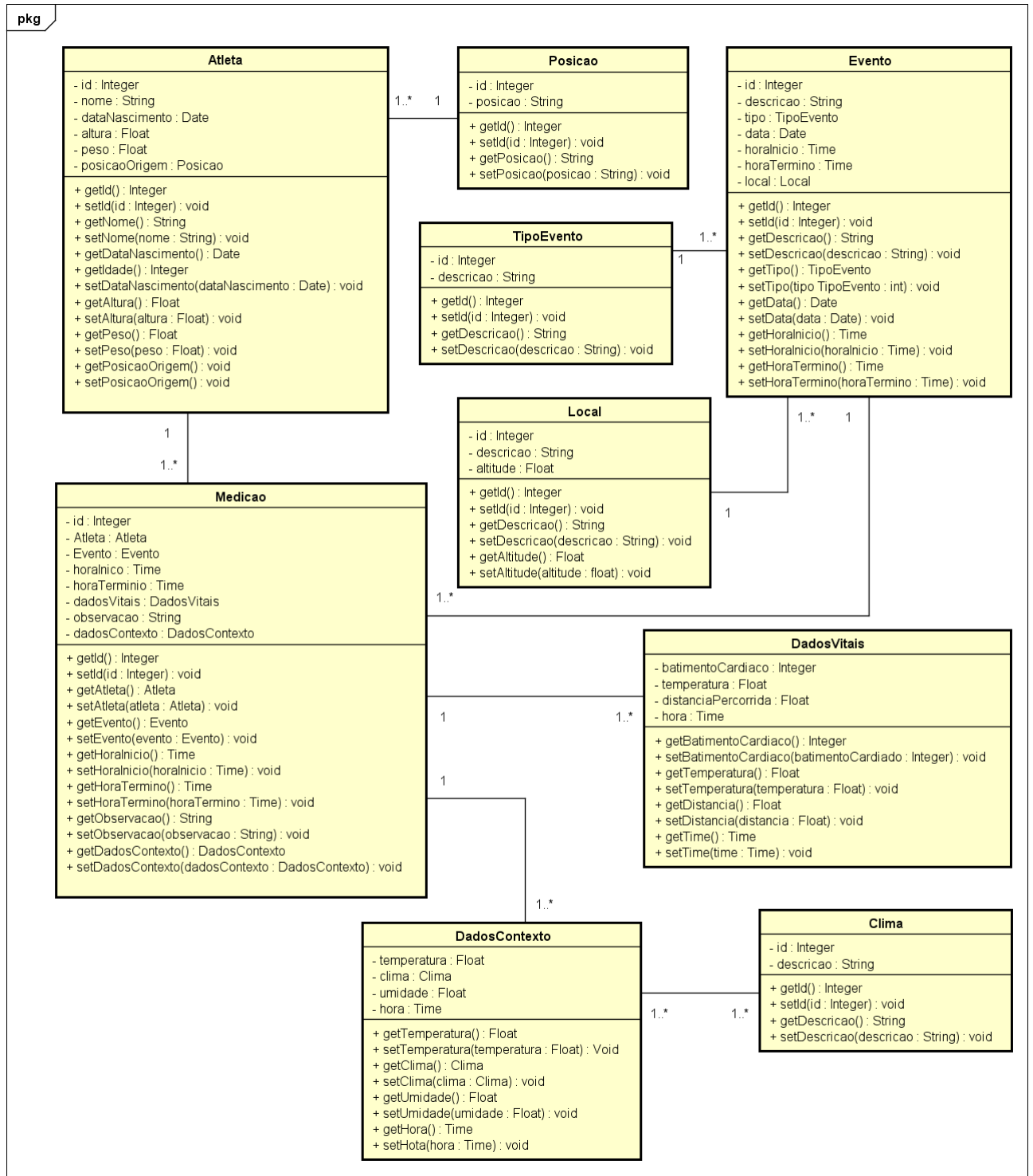
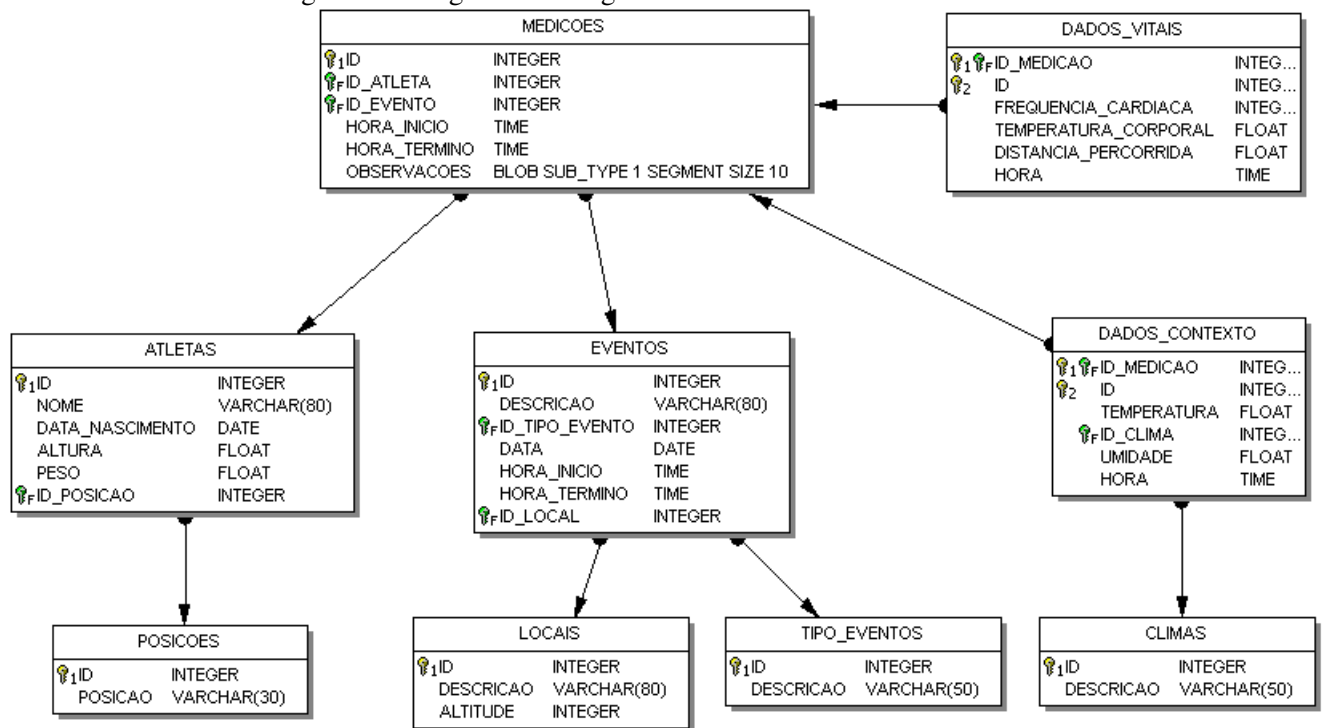


Figura 9 – FatiguEYE - Diagrama de Entidade Relacional




Fonte: Criado pelo autor



Figura 10 – FatiguEYE - Modelo de interface

**FatiguEYE - Monitoramento de Atletas**

**Dados do Atleta**

Foto 

Nome

Data de Nascimento  Idade

Altura  Peso

Posição de Origem

**Evento**

Descrição

Tipo

Data

Hora Início  Hora Término

Local

Altitude

**Sinais Vitais**

Temperatura

Frequência Cardíaca

Esforço Percebido

Tempo de Atividade

Distância Percorrida

**Alerta de Risco**

Predição a fadiga:  
Mais de 10 minutos com a frequência cardíaca acima dos 90%

**Dados do Contexto**

Hora Atual

Temperatura

Condições climáticas

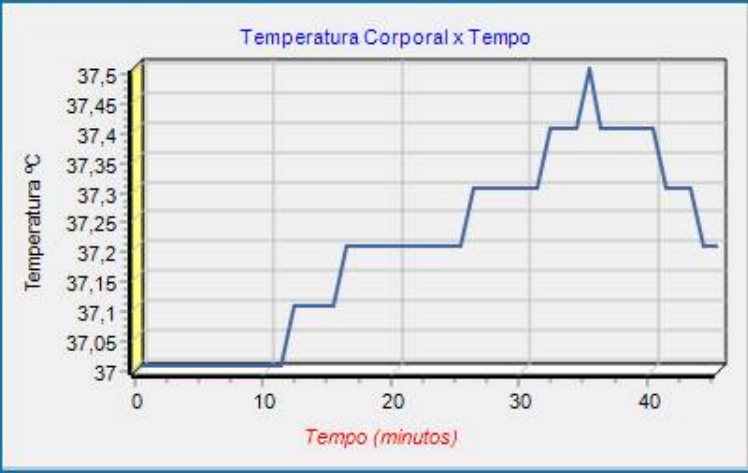
Umidade

**Observações**

Atleta possui histórico recente de lesão.

Temperatura Corporal Frequência Cardíaca

**Temperatura Corporal x Tempo**



Tempo (minutos)	Temperatura (°C)
0	37,0
10	37,1
20	37,2
30	37,3
35	37,5
40	37,3
45	37,2

Fonte: Criado pelo autor



## 5 METODOLOGIA

O esforço aplicado nas pesquisas do presente trabalho tem um propósito real de funcionamento, pois visa corresponder a uma carência específica da área que é o monitoramento em tempo real de atletas do futebol, visando maximizar fatores para preservar suas integridades físicas, baseados em predições sobre a fadiga, através do uso de uma ferramenta computacional.

A análise empregada neste trabalho é realizada de forma quantitativa e em relação aos objetivos, é conduzida de forma exploratória, pois tem enfoque em apresentar e expor o citado problema além dos principais tópicos que dão um sentido/necessidade para a modelagem de uma solução. A abordagem técnica utilizada para o realizar o levantamento de conhecimento teórico específico se deu através da pesquisa bibliográfica.

### 5.1 Desenvolvimento

O desenvolvimento e elaboração da aplicação FatiguEYE foi dividido em 14 etapas metodológicas conforme a Figura 11, sendo que as etapas de 1 a 10 foram realizados no presente trabalho. As demais etapas, serão finalizados em um trabalho futuro. Cada uma das etapas será descrita a seguir:

Figura 11 – FatiguEYE Metodologia - Etapas

Bibliografia	Estudos	Desenvolvimento	Avaliação
1 – Revisão da bibliografia	2 – Estudo sobre fadiga 3 – Fadiga no esporte 4 – Estudo sobre computação móvel e ubíqua 5 – Estudo sobre saúde ubíqua 6 – Estudo sobre computação orientada a serviços 7 – Estudo sobre Arduino e sensores 8 – Levantamento de trabalhos relacionados 9 – Comparação entre trabalhos	10 – Modelagem da aplicação. 11 – Codificação da aplicação 12 – Testes	13 – Teste de aceitação da aplicação 14 – Análise dos resultados

Fonte: Criado pelo autor

- 1. Revisão da bibliografia:** Pesquisa bibliografia com o objetivo de descobrir trabalhos envolvendo o tema estudado, leitura e resumo dos mesmos, com intuito de formar uma base teórica para a pesquisa e iniciação do presente trabalho.
- 2. Estudo sobre fadiga:** Estudo sobre os conceitos relacionados às áreas da saúde humana. Causas e resultados da aparição da fadiga em pessoas.

3. **Fadiga no esporte:** Pesquisar quais variáveis serão relacionadas para determinar o grau de fadiga muscular enquanto um atleta está em atividade.
4. **Estudo sobre computação móvel e ubíqua:** Assimilar os conceitos de computação móvel e ubíqua, suas características e verificar alternativas com estas tecnologias para serem aplicadas no problema em questão.
5. **Estudo sobre saúde ubíqua:** Avaliar os conceitos de saúde ubíqua e como pode ser aplicada ao modelo.
6. **Estudo sobre computação orientada a serviços:** Realizar um estudo da computação orientada a serviços e averiguar as formas de comunicação entre a aplicação e os demais componentes do projeto, utilizando recursos como serviços web.
7. **Estudo sobre Arduino e sensores:** Estudo sobre o funcionamento de uma placa Arduino, juntamente com um conjunto de módulos de sensores, com o propósito de realizar a coleta de dados e serem transmitidos para a aplicação.
8. **Levantamento de trabalhos relacionados:** Sintetizar e descrever as características e propósitos dos trabalhos que serviram de base para a construção do presente trabalho.
9. **Comparação entre trabalhos:** Realizar a comparação entre os trabalhos relacionados e apontar as diferenças que os distinguem.
10. **Modelagem da aplicação:** Modelar a aplicação FatiguEYE determinando os requisitos funcionais e não funcionais, e esboçar os diagramas de seu funcionamento.
11. **Codificação da aplicação:** Desenvolver a aplicação em questão.
12. **Testes:** Efetuar baterias de testes, ajustes finos e correções de possíveis bugs para garantir a qualidade e eficiência da aplicação antes de sua apresentação.
13. **Teste de aceitação da aplicação:** Efetuar testes da aplicação em um determinado período de tempo, com pelo menos dois profissionais da área de saúde e do esporte.
14. **Análise dos resultados:** Avaliar e consolidar os resultados obtidos através de entrevistas, questionários e métricas de uso. Examinar os benefícios e as dificuldades que a aplicação ofereceu para cada um dos participantes e identificar melhorias e correções para o modelo em questão.

## 5.2 Avaliação

A avaliação do presente trabalho ocorrerá na etapa posterior a sua codificação. Para realizar esta avaliação, foi selecionado o paradigma Goal/Question /Metric (GQM), que é uma abordagem orientada a metas para a mensuração de produtos e processos de software, suportando

a definição top-down de um programa de mensuração e a análise e interpretação bottom-up dos dados de mensuração (SOLINGEN; BERGHOUT, 1999). A meta do presente trabalho é apresentar uma aplicação de apoio a detecção do grau de fadiga em jogadores de futebol. As perguntas partirão das premissas de como coletar as informações, como transmitir, exibir e contextualizar. As métricas avaliaram questões de tempo, confiabilidade, usabilidade, performance e aceitação.

Para o período de avaliações, serão selecionados usuários visando um público alvo específico, ligados a área da saúde e do esporte, onde estes irão usufruir da aplicação e baseado em suas experiências, responderão a um questionário, podendo ser for forma anônima ou não. Este questionário abordará perguntas de cunho qualitativo que visam expor o grau de satisfação e confiabilidade daquilo que lhes foi apresentado e claro buscar problemas pontuais na aplicação, a fim de colaborar para que o autor possa realizar aprimoramentos em trabalhos futuros.

A avaliação dos questionários fará o uso de métricas para que seja então contextualizada e tenha sua eficiência medida, buscando índices de aprovação ou rejeição.



## 6 CONCLUSÃO

O presente trabalho abordou questões conceituais sobre saúde ubíqua aplicada ao esporte, além de apresentar estudos sobre o surgimento e consequências da fadiga em um atleta do futebol. A realização do levantamento teórico de conhecimentos sobre computação ubíqua, computação orientada a serviços, sensores e principalmente sobre a fisiologia do corpo humano, foi indispensável para a realização deste trabalho. O resultado disso, permitiu a criação de um modelo para um sistema computacional direcionado para a saúde aplicada ao esporte, a fim de realizar previsões sobre a integridade de atletas baseado nos fatores causadores da fadiga.

Esta dissertação é requisito parcial para a obtenção do título de Bacharel em Ciência da Computação pela Universidade do Vale do Rio dos Sinos. Portanto, as demais etapas do desenvolvimento de software, como implementação e integração, testes e validação, implantação e manutenção serão realizadas em um trabalho complementar que descreverá estas fases com base no modelo aqui apresentado.

### 6.1 Comparação entre trabalhos relacionados e o modelo proposto

Para concluir o presente trabalho, foi traçado um comparativo entre os trabalhos relacionados anteriormente no capítulo 3. Para facilitar esta comparação, foi elaborada a Tabela 4 considerando agora o modelo FatiguEYE. Ignorando a forma de conexão entre as aplicações, elas se assemelham em alguns aspectos, principalmente se tratando do uso de sensores para coletar sinais vitais e na exibição desses dados em tempo real, porém o grande diferencial entre os trabalhos existentes com relação ao modelo proposto é a utilização de um banco de dados para garantir que as informações geradas persistam em um ambiente e possam ser consultadas posteriormente. Outro ponto que se destaca no modelo atual é na utilização do contexto, onde são inferidas informações adicionais para realizar a previsão do estado de fadiga.

### 6.2 Trabalhos futuros

Considerando a aplicação multiplataforma que será desenvolvida juntamente com os conceitos de computação ubíqua, alguns pontos foram simplificados na construção do modelo. Porém o presente trabalho pode ser continuado e a outras variáveis que ocasionam a fadiga podem ser empregadas no modelo, bem como outras informações da ciência de contexto, a fim de aprimorar os resultados e aumentar a exatidão na previsão da fadiga. Seguem algumas sugestões para desenvolvimento futuro do presente modelo:

- Levantar conhecimento sobre o uso de técnicas de inteligência artificial, para que possam prever e apoiar decisões do profissional que opera a aplicação;
- Coletar informações de centros médicos e de exames feitos pelos atletas, para que os

Tabela 4 – Comparação entre os trabalhos relacionados e o modelo proposto

	Wearable ECG System for Health and Sports Monitoring	Development of a Fatigue-Tracking System for Monitoring Human Body Movement	Development of a Point-of-Care Medical Device to Measure Head Impact in Contact Sports	FatiguEYE
Modo de acesso	Desktop	Desktop	Desktop	Desktop / Dispositivos móveis
Conexão	Bluetooth/ANT	Wireless TCP/IP	ZigBee	Wireless
Sensor de batimento cardíaco	Sim	Sim	Não	Sim
Sensor de temperatura corporal	Não	Não	Não	Sim
Sensor de movimentação	Não	Sim	Sim	Sim
Sensor de força	Não	Sim	Sim	Não
Emissão de alertas	Sim	Não	Não	Sim
Uso de banco de dados para consultas posteriores	Não	Não	Não	Sim
Coleta e exibição de dados em tempo real	Sim	Sim	Sim	Sim
Dados de contexto	Não	Não	Não	Sim

Fonte: Criado pelo autor

dados sirvam de parâmetro de entrada para a aplicação, a fim de trazer o máximo possível de informações para predição da saúde do mesmo;

- Estudar protocolos de comunicação de ambientes da área da saúde;
- Aplicar o modelo para outras modalidades esportivas;
- Buscar uma miniaturização dos sensores e artefatos utilizados para coletas de sinais vitais, a fim de tornar as medições mais discretas e menos incomodas;



## REFERÊNCIAS

- AMBEKAR, D. et al. Development of a point-of-care medical device to measure head impact in contact sports. In: ENGINEERING IN MEDICINE AND BIOLOGY SOCIETY (EMBC), 2013 35TH ANNUAL INTERNATIONAL CONFERENCE OF THE IEEE, 2013. **Anais...** [S.l.: s.n.], 2013. p. 4167–4170.
- ARDUINO. Disponível em: <<https://www.arduino.cc/>>. Acesso em: fev. 2016.
- ASCENSÃO, A. et al. Fisiologia da fadiga muscular. delimitação conceptual, modelos de estudo e mecanismos de fadiga de origem central e periférica. **Revista Portuguesa de Ciências do Desporto**, [S.l.], v. 3, n. 1, p. 108–123, 2003.
- BALTOPOULOS, I. G. Introduction to web services. **Dept. of Computer Science, Imperial College London, CERN School of Computing (iCSC)**, [S.l.], v. 41, 2005.
- BANGSBO, J.; IAIA, F. M.; KRUSTRUP, P. Metabolic response and fatigue in soccer. **International journal of sports physiology and performance**, [S.l.], v. 2, n. 2, p. 111, 2007.
- BANGSBO, J.; MOHR, M.; KRUSTRUP, P. Physical and metabolic demands of training and match-play in the elite football player. **Journal of sports sciences**, [S.l.], v. 24, n. 07, p. 665–674, 2006.
- BAUMGARTNER, N. et al. Beaware!—situation awareness, the ontology-driven way. **Data & Knowledge Engineering**, [S.l.], v. 69, n. 11, p. 1181–1193, 2010.
- BORG, G. A. Psychophysical bases of perceived exertion. **Med sci sports exerc**, [S.l.], v. 14, n. 5, p. 377–381, 1982.
- BOYTSOV, A. **Situation awareness in pervasive computing systems: reasoning, verification, prediction**. 2012. Tese (Doutorado em Ciência da Computação) — Monash University. Faculty of Information Technology. Caulfield School of Information Technology and Lulea University of Technology. Department of Computer Science, Electrical and Space Engineering., 2012.
- COSTA, C. A. da; YAMIN, A. C.; GEYER, C. F. R. Toward a general software infrastructure for ubiquitous computing. **IEEE Pervasive Computing**, [S.l.], n. 1, p. 64–73, 2008.
- COULOURIS, G. et al. **Distributed systems: concepts and design**. [S.l.]: Pearson, 2011.
- DA FONSECA, S. T. et al. Caracterização da performance muscular em atletas profissionais de futebol. **Rev Bras Med Esporte**, [S.l.], p. 143–7, 2007.
- DEY, A. K. Understanding and using context. **Personal and ubiquitous computing**, [S.l.], v. 5, n. 1, p. 4–7, 2001.
- DIESPORTE. **Diagnóstico nacional do esporte**. Brasília/DF: Ministério do Esporte, 2015. 24–25 p.
- DONG, H.; UGALDEY, I.; EL SADDIK, A. Development of a fatigue-tracking system for monitoring human body movement. In: INSTRUMENTATION AND MEASUREMENT TECHNOLOGY CONFERENCE (I2MTC) PROCEEDINGS, 2014 IEEE INTERNATIONAL, 2014. **Anais...** [S.l.: s.n.], 2014. p. 786–791.

ELGAZZAR, K. et al. Ubiquitous health monitoring using mobile web services. **Procedia Computer Science**, [S.l.], v. 10, p. 332–339, 2012.

ENDSLEY, M. R. Toward a theory of situation awareness in dynamic systems. **Human Factors: The Journal of the Human Factors and Ergonomics Society**, [S.l.], v. 37, n. 1, p. 32–64, 1995.

GHASEMZADEH, H. et al. Sport training using body sensor networks: a statistical approach to measure wrist rotation for golf swing. In: FOURTH INTERNATIONAL CONFERENCE ON BODY AREA NETWORKS, 2009. **Proceedings...** [S.l.: s.n.], 2009. p. 2.

KIM, Y.-H. et al. Sensor based real-time remote patient monitoring system: a study on mobile db construction of minimum network traffic in use of html5 websql. **Procedia Engineering**, [S.l.], v. 29, p. 2382–2387, 2012.

LEADER, E. **Environmental sensing and monitoring technologies market to reach 17.4 billion by 2020**. Disponível em: <<http://www.environmentalleader.com/2014/02/28/environmental-sensing-and-monitoring-technologies-market-to-reach-17-4-billion-by-2020/>>. Acesso em: jun. 2016.

PAPAZOGLU, M. P. Service-oriented computing: concepts, characteristics and directions. In: WEB INFORMATION SYSTEMS ENGINEERING, 2003. WISE 2003. PROCEEDINGS OF THE FOURTH INTERNATIONAL CONFERENCE ON, 2003. **Anais...** [S.l.: s.n.], 2003. p. 3–12.

PHILLIPS, S. **Fatigue in sport and exercise**. [S.l.]: Routledge, 2015.

PRNEWswire. **Environmental sensing and monitoring technologies: global markets**. Disponível em: <<http://www.prnewswire.com/news-releases/environmental-sensing-and-monitoring-technologies-global-markets-279160271.html>>. Acesso em: jun. 2016.

PUTUKIAN, M. The psychological response to injury in student athletes: a narrative review with a focus on mental health. **British journal of sports medicine**, [S.l.], v. 50, n. 3, p. 145–148, 2016.

RAY, P. P. Internet of things for sports (iotsport): an architectural framework for sports and recreational activity. In: ELECTRICAL, ELECTRONICS, SIGNALS, COMMUNICATION AND OPTIMIZATION (EESCO), 2015 INTERNATIONAL CONFERENCE ON, 2015. **Anais...** [S.l.: s.n.], 2015. p. 1–4.

ROSE, G. de; TADIELLO, F. F.; ROSE, D. de. Lesões esportivas: um estudo com atletas do basquetebol brasileiro. **Lecturas: Educación física y deportes**, [S.l.], n. 94, p. 19, 2006.

SANTOS, M. C. A. et al. Análise da fadiga muscular localizada em atletas e sedentários através de parâmetros de frequência do sinal eletromiográfico. **Revista Brasileira de Medicina do Esporte**, [S.l.], p. 509–512, 2008.

SILVA, B. et al. Efeitos da fadiga muscular induzida por exercícios no tempo de reação muscular dos fibulares em indivíduos saudáveis. **Rev Bras Med Esporte**, [S.l.], v. 12, n. 2, p. 85–9, 2006.

SOLINGEN, R.; BERGHOUT, E. **The goal/question/metric method**: a practical guide for quality improvement of software development. [S.l.]: McGraw-Hill, 1999.

SOYLU, A.; CAUSMAECKER, P. D.; DESMET, P. Context and adaptivity in pervasive computing environments: links with software engineering and ontological engineering. **Journal of Software**, [S.l.], v. 4, n. 9, p. 992–1013, 2009.

TARGET heart rate. Disponível em: <<http://www.heart.org>>. Acesso em: mai. 2016.

TECHNAVIO. **Ncreased government support driving global environmental sensing and monitoring technologies market**. Disponível em: <<http://www.technavio.com/pressrelease/increased-government-support-driving-global-environmental-sensing-and-monitoring>>. Acesso em: jun. 2016.

THE borg scale of perceived exertion. Disponível em: <<https://www.hsph.harvard.edu/nutritionsource/borg-scale/>>. Acesso em: mai. 2016.

VALCHINOV, E. et al. Wearable ecg system for health and sports monitoring. In: WIRELESS MOBILE COMMUNICATION AND HEALTHCARE (MOBIHEALTH), 2014 EAI 4TH INTERNATIONAL CONFERENCE ON, 2014. **Anais...** [S.l.: s.n.], 2014. p. 63–66.

WEB services explained. Disponível em: <<http://www.service-architecture.com>>. Acesso em: jun. 2016.

WEISER, M. The computer for the 21st century. **Scientific american**, [S.l.], v. 265, n. 3, p. 94–104, 1991.