

Universidade Federal de Campina Grande
Centro de Engenharia Elétrica e Informática
Programa de Pós-Graduação em Ciência da Computação

Arcabouço para o Desenvolvimento de Aplicações
de Monitoramento de Praticantes de Exercícios
Físicos

Matheus Brasileiro Campos

Dissertação submetida à Coordenação do Programa de Pós-Graduação
em Ciência da Computação da Universidade Federal de Campina Grande
- Campus I como parte dos requisitos necessários para obtenção do grau
de Mestre em Ciência da Computação.

Área de Concentração: Ciência da Computação

Linha de Pesquisa: Engenharia de Software

Kyller Costa Gorgônio (Orientador)

Hygo Oliveira de Almeida (Orientador)

Campina Grande, Paraíba, Brasil

©Matheus Brasileiro Campos, 03/08/2015

FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELA BIBLIOTECA CENTRAL DA UFCG

C198a Campos, Matheus Brasileiro.
Arcabouço para o desenvolvimento de aplicações de monitoramento de praticantes de exercícios físicos / Matheus Brasileiro Campos. – Campina Grande, 2015.
49 f. : color.

Dissertação (Mestrado em Ciência da Computação) – Universidade Federal de Campina Grande, Centro de Engenharia Elétrica e Informática.

"Orientação: Prof. Dr. Kyller Costa Gorgônio, Prof. Dr. Hyggo Oliveira de Almeida".

Referências.

1. Engenharia de Software. 2. Computação Pervasiva. 3. Arcabouços de Software. 4. Saúde Conectada. 5. Internet das Coisas. I. Gorgônio, Kyller Costa. II. Almeida, Hyggo Oliveira de. III. Título.

CDU 004.41(043)

Resumo

A prática de atividades físicas em ambientes residenciais tem crescido devido a maior aderência e fidelidade em relação a prática de exercícios físicos em centro especializados. Devido ao aumento do número de praticantes de exercícios físicos em ambientes residenciais, cresce o número de pessoas que praticam exercícios físicos sem um acompanhamento profissional adequado. Essa falta de acompanhamento profissional adequado pode resultar em uma prática inadequada de exercícios físicos.

Diante das aplicações existentes para gerenciamento de exercícios físicos e para acompanhamento remoto da saúde pessoal, percebe-se a falta de uma solução com o objetivo de monitorar sinais fisiológicos dos praticantes de exercícios físicos de forma genérica, ou seja, que possa observar vários aspectos relacionados aos cuidados com a saúde e que possa tomar decisões a partir dos dados coletados. Porém, para isso é necessário lidar com questões não triviais, tais como: integrar diferentes tipos de sensores; integrar diferentes tipos de equipamentos de alerta; gerenciar o envio de alertas para os usuários; e disponibilizar as informações de forma segura.

Neste trabalho, apresenta-se um arcabouço para o desenvolvimento de aplicações de monitoramento de praticantes de exercícios físicos. O arcabouço tem como finalidade proporcionar uma abstração sobre a comunicação entre os sensores, as aplicações e os equipamentos de alerta, diminuindo a complexidade no desenvolvimento das aplicações. A validação foi realizada através de um estudo de uso que demonstra o suporte do arcabouço ao desenvolvimento de aplicações de monitoramento de praticantes de exercícios físicos.

Abstract

Home-based physical activity has grown due to higher adherence than center-based physical exercises. The increasing number of practitioners of home-based physical exercises results in an increasing number of people who practice physical exercises without proper professional supervision. This lack of adequate professional supervision can result in inadequate physical exercise.

Given the existing applications designed to physical exercises management and remote monitoring of personal health, it's visible the lack of a generic solution in order to monitor the health of practitioners of physical exercises, in other words, a solution that can observe many aspects of health care and can make decisions based on the collected data. However, this requires that the application developer deals with non-trivial issues, such as: integrating different types of sensors; integrate different types of warning equipments; manage the alerts sent to the users; and make available the information.

In this work we present a framework for the development of monitoring of physical exercises practitioners applications. Basically, the framework aims to create an abstraction of communication between sensors, applications and warning equipments, reducing the complexity in the development process. The validation was performed through a use case that demonstrates the framework support for the development of applications for monitoring physical exercises practitioners.

Agradecimentos

Agradeço primeiramente a Deus, por me proporcionar o dom da vida e a força para superar as dificuldades de mais um obstáculo.

Aos meus pais, Zeca e Kekeu, e a minha irmã Gabriela por serem a minha base, me apoiarem em todos os momentos da vida e me servirem como grandes exemplos.

Aos amigos da OFF Thread, pela descontração, conselhos e o apoio durante toda a minha trajetória.

Aos amigos do Laboratório de Sistemas Embarcados e Computação Pervasiva (Embedded), em especial ao frequentadores da sala 108, pela força e pelo bom humor no dia a dia.

Também, aos meus orientadores, Hyggo Almeida e Kyller Gorgônio, pela paciência e as contribuições que tornaram possível a realização deste trabalho.

Por fim, agradeço ao CNPq, pois o presente trabalho foi realizado com apoio do CNPq, Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico - Brasil.

Conteúdo

1	Introdução	1
1.1	Problemática	3
1.2	Objetivos	4
1.3	Relevância	4
1.4	Estrutura da Dissertação	5
2	Fundamentação Teórica	6
2.1	Computação Pervasiva	6
2.1.1	Aplicações	8
2.2	<i>Pervasive Healthcare</i>	9
2.3	Desenvolvimento Baseado em Componentes	10
2.4	Monitoramento de Praticantes de Exercícios Físicos	12
3	Trabalhos Relacionados	13
3.1	ACUMAAF	13
3.2	<i>Webcam Pulse Detector</i>	14
3.3	<i>Personal Digital Exercise Trainer for Managing, Monitoring and Recording the Exercise</i>	15
3.4	ExerTrek	15
3.5	SQUID	16
3.6	Arcabouço de Desenvolvimento de Aplicações de Monitoramento Remoto e Auxílio de Pessoas com Doença de Alzheimer	16
3.7	Considerações sobre os Trabalhos Relacionados	18

4	Arcabouço para o Desenvolvimento de Aplicações de Monitoramento de Praticantes de Exercícios Físicos	19
4.1	Visão Geral	19
4.2	Arquitetura	21
4.2.1	Servidor Central	23
4.2.2	Servidor Local	24
4.2.3	Aplicativo para Dispositivos Móveis	27
4.3	Papéis de Desenvolvimento	28
4.3.1	desenvolvedor de componente de sensor	29
4.3.2	desenvolvedor de componente de alerta	29
4.3.3	desenvolvedor de componente de processamento	29
4.4	Funcionamento do Arcabouço	30
4.5	Conclusão do Capítulo	31
5	Estudo de Caso	32
5.1	Visão Geral	32
5.2	Desenvolvimento de Componentes	33
5.2.1	Componente de Processamento	34
5.2.2	Componente de Sensor	34
5.2.3	Componente de Alerta	35
5.3	Configuração de Ambiente	35
5.4	Implantação da Aplicação	36
5.5	Conclusão do Capítulo	38
6	Considerações Finais	40
6.1	Contribuições	41
6.2	Trabalhos Futuros	41
A	Código fonte dos componentes	47

Lista de Símbolos

ACUMAAF - Ambiente de Computação Ubíqua para o Monitoramento e Avaliação de Atividade Física

API - *Application Programming Interface*

AVC - Acidente Vascular Cerebral

DBC - Desenvolvimento Baseado em Componentes

ECG - Eletrocardiograma

EMG - Eletromiograma

GCM - *Google Cloud Messaging*

IBM - *International Business Machines*

MVC - *Model-View-Controller*

OMS - Organização Mundial de Saúde

ORM - *Object-Relational Mapper*

PC - *Personal Computer*

SDK - *Software Development Kit*

UFCG - Universidade Federal de Campina Grande

USB - *Universal Serial Bus*

Lista de Figuras

2.1	Elementos da arquitetura baseada em componentes.	11
4.1	Visão geral do arcabouço.	20
4.2	Arquitetura do arcabouço e seus principais módulos.	22
4.3	Detalhes sobre os módulos e componentes.	25
4.4	Papeis de desenvolvimento suportados pelo arcabouço.	28
5.1	Visão geral das entidades do Managym.	33
5.2	Tela para adicionar usuários.	37
5.3	Tela com os dados do usuário.	38

Lista de Tabelas

2.1	As principais tendências no desenvolvimento da tecnologia computacional.	7
4.1	Principais serviços disponibilizados pela API do módulo <i>web</i> .	24
4.2	Descrição dos métodos providos pela interface ISensor.	26
4.3	Descrição dos métodos providos pela interface IProcessamento.	26
4.4	Descrição dos métodos providos pela interface IAlerta.	27
5.1	Especificações dos servidores da aplicação Managym.	36

Lista de Códigos Fonte

A.1	Componente do sensor <i>webcam</i>	47
A.2	Componente de processamento da frequência cardíaca	48
A.3	Componente do equipamento de alerta	49

Capítulo 1

Introdução

Segundo a Organização Mundial de Saúde (OMS), mais de 70% da população mundial adulta pratica atividades físicas. Porém, há uma variação desse número de acordo com as regiões do planeta. Na América, 60% da população adulta pratica atividades físicas [32].

Entre os anos de 2002 e 2012, a prática de atividade física nos domicílios e nas empresas tem se tornado uma tendência nas grandes cidades, onde os congestionamentos de trânsito dificultam o deslocamento da população [13]. Outro fator que influencia a prática de atividades físicas nos domicílios é a maior aderência e fidelidade em relação a prática de atividades físicas em academias e locais públicos específicos para a realização de exercícios físicos [25]. Com o crescimento da prática de atividades físicas nos domicílios, cresce, também, o número de praticantes de exercícios físicos sem o acompanhamento adequado de um profissional da área de educação física e sem o uso de equipamentos adequados, como monitores cardíacos e termômetros.

Um fator que influencia no crescimento da prática de atividades físicas pela população é o aumento do número de pessoas suscetíveis a contrair doenças crônicas. A OMS tem depositado grandes esforços em medidas para o controle e prevenção das doenças crônicas. A prática regular de exercícios físicos é uma dessas ações e exerce papel importante por ter baixo custo e ser efetiva no combate a mortes causadas pelo sedentarismo [29]. A expectativa de vida mundial vem crescendo nos últimos 25 anos nos países desenvolvidos e nos países emergentes, como mostram estudos de 2014 [31]. Este fato resulta, principalmente, do progresso da medicina no que diz respeito ao diagnóstico e tratamento de doenças, o que, conseqüentemente, eleva a expectativa de vida [20]. No entanto, pesquisas apontam que

peças com mais de 50 anos se tornam mais suscetíveis a contrair doenças crônicas, como diabetes tipo 2 e hipertensão [43]. Além disso, a pressão resultante do trabalho e estilo de vida atual tem aumentado a ocorrência de várias doenças crônicas e, portanto, aumentado a demanda de recursos médicos, tornando-os insuficientes e custosos.

A prática de atividades físicas é recomendável para amenizar os efeitos decorrentes de algumas doenças crônicas. Existem equipamentos de exercícios físicos aptos a serem utilizados em domicílio, como esteiras e bicicletas ergométricas. Esses equipamentos, por sua vez, são dotados de sensores para a aquisição de alguns sinais do usuário. Por exemplo, frequência cardíaca. Esses equipamentos funcionam a partir do toque das mãos do usuário com o equipamento ou prendendo-o ao dedo. Porém, há algumas dificuldades na utilização desses equipamentos, tais como: i) muitos praticantes de exercícios físicos não sabem como usar esses equipamentos, principalmente idosos; ii) alguns equipamentos não são adequados a todo tipo de usuário; e iii) os equipamentos podem falhar devido ao mau uso. Há, também, equipamentos específicos para praticantes de atividades físicas, por exemplo o contador de passos, mas além de ser custoso, o praticante deve manuseá-lo e é necessário sempre lembrar de utilizá-lo.

A prática de exercícios físicos sem o acompanhamento de um profissional formado na área de educação física ou sem o auxílio de equipamentos adequados no monitoramento da atividade física pode levar a uma prática errada dos exercícios ou uso inadequado dos equipamentos [2]. Isso pode causar problemas de saúde durante ou depois das atividades, por exemplo arritmia cardíaca e hipoglicemia. Uma alternativa para evitar os problemas citados é existir o acompanhamento de um profissional especializado, como um personal trainer. Porém, existem alguns problemas relacionados ao acompanhamento de um profissional, tais como: i) custo elevado; ii) falta de flexibilidade no horário; e iii) limite de alunos que um profissional pode acompanhar simultaneamente. Isto resulta em um aumento nos custos.

Visando evitar os problemas descritos anteriormente e garantir o bem estar dos praticantes de exercícios físicos, surgiu a área de *pervasive healthcare*, unindo a computação pervasiva e a saúde. A área de *pervasive healthcare* utiliza a tecnologia para ajudar a integrar os cuidados com a saúde e o cotidiano, independentemente de espaço e tempo [42]. Sistemas pervasivos de cuidados à saúde proveem serviços de saúde a qualquer pessoa e a qualquer hora, aumentando a cobertura e qualidade dos serviços [4]. Essa área tem sido apontada

como emergente, de grande impacto e significância [27]. Os avanços nos dispositivos móveis, na comunicação e na tecnologia da informação têm possibilitado os usuários a permanecerem cada vez mais conectados aos ambientes e o que há nesses ambientes, possibilitando a mobilidade destes usuários. Isto viabilizou o paradigma de Computação Pervasiva [28] na qual os dispositivos móveis e, também, os objetos de uso diário têm capacidade de comunicação e processamento.

Uma solução de *pervasive healthcare* pode ser utilizada para monitorar o indivíduo durante a prática de exercícios, permitindo um acompanhamento personalizado. Essa solução será utilizada em ambientes residenciais que possuem uma área reservada para a prática de exercícios físicos para que, com o auxílio do sistema, um profissional da área possa acompanhar e personalizar o monitoramento de várias pessoas, de forma automatizada e sem a necessidade de se fazer presente. A solução pode, também, ser utilizada comercialmente em academias e locais públicos específicos para a prática de exercícios físicos. Desta forma, as academias poderão oferecer um melhor serviço aos seus clientes, auxiliando seus profissionais durante o acompanhamento dos alunos. O sistema possui algumas vantagens, tais como: i) os praticantes de exercícios físicos terão um acompanhamento profissional constante e personalizado, de forma automatizada e gastando o mesmo ou menos; ii) os profissionais poderão acompanhar mais clientes e, assim, aumentar sua renda; e iii) todos os dados, coletados por diferentes sensores, serão centralizados possibilitando um maior controle sobre sua saúde durante a prática de exercícios físicos.

1.1 Problemática

A prática de exercícios físicos requer um acompanhamento adequado por profissionais da área de educação física. A falta de acompanhamento dos praticantes de exercícios físicos pode resultar em uma prática inadequada. Essa forma inadequada de praticar exercícios físicos pode causar sérios danos a integridade física e a saúde do praticante como problemas cardíacos. Vários estudos comprovam uma relação entre a frequência cardíaca durante os exercícios que estão diretamente relacionadas com o risco de desenvolvimento de doenças cardíacas [14].

A fim de evitar problemas de saúde pela prática inadequada de exercícios físicos, pode-

se encontrar uma solução com o acompanhamento contínuo e remoto dos praticantes de exercícios físicos. Para isso faz-se necessário o desenvolvimento de aplicações que, através de diferentes sensores, obtenham dados relacionados ao estado de saúde do praticante. Neste sentido, aplicações que seguem o paradigma de computação pervasiva tornando academias em ambientes inteligentes são opções promissoras para o monitoramento dos praticantes. Porém, o desenvolvedor terá que lidar com questões não triviais, tais como: i) integração de diferentes tipos de sensores e equipamentos de alerta; ii) transporte e segurança dos dados; iii) gerenciamento de banco de dados; e iv) a disponibilização dos dados.

Diante das aplicações existentes, percebe-se a falta de uma solução com o objetivo de monitorar os sinais fisiológicos dos praticantes de exercícios físicos de forma genérica, ou seja, que possa observar vários aspectos relacionados aos cuidados com a saúde e que possa tomar decisões a partir dos dados coletados.

1.2 Objetivos

Neste trabalho tem-se como objetivo desenvolver um arcabouço que auxilie os desenvolvedores de aplicações voltadas para o monitoramento de praticantes de exercícios físicos durante a execução desses exercícios. O arcabouço abstrai o processo de comunicação dos sensores e equipamentos de alerta com a aplicação, bem como a comunicação entre os servidores local e central e o gerenciamento do banco de dados.

A validação da solução proposta neste trabalho foi realizada através de um estudo de caso. Dessa forma, desenvolveu-se uma aplicação, o Managym, utilizando o arcabouço proposto, que monitora os praticantes de exercícios físicos durante a prática. A aplicação consiste em capturar dados relacionados à saúde do usuário através de sensores, armazenando os dados processados e enviando alertas, através dos equipamentos de alerta, com base nesses dados.

1.3 Relevância

A relevância deste trabalho está relacionada com a prática de exercícios físicos com um acompanhamento adequado resultando na realização de exercícios de forma mais

adequada e segura, proporcionando aos praticantes de exercícios físicos uma melhoria da sua qualidade de vida. Desta forma, o arcabouço proposto facilita o desenvolvimento de aplicações voltadas para o acompanhamento de praticantes de exercícios durante a prática dos exercícios. Torna-se mais transparente a manipulação de diferentes tipos de sensores e equipamentos de alerta, possibilitando o desenvolvedor a focar nas regras de negócio da aplicação e no desenvolvimento dos módulos a serem acoplados ao arcabouço.

Por fim, este trabalho se insere no contexto do projeto PerComp, desenvolvido no Laboratório de Sistemas Embarcados e Computação Pervasiva da Universidade Federal de Campina Grande (Embedded), contribuindo para o avanço das pesquisas relacionadas a crescente área de *Pervasive Healthcare*.

1.4 Estrutura da Dissertação

Este trabalho está organizado segundo a estrutura a seguir:

- no Capítulo 2 é descrita uma fundamentação teórica, ou seja, uma revisão da literatura utilizada como embasamento para este trabalho. São discutidos o conceito de computação pervasiva, a computação pervasiva voltada para a saúde e bem-estar, o desenvolvimento baseado em componentes e uma descrição sobre o monitoramento de praticantes de exercícios físicos durante os exercícios;
- no Capítulo 3 são discutidos trabalhos relacionados, apresentando uma análise sobre esses trabalhos e o que diferem deste trabalho;
- no Capítulo 4 é apresentado o arcabouço proposto neste trabalho. É apresentada uma visão geral do arcabouço, sua arquitetura, onde são descritos os módulos e componentes do arcabouço, os papéis de desenvolvimento identificados e, por fim, seu funcionamento;
- no Capítulo 5 é apresentado um estudo de caso utilizando a aplicação Managym que utiliza a solução apresentada neste trabalho;
- finalmente, no Capítulo 6 são apresentadas as conclusões sobre o trabalho desenvolvido e o que pode ser realizado em trabalhos futuros.

Capítulo 2

Fundamentação Teórica

Neste capítulo é exposto um embasamento teórico visando fundamentar os conceitos envolvidos neste trabalho. Inicialmente, é apresentada uma descrição sobre o paradigma de Computação Pervasiva, abordando suas implicações e aplicações. É abordado, também, o conceito de *Pervasive Healthcare*, ou seja, a Computação Pervasiva voltada para os cuidados com a saúde. Em seguida, é feita uma breve descrição sobre o Desenvolvimento Baseados em Componentes, destacando o conceito de Componentes. E, por fim, é apresentado o domínio de Atividades Físicas, dando ênfase ao Monitoramento de Praticantes de Exercícios Físicos.

2.1 Computação Pervasiva

Em 1991 Weiser [28] propôs um novo paradigma da computação, a Computação Ubíqua, na qual os recursos computacionais estão inseridos no ambiente real, auxiliando os usuários em suas atividades sem que o usuário perceba o uso da computação. O usuário utiliza os recursos computacionais durante as suas atividades sem a responsabilidade de instalação, configuração e execução do sistema. Após a proposta de Weiser, surgiram outros paradigmas com características similares. Em 1998, a IBM, propôs a Computação Pervasiva [3], na qual o usuário tem acesso a recursos computacionais em todo lugar, a qualquer momento e em qualquer dispositivo.

Weiser também destaca diferentes fases da nossa relação com os computadores ao longo do tempo. Apesar de haver uma fase que se destaca em relação a outra, pode haver uma coexistência entre elas ou uma servir como base para o início da outra. Na Tabela 2.1 pode-

Fase	Descrição
Mainframes ou computadores de grande porte	Muitas pessoas compartilham um computador.
Computadores pessoais (PC)	Um computador, uma pessoa.
Computação distribuída ou Internet	Transição.
Computação ubíqua	Libera os recursos utilizados pelo equipamento de alerta.

Tabela 2.1: As principais tendências no desenvolvimento da tecnologia computacional. [28]

se observar as denominações e descrição dessas fases.

A fase dos computadores de grande porte caracteriza-se pela escassez e complexidade dos recursos computacionais. Segundo Weiser [28], um computador era compartilhado por várias pessoas.

A segunda fase, dos computadores pessoais, caracteriza-se pelo uso individual de um recurso computacional. Esta fase ainda é predominante na sociedade, na qual grande parte da população possui seu próprio computador.

A terceira fase é a da computação distribuída ou da Internet e é descrita como um momento de transição entre a fase dos computadores pessoais e a fase da computação ubíqua. Os recursos computacionais e as informações passam a ser distribuídos e compartilhados através da Internet, porém o ponto de acesso continua sendo através dos computadores pessoais.

Na fase da computação ubíqua, os objetos do dia a dia se comunicam e processam informações através da rede. Nesse modelo temos um ambiente em que diversos recursos computacionais são compartilhados por várias pessoas.

A Computação Ubíqua traz algumas implicações que são estudadas e discutidas por profissionais da indústria, de instituições governamentais e acadêmicos e pesquisadores de diversas áreas além da computação. Percebe-se que há grande controvérsia em relação às implicações éticas, econômicas e sociais causadas pelo uso de sistemas pervasivos [18; 34; 37; 35]. Essa discussão tem um escopo muito amplo e neste trabalho serão brevemente discutidas as principais questões.

A **privacidade** é uma das principais discussões, visto que a computação pervasiva permite que constantemente as pessoas sejam monitoradas e tenham dados pessoais armazenados sem seu consentimento. Informações como dados biométricos, pessoas com quem se relaciona, lugares visitados e produtos consumidos podem ser constantemente monitorados. Essas informações cada vez mais estão sendo monitoradas de forma imperceptível aos usuários. Apesar de ser necessário o direito de escolher ser ou não monitorado e quais informações podem ser coletadas e armazenadas, as pessoas que apoiam esse monitoramento possuem um discurso comum de que é um mal necessário que resulta mais em benefícios do que malefícios.

O **controle** que possuímos sobre os sistemas é outro ponto muito discutido. Em um ambiente em que os sistemas pervasivos estão por toda parte, faz-se necessário discutir até que ponto os sistemas podem atuar de forma independente sem que seja possível a intervenção do homem. Pinheiro [26] cita um exemplo em que o carro reconheça locais onde é proibido estacionar e não permita que o motorista desligue o carro, mas em um caso extremo, onde o motorista estivesse com problemas de saúde e precisasse desligar o carro para receber atendimento médico, o motorista deveria ter o controle sobre o sistema.

Por fim, a **transparência** é outro ponto a ser discutido. Na proposta de Weiser sobre computação ubíqua, a tecnologia deveria atuar no ambiente de maneira discreta e demandando pouco esforço do usuário, mas, apesar do pequeno, esse esforço é perceptível [28]. Com a proposta da computação pervasiva, vem a invisibilidade do sistema no ambiente. Ou seja, os sistemas operam e executam ações sem que o usuário perceba, de forma pouco transparente [3]. Apesar da nobre motivação de aprimorar a interação dos usuários com o mundo digital, deve-se ser discutido até que ponto é necessário haver uma transparência das ações realizadas pelos sistemas espalhados no ambiente.

2.1.1 Aplicações

Existem inúmeras aplicações que utilizam o paradigma de computação pervasiva, tais como: sistemas de casas inteligentes; sistemas de monitoramento e segurança; sistema de auxílio à educação; e sistemas para auxílio à saúde.

O uso da computação pervasiva para auxílio à saúde tem se tornado mais frequente. Esse tipo de sistema, conceituados como *pervasive healthcare*, está voltado tanto para a

prevenção, quanto para o auxílio no tratamento de doentes crônicos, geralmente idosos. Normalmente esses sistemas coletam dados sobre aspectos relacionados à saúde do usuário utilizando sensores e, caso hajam mudanças fora dos padrões, alertam ou comunicam-se com sistemas que auxiliem o usuário [26].

2.2 Pervasive Healthcare

Por consequência do aumento do número de idosos, do aumento do número de pessoas suscetíveis a desenvolver doenças crônicas e da diminuição do número de profissionais da área da saúde em relação à população, vários países enfrentarão sérios desafios em relação a saúde. O *United States Census Bureau* apontou, em suas pesquisas, que em 2030 haverá aproximadamente 70 milhões de habitantes com mais de 65 anos nos Estados Unidos, dobrando o número em relação a 2000 [38]. Em Toronto, Canadá, a previsão das despesas governamentais em relação à saúde é de 50% em 2011, 66% em 2017 e 100% em 2028 [21].

O modelo atual de cuidados com a saúde é comparado ao modelo de processamento de dados da fase dos *mainframes*, a primeira fase da computação, onde os cuidados são centralizados em profissionais altamente especializados de grandes hospitais com foco em casos agudos. É necessário que esse modelo seja distribuído, com o objetivo de obter respostas mais rápidas e auxiliar os pacientes nos cuidados com a própria saúde, tornando os desafios citados anteriormente mais fáceis de lidar [6].

Com o auxílio da tecnologia à medicina, as atividades realizadas pelos profissionais da área de saúde se tornaram mais eficientes e, conseqüentemente, de melhor qualidade. O auxílio da tecnologia é realizado através do uso de sensores sem fio que monitoram pacientes de forma pouco intrusiva, do uso de comunicação de vídeo e voz para realizar acompanhamentos à distância, e do uso de sensores e dados para auxiliar o monitoramento e cuidados de pacientes [41]. A utilização da computação pervasiva na área da saúde é de extrema importância para a descentralização dos cuidados com a saúde. Desse modo, unindo a computação pervasiva com cuidados da saúde pessoal, surge um novo conceito na área da computação chamado de *Pervasive Healthcare* [23]. Esse conceito surge com a finalidade de utilizar o modelo de computação pervasiva aplicado ao auxílio contínuo dos pacientes em relação à saúde e bem-estar [22].

O conceito de *Pervasive Healthcare* está relacionado com a Informática Médica e com a Engenharia Biomédica. O *Pervasive Healthcare* é focado na mudança de paradigma, a utilização da computação pervasiva voltada para a saúde, enquanto a Informática Médica e a Engenharia Biomédica estão voltadas para a melhora do modelo atual de cuidados com a saúde através do desenvolvimento de novas tecnologias [9].

Deste modo, para a formação de um ambiente propício ao *Pervasive Healthcare* é necessária uma infraestrutura que engloba sensores, redes sem fio e ligação com a Internet. O grande desafio nessa área é integrar essas tecnologias, formando um ambiente inteligente que possa coletar informações dos usuários, tomar decisões com base nessas informações e disponibilizar essas informações aos usuários [6].

O uso de recursos computacionais como rotina para acompanhamento da saúde vai de encontro à intenção de tornar a tecnologia invisível no ambiente. O conceito de *Pervasive Healthcare* faz essa integração do cuidado com a saúde e o cotidiano, de forma invisível e independente de espaço e tempo [12].

A utilização de computação pervasiva com foco nos cuidados com a saúde oferece vantagens como: i) redução dos custos, devido à descentralização dos cuidados ao paciente provido pela computação pervasiva; ii) melhoria na qualidade do serviço, por consequência da contínua coleta de dados relacionados à saúde dos pacientes; iii) melhoria da eficiência dos profissionais da saúde, em razão do auxílio dos sistemas na tomada de decisão e o fácil acesso aos dados do paciente [6].

A *Pervasive Healthcare* pode ajudar no monitoramento, diagnóstico e, também, ajudar a resolver o problema de isolamento social dos pacientes. O uso de sistemas de monitoramento auxiliam a tomada de decisões dos cuidadores com o fornecimento de dados em tempo real e permite que os pacientes mantenham uma rotina sem limitações, propiciando um maior conforto, prazer e bem-estar [7].

2.3 Desenvolvimento Baseado em Componentes

O Desenvolvimento Baseado em Componentes (DBC) caracteriza-se pelo desenvolvimento de software baseado na composição de partes já existentes, denominadas de componentes [26]. Segundo Clemens [36], esse tipo de desenvolvimento de software a partir

da composição de componentes aumenta a qualidade e aprimora o tempo de desenvolvimento e de entrega do produto. O DBC permite a inclusão, exclusão e substituição de componentes independentemente dos outros componentes, ou seja, sem a necessidade de uma completa substituição do software. Na Figura 2.1 são apresentados os elementos da arquitetura baseada em componentes. O arcabouço provê interfaces, chamadas de contratos, que são os pontos de acesso ao arcabouço. Os componentes desenvolvidos são acoplados aos pontos de acesso através das interfaces requeridas e podem ser reutilizados.

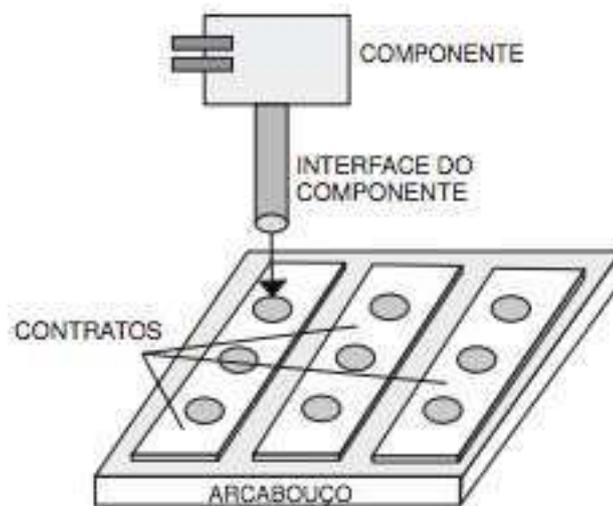


Figura 2.1: Elementos da arquitetura baseada em componentes. [17]

Segundo Brown [8], a maturidade das tecnologias e as constantes mudanças nas aplicações requeridas no contexto organizacional e de negócio são as razões pelo interesse no DBC.

Componentes são reconhecidos como uma parte identificável e reusável de um sistema de software ou como uma abstração conseguinte às funções, módulos e classes [19].

Segundo Heineman e Councill [16], um componente é um artefato que pode ser desenvolvido independentemente do software, seguindo um modelo e um padrão de composição. Os componentes possuem interfaces que provêm pontos de acesso, possibilitando a composição de outros componentes desde que estejam de acordo com os contratos providos através das interfaces.

2.4 Monitoramento de Praticantes de Exercícios Físicos

Segundo a Organização Mundial de Saúde (OMS), em 2010 cerca de 75% dos países associados à OMS obtinham algum tipo de ação para promover a prática de atividades físicas. A implantação dessas ações são importantes no combate às doenças crônicas não transmissíveis e na redução da mortalidade e invalidez prematura causadas pelo sedentarismo [1].

A OMS afirma que o monitoramento regular e contínuo das atividades físicas é um mecanismo capaz de descrever os acontecimentos ao longo do tempo. Isso possibilita realizar um melhor gerenciamento dos programas de atividade física com a finalidade de alcançar os objetivos desejados [30].

O monitoramento das atividades físicas é uma ação indispensável para o direcionamento das ações de prevenção e combate às doenças crônicas, mas essa tarefa envolve um grande volume de dados. O uso de recursos computacionais para auxiliar nesse monitoramento é de fundamental importância para auxiliar os profissionais de saúde no gerenciamento desses dados [11].

Capítulo 3

Trabalhos Relacionados

Neste capítulo são apresentados trabalhos que destacaram-se na pesquisa bibliográfica realizada e são relacionados com o objetivo da ocorrência da melhoria de vida do praticantes de exercícios físicos que possuem um acompanhamento adequado.

3.1 ACUMAAF

O Ambiente de Computação Ubíqua para o Monitoramento e Avaliação de Atividade Física (ACUMAAF) [11] é um ambiente que, remotamente e em tempo real, monitora participantes de grupos de atividade físicas utilizando tecnologias da Computação Ubíqua e redes sem fio.

O ambiente proposto coleta dados, de forma automática e coletiva, fisiológicos com a finalidade de possibilitar a geração de indicadores que possam embasar a política de incentivo a prática de atividades físicas. A coleta dos dados é realizada através de sensores colocados nos participantes de atividades físicas. Os sensores possuem tecnologia Bluetooth/ZigBee e enviam os dados coletados para o smartphone do profissional de saúde. Após coletados os dados, o profissional de saúde sincroniza os dados do smartphone para o servidor através da Internet. No servidor os dados são armazenados em um banco de dados e disponibilizados para visualização.

O ACUMAAF é um ambiente computacional que contribui para a promoção da saúde, para a melhoria da qualidade de vida e para a realização de estudos sobre a relação das atividades físicas e a prevenção das doenças crônicas não transmissíveis.

Porém, o ambiente proposto nesse trabalho possui algumas desvantagens, como:

i) apenas monitora participantes de grupos de atividades físicas acompanhadas de um profissional da área de saúde; ii) a solução foi desenvolvida com uma finalidade específica, a de obter dados para auxiliar os programas de incentivos à prática de atividades físicas; iii) e é necessária a instalação de equipamentos nos participantes dos grupos de atividades físicas para coleta dos dados.

3.2 *Webcam Pulse Detector*

Em 2014, Hearn [39] desenvolveu um *software*¹ de código aberto que, através das imagens da *webcam*, estima a frequência cardíaca do usuário. Isso é feito sem que haja a necessidade do contato do usuário com a câmera ou algum tipo de calibragem prévia.

O *software* localiza, através das imagens capturadas pela câmera, a face do usuário e isola a região da testa. A partir das imagens da região da testa colhidas em um segmento de tempo, a frequência cardíaca do usuário é estimada através da medição da intensidade óptica média apenas do canal verde da sub-imagem. Sobre os dados de intensidade óptica é aplicado um filtro de banda com a finalidade de isolar e ampliar os componentes espectrais numa faixa de 0,8Hz a 3Hz.

Em um ambiente com boa iluminação e com o mínimo de ruído, o *software* é capaz de estimar a frequência cardíaca do usuário em cerca de 15 segundos. A precisão do software foi avaliada utilizando-se dados obtidos a partir de monitores cardíacos comerciais utilizados na medicina desportiva.

Em novembro de 2013 foi lançado o console de jogos Xbox One e o acessório Kinect 2² que, além de possuir a funcionalidade de reconhecimento facial, inclui uma nova funcionalidade que mensura a taxa de batimentos cardíacos do usuário, fazendo uso apenas da sua câmera de alta definição. Para o desenvolvimento de aplicações utilizando o Kinect 2, é necessário obter o sensor Kinect para Xbox One, o adaptador do Kinect para Windows e o SDK 2.0³.

Esse trabalho e o Kinect 2 propõem uma boa solução para medição de batimentos cardíacos de forma pervasiva. Porém, capturam apenas os dados de batimentos cardíacos,

¹<https://github.com/thearn/webcam-pulse-detector>

²<http://www.xbox.com/pt-br/Xbox-One/get-the-facts?xr=shellnav>

³<http://www.microsoft.com/en-us/kinectforwindows/purchase>

esse dados não são armazenados e não há tomadas de decisões a partir desses dados. Contudo, este trabalho e o Kinect 2 podem ser utilizados como um componente a ser acoplado no arcabouço proposto neste trabalho, servindo como um módulo de sensor.

3.3 Personal Digital Exercise Trainer for Managing, Monitoring and Recording the Exercise

Diwakar [33] desenvolveu um dispositivo móvel que gerencia, monitora e armazena dados sobre o estado físico dos usuários durante a prática de atividades físicas. O dispositivo funciona como guia para o usuário realizar exercícios físicos com maior eficiência e atingir suas metas.

Esse dispositivo auxilia os usuários a gerenciar seus exercícios físicos, pois ele armazena em sua memória informações sobre o programa de exercícios, como: data e hora de início, duração e intensidade. Durante a atividade física, o dispositivo monitora e armazena os parâmetros fisiológicos do usuário, como: frequência cardíaca, número de passos e consumo de energia. Se esses parâmetros saírem do padrão estabelecido, o dispositivo alarma para chamar a atenção do usuário sobre a anormalidade dos parâmetros.

O dispositivo proposto nesse trabalho é útil para o monitoramento dos usuários durante os exercícios físicos. Porém, a solução proposta não é extensível e é necessário que o usuário manipule o dispositivo, ou seja, é necessário que o usuário configure e utilize a solução.

3.4 ExerTrek

O ExerTrek [40] é um sistema para dispositivo portátil que monitora a frequência cardíaca dos usuários durante a atividade física. Foi construído em cima da tecnologia MobiCare [24] e utilizando uma adaptação da fórmula para exercícios de Fox e Haskell.

Uma vez que o usuário configura o sistema com suas informações pessoais e o objetivo a ser alcançado com os exercícios físicos, o sistema irá guiar o usuário a obter o máximo de aproveitamento com os exercícios sem ultrapassar seus limites. A captura dos sinais ECG é realizada através de sensores colocados no usuário que se comunicam com o dispositivo móvel através de comunicação via Bluetooth.

A solução proposta possui a vantagem de utilizar o smartphone para monitorar os sinais ECG do usuário. As desvantagens do sistema são: a necessidade do uso de sensores pelo corpo; e não pode ser estendido para a captura de diferentes tipos de dados.

3.5 SQUID

O SQUID [5] é uma camisa inteligente, de baixo custo, que incorpora módulos de aquisição de batimentos cardíacos e uma eletromiografia (EMG) de seis canais. Ela foi desenvolvida para monitorar pacientes que tiveram AVC nos exercícios físicos realizados durante a reabilitação realizada em casa, agilizando a liberação de pacientes dos hospitais.

A camisa comunica-se com um aplicativo desenvolvido para smartphones. Os dados coletados são armazenados em um banco de dados nas nuvens possibilitando o acompanhamento remoto do terapeuta do hospital.

O sistema pode ser utilizado no monitoramento de vários exercícios de fisioterapia que tem como base no treinamento de força ou coordenação de grupos musculares específicos.

O SQUID tem algumas vantagens, como: diminuir a quantidade de pacientes no hospital, diminuindo custos e permitindo novos atendimentos; a camisa possui baixo custo; e os dados são disponibilizados *on-line*. Porém, o sistema possui algumas limitações, tais como: o sistema foi desenvolvido especificamente para ser utilizado na reabilitação de pacientes que tiveram AVC; apesar de ser uma tecnologia *wearable* o usuário precisa vestir a camisa específica; e não pode ser estendido para a captura de diferentes tipos de dados.

3.6 Arcabouço de Desenvolvimento de Aplicações de Monitoramento Remoto e Auxílio de Pessoas com Doença de Alzheimer

Nogueira [10] propôs um arcabouço de desenvolvimento de aplicações de monitoramento remoto e auxílio de pessoas com doença de Alzheimer. O arcabouço cria uma abstração da comunicação entre os sensores e as aplicações diminuindo a complexidade do desenvolvimento das aplicações.

A solução proposta foi desenvolvida utilizando uma arquitetura baseada em componentes que possui três elementos principais: i) servidor central; ii) servidor local; iii) aplicativo móvel. O aplicativo móvel é utilizado para que o cuidador acompanhe remotamente o paciente e usado como auxílio cognitivo para os pacientes através de exercícios. Adicionalmente, há dois tipos de papéis de desenvolvimento: desenvolvimento de componente de sensor e desenvolvimento de componente de processo.

A validação do arcabouço foi realizada através do desenvolvimento de um estudo de caso. Foi desenvolvido uma aplicação para monitoramento remoto e auxílio de pessoas com doença de Alzheimer e testado em um ambiente controlado com alunos voluntários da Universidade Federal de Campina Grande (UFCG).

A solução proposta neste trabalho possui bastante semelhança com a solução proposta por Nogueira, mas existem alguma diferenças importantes. O arcabouço de desenvolvimento de aplicações de monitoramento remoto e auxílio de pessoas com doença de Alzheimer foi construído para suprir as necessidades específicas para auxiliar pessoas com doença de Alzheimer. O aplicativo móvel possui monitoramento remoto através de imagens de câmeras e possui exercícios que auxiliam cognitivamente. O servidor local tem apenas a funcionalidade de capturar os dados através dos sensores, enquanto todo o processamento dos dados, gerenciamento de notificações e armazenamento dos dados é realizada no servidor central.

O arcabouço proposto neste trabalho é voltado para o monitoramento de praticantes de exercícios físicos durante a atividade física. O servidor local possui, além da função de capturar os dados através dos sensores, o gerenciamento de alertas que são enviados através de equipamentos diversos e o processamento de dados, pois é necessário que os dados sejam processados em um mínimo de tempo possível para que haja um envio de alerta imediato, evitando maiores danos à saúde do praticante de exercícios físicos. O servidor central tem o objetivo de armazenar os dados e prover uma API de serviços. O módulo de armazenamento de dados foi desenvolvido de uma forma genérica para aceitar quaisquer tipos de dados. Por fim, foi utilizada a criptografia assimétrica para transportar os dados entre o servidor local e o servidor central, garantindo a confidencialidade dos dados.

3.7 Considerações sobre os Trabalhos Relacionados

Nas seções anteriores foram apresentados trabalhos que provêem soluções para monitorar praticantes de exercícios físicos com o objetivo de melhorar a saúde e a qualidade de vida. Apesar de existirem várias soluções que visam o monitoramento dos praticantes de atividades físicas, percebe-se que as soluções focam em uma funcionalidade e não levam em consideração a extensibilidade das soluções e o desenvolvimento de novas aplicações.

Especificamente, nos trabalhos apresentados nas seções anteriores não existe uma abordagem que seja extensível, que permita integrar diferentes tipos de sensores e de dados coletados, bem como possibilite a análise dos dados, emita alertas e disponibilize os dados para consulta.

Os sistemas apresentados anteriormente possuem a finalidade de monitoramento de dados específicos para que seja possível chegar a um objetivo específico. Não é possível se estender esses sistemas possibilitando-os realizar o monitoramento de diferentes tipos de dados. Alguns dos trabalhos podem ser utilizados como componentes de sensores

O arcabouço proposto neste trabalho possui uma arquitetura baseada em componentes, possibilitando que os desenvolvedores integrem diferentes tipos de sensores e equipamentos de alerta com o arcabouço. Logo, o arcabouço possibilita o processamento de diferentes tipos de dados. O arcabouço permite ainda a tomada de decisões e realização de ações preventivas, além de armazenar e disponibilizar todos os dados coletados para visualização.

Capítulo 4

Arcabouço para o Desenvolvimento de Aplicações de Monitoramento de Praticantes de Exercícios Físicos

Neste capítulo são apresentadas as principais características e o funcionamento do arcabouço proposto. Dessa forma, é apresentada uma visão geral do arcabouço, a arquitetura utilizada no arcabouço, além dos papéis de desenvolvimento suportados pela solução e seu funcionamento.

4.1 Visão Geral

Para resolver o problema descrito anteriormente, é necessário implantar um sistema nas academias para auxiliar os profissionais de educação física no acompanhamento dos praticantes de exercícios físicos. O sistema possui sensores (*camera*, *kinect*, *smartphone*), sistemas de alerta (som, luz, *smartphone*, aparelhos de atividade física) para notificar o usuário sobre alterações anormais na atividade física, sistema web e aplicativo para *smartphone*, onde serão configuradas as informações e acessados os dados e histórico dos usuários.

Os sensores e alertas podem ser desde equipamentos simples, como câmera, *kinect*, som, luz e *smartphones* cadastrados ao sistema, como fabricantes de equipamentos de exercícios físicos e de monitoramento (bicicletas ergométricas, esteiras, pulseiras inteligentes etc)

podem, utilizando as interfaces do arcabouço, integrar os seus equipamentos aos sistemas que utilizam o arcabouço.

A Figura 4.1 apresenta o comportamento das aplicações que utilizam a solução apresentada. A solução dispõe de três responsabilidades entre os usuários: o praticante de exercícios; o instrutor; e o administrador.

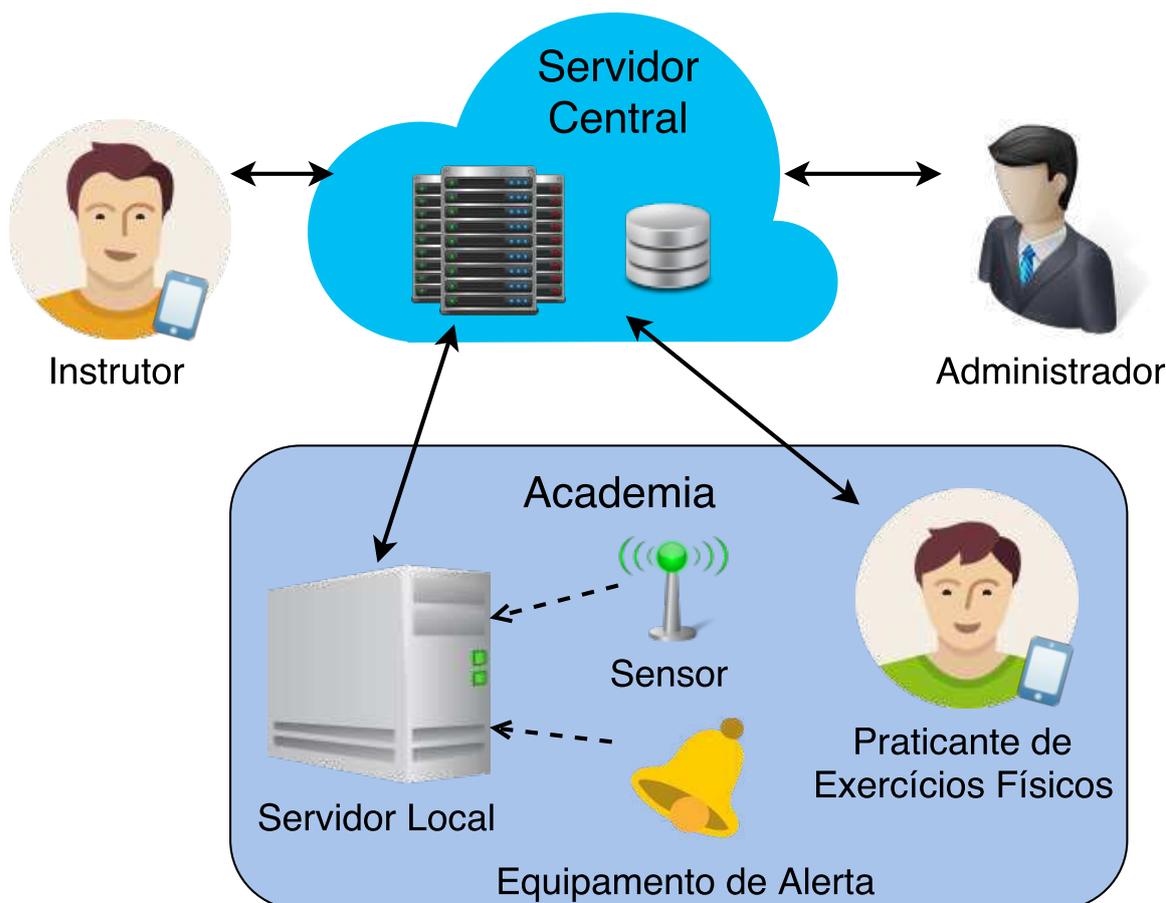


Figura 4.1: Visão geral do arcabouço.

O **praticante de exercícios físicos**, cadastrado no sistema pelo seu instrutor, poderá acessar o histórico dos seus dados coletados, verificar estatísticas sobre esses dados e consultar os exercícios dos seus treinos atuais (nome, descrição do exercício e imagens). Se os sensores detectarem alguma anormalidade durante o treino, um alerta será enviado para o praticante e para o seu instrutor.

O **instrutor** será o administrador dos seus alunos (praticantes de exercícios físicos). Neste contexto, será possível cadastrar praticantes de exercícios físicos, associar como seu

aluno, consultar os dados dos seus alunos (dados cadastrais e coletados), configurar os limites sobre os exercícios para os seus alunos e consultar as estatísticas dos seus alunos. Além disso, o instrutor poderá criar e alterar treinos para seus alunos, bem como receberá alertas sobre os treinamentos dos alunos e poderá, também, enviar alertas para o aplicativo do aluno.

O **administrador** é o responsável por configurar o sistema, cadastrar um novo equipamento de alerta, cadastrar novos sensores, acessar estatísticas do sistema (quantidade de usuários cadastrados, frequências dos usuários, exercícios mais praticados etc) e receber alertas relativos ao funcionamento do sistema (falha em sensores e equipamentos de alerta cadastrados, além de outras falhas do sistema). Dessa forma, para acesso remoto ao sistema, o administrador cadastra e fornece nome de usuário e senha aos usuários do sistema com permissões relacionadas ao seu papel na aplicação.

4.2 Arquitetura

O arcabouço proposto e desenvolvido neste trabalho foi desenvolvido segundo uma arquitetura baseada em componentes. O Desenvolvimento Baseado em Componentes (DBC) tem o objetivo de quebrar os blocos monolíticos em componentes interoperáveis, reduzindo, por meio da reutilização de componentes, a complexidade no desenvolvimento e os custos [19].

A solução proposta é composta por classes concretas e interfaces. Possui pontos de extensão, chamados de *hot-spots* ou *plug points*, que são os pontos a serem preenchidos pela utilização, também chamada de instanciação, do arcabouço. Os componentes do arcabouço que são invariantes, são chamados de *frozen-spots*, como ilustrado na Figura 4.2. As áreas com cor cinza são os *frozen-spots*, que são os componentes fixos do arcabouço que não precisam ser complementados na instanciação. Os *frozen-spots* são responsáveis pela encriptação dos dados, pelo transporte de forma segura e pelo gerenciamento do banco de dados. Já os *hot-spots* estão representados pelas áreas de cor azul e são compostos pelos componentes que permitem o acoplamento de novos componentes através das interfaces ISensor, IAlerta e IProcessamento.

Como pode ser visto na Figura 4.2, os principais elementos da arquitetura proposta são o

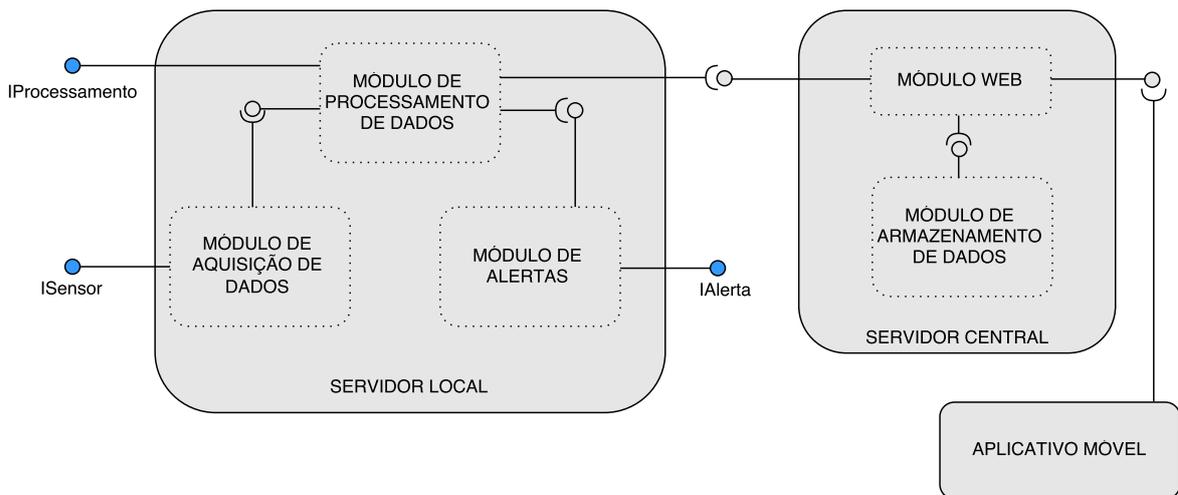


Figura 4.2: Arquitetura do arcabouço e seus principais módulos.

servidor central, o servidor local e o aplicativo para dispositivos móveis.

O **Servidor Central** deve ser instalado em uma máquina com servidor web e conexão com a Internet. É o responsável por fornecer os serviços de armazenamento e web para a aplicação. A comunicação com os demais elementos é realizada através de uma API disponibilizada pelo módulo web.

O **Servidor Local** é o responsável pela coleta, processamento e análise dos dados, além do envio de alertas, e deve ser instalado nas academias onde os praticantes de exercícios físicos serão monitorados. Este é o elemento principal do arcabouço, pois nele serão cadastrados os sensores e os equipamentos de alarme, bem como serão coletados os dados dos sensores, os dados serão processados, analisados e enviados, via internet, para o Servidor Central. Caso seja necessário, alertas serão enviados através dos dispositivos de alerta. A comunicação com os sensores e os dispositivos de alertas podem ser feitos utilizando tecnologias com fio ou sem fio.

O **Aplicativo para Dispositivos Móveis** é a interface do Servidor Central com o usuário. As informações são disponibilizadas de acordo com o tipo de usuário que está acessando. Existem dois tipos de usuários, instrutor e aluno, que serão detalhados na Seção 4.2.3.

4.2.1 Servidor Central

O Servidor Central foi desenvolvido utilizando um *framework web opensource* e deve estar disponível em um servidor *web* com acesso contínuo à Internet. É fornecido um *web service* que, através de uma API de serviços, proporciona a comunicação entre o Servidor Central e os demais componentes do arcabouço.

Este componente é composto por dois módulos: o módulo *web* e o módulo de armazenamento de dados, como pode ser visto na Figura 4.2.

O módulo *web* é o responsável pela comunicação com os demais componentes do arcabouço e é onde se inicia o fluxo do Servidor Central. Os componentes fazem requisições ao módulo *web*, através do *web service*, em seguida o módulo *web* acessa o dados através do módulo de armazenamento de dados. As requisições podem ser de consulta ou inclusão. No fluxo de requisição de inclusão o *web service* recebe os dados coletados e processados no Servidor Local e envia para o módulo de armazenamento de dados que irá adicioná-los ao banco de dados.

Módulo *web*

É o responsável por disponibilizar os dados dos alunos aos outros componentes do arcabouço e pelo gerenciamento da autenticação dos usuários no sistema. O módulo *web* foi desenvolvido utilizando o *framework* Django e segue o modelo MVC (*Model-View-Controller*), onde o Modelo é representado no módulo *models*, a Visão é representado pelos arquivos html contidos na pasta *templates* e o Controlador está dividido entre os módulos *views* e *urls*. Sua estrutura e interação são representados na Figura 4.3. As requisições ao módulo *web* são gerenciadas pelo módulo *urls* que fornece uma API de serviços cujos principais serviços estão descritos na Tabela 4.1.

Módulo de armazenamento de dados

Responsável por toda a comunicação do módulo *web* com o banco de dados, como pode ser visualizado na Figura 4.3. Sua principal função é armazenar os dados dos usuários recebidos através do módulo *web*. A definição do banco de dados é descrita no módulo de configurações e os modelos declarados no módulo de modelos são mapeados para o banco

Serviço	Descrição
register	Cadastra um novo usuário no sistema.
login	Realiza a autenticação do usuário no sistema.
logout	Desconecta o usuário do sistema.
get_data_labels	Recebe todos os tipos de dados cadastrados.
get_data	Recebe os dados de um tipo e de um usuário.
save_data	Envia dados de um tipo e um usuário para ser armazenado.
send_notification	Envia notificação por e-mail para um usuário.
check_in_exercise	Define qual usuário está em qual exercício.

Tabela 4.1: Principais serviços disponibilizados pela API do módulo *web*.

de dados utilizando-se a técnica de mapeamento objeto-relacional (ORM, do inglês *object-relational mapper*). Neste sentido, para o arcabouço foi escolhido o sistema de gestão de banco de dados MySQL.

4.2.2 Servidor Local

O Servidor Local está fisicamente localizado na academia onde os praticantes de exercícios físicos serão monitorados conforme a Figura 4.2. Deve permanecer ligado durante todo o tempo de funcionamento da academia sem restrição de energia, visto que o monitoramento dos praticantes de exercícios físicos deve ser contínuo, e deve existir conexão com a Internet tornando possível a comunicação com o Servidor Remoto. Essa comunicação é feita de forma segura, utilizando o protocolo http para o transporte dos dados e a criptografia assimétrica, também conhecida como criptografia de chave pública, para ofuscar os dados. O acompanhamento contínuo dos praticantes de exercícios físicos é realizado através de diferentes tipos de sensores espalhados pela academia. Devem utilizar tecnologias de baixo consumo de energia, visto que o processamento dos dados é realizado apenas no Servidor Local. Os alertas são realizados através de equipamentos espalhados pela academia de forma que sejam perceptíveis aos alunos ou que ajam de forma autônoma para garantir a normalidade do estado do aluno.

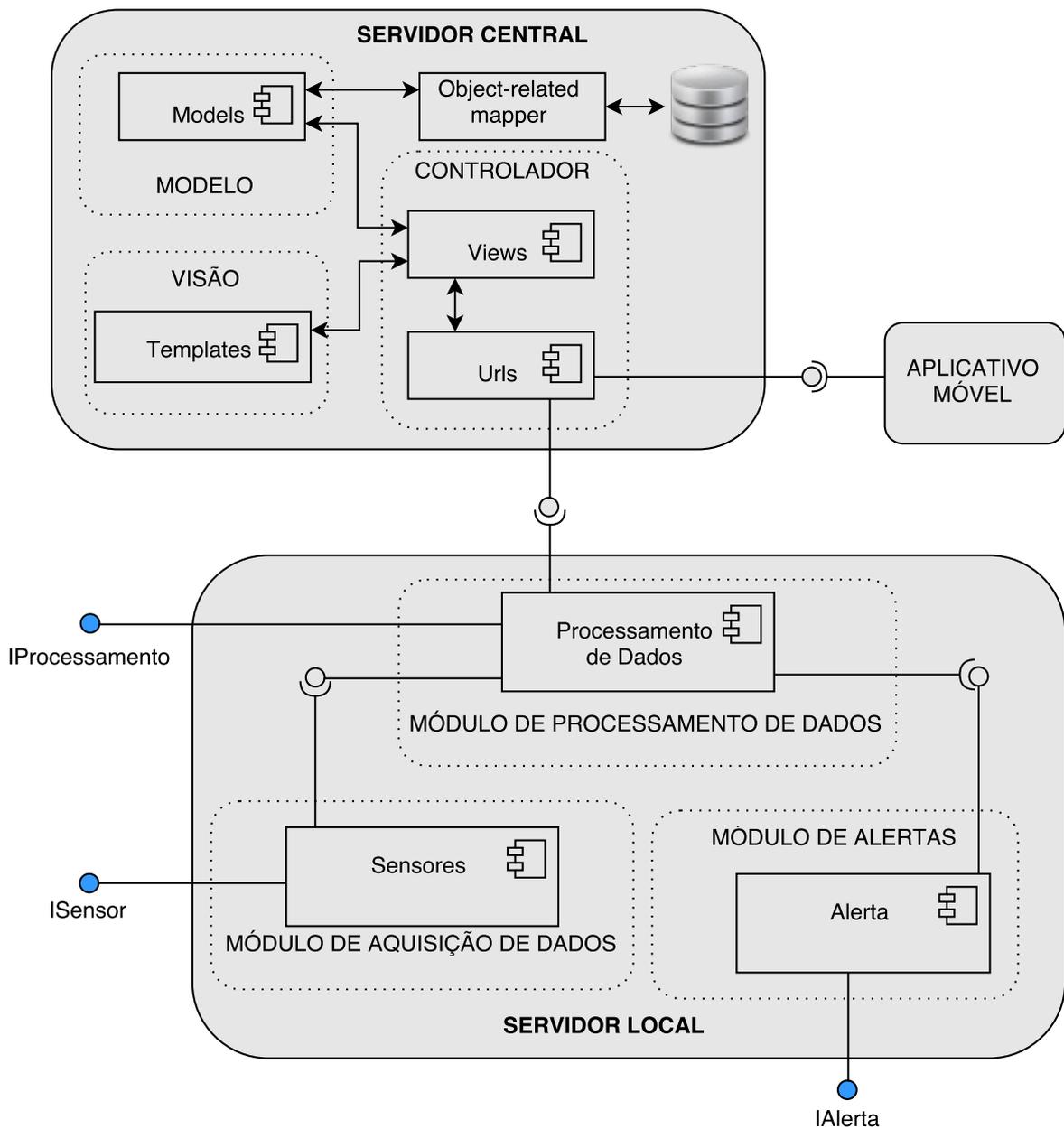


Figura 4.3: Detalhes sobre os módulos e componentes.

Módulo de aquisição de dados

Tem como principal função obter os dados coletados pelos sensores. A comunicação entre o módulo e os sensores pode ser realizada com fio, utilizando tecnologias como USB e Thunderbolt, ou sem fio, utilizando tecnologias como Bluetooth LE e ZigBee. Na Figura 4.3 pode-se perceber que o gerenciamento dos sensores é realizado através do submódulo Sensores utilizando a interface ISensor, provida pelo arcabouço para realizar a comunicação

entre os sensores e o Servidor Local através dos métodos descritos na Tabela 4.2.

Método	Descrição
init	Inicializa os atributos do sensor.
configure	Realiza as configurações necessárias para o funcionamento do sensor.
run	Inicia o sensor para coletar os dados.
finalize	Para o sensor e libera os recursos utilizados.
get_new_data	Envia novos dados válidos providos pelo sensor.

Tabela 4.2: Descrição dos métodos providos pela interface ISensor.

Módulo de processamento de dados

É responsável pelo processamento dos dados coletados no módulo de aquisição de dados. O tempo de processamento dos dados deve ser curto, pois é no módulo de processamento de dados que é tomada a decisão de enviar um alerta. O processamento dos dados é realizado por um submódulo que implementa a interface IProcessamento, como ilustrado na Figura 4.3. Para cada sensor instalado existe um módulo de processamento de dados, sendo possível a reutilização de um módulo já existente, ou seja, um módulo de processamento de dados pode processar os dados de um ou mais sensores. Os métodos providos pela interface IProcessamento são descritos na Tabela 4.3.

Método	Descrição
init	Inicializa os atributos necessários para o processamento dos dados.
configure	Realiza as configurações necessárias para o processamento dos dados.
get_processed_data	Processa e envia os dados coletados pelos sensores.

Tabela 4.3: Descrição dos métodos providos pela interface IProcessamento.

Módulo de alerta

O módulo de alerta tem como função receber um comando de alerta e, de acordo com o tipo de equipamento de alerta, enviar o alerta ao equipamento. O equipamento de alerta pode ser de vários tipos como: uma notificação no celular, uma sirene na academia ou um equipamento de exercício físico. Caso seja um equipamento de exercício físico, o alerta pode ser uma ação. Por exemplo, diminuir a velocidade de uma esteira ergométrica. Como apresentado na Figura 4.3, o submódulo de alerta deve implementar a interface IAlerta o qual provê os métodos descritos na Tabela 4.4.

Método	Descrição
init	Inicializa os atributos do equipamento de alerta.
configure	Realiza as configurações necessárias para o funcionamento do equipamento de alerta.
send_alert	Executa as ações necessárias para enviar o alerta ou para garantir a normalidade do estado do aluno.
finalize	Libera os recursos utilizados pelo equipamento de alerta.

Tabela 4.4: Descrição dos métodos providos pela interface IAlerta.

4.2.3 Aplicativo para Dispositivos Móveis

O aplicativo foi desenvolvido para dispositivos móveis que possuem o sistema operacional Android. O aplicativo permite que o usuário acesse os dados coletados pelos sensores, tais como: frequência cardíaca; peso; e número de passos, permite selecionar o exercício que irá praticar e permite, também, adicionar dados pontuais como peso e medidas corporais. Para acessar o aplicativo é necessária a autenticação do usuário para os dois tipos: Instrutor e Aluno. Os usuários do tipo Instrutor possuem permissão para acessar os dados de todos os seus alunos, podendo, também, adicionar dados a eles. Para os usuários do tipo Aluno, são disponibilizados apenas os seus dados pessoais coletados pelos sensores ou adicionados pelo instrutor.

4.3 Papéis de Desenvolvimento

O arcabouço foi desenvolvido com uma arquitetura baseada em componentes, possuindo uma estrutura bem definida de componentes. Baseado nisso, o arcabouço provê três interfaces, tornando-se claras as responsabilidades dos envolvidos no processo de desenvolvimento da aplicação.

Na Figura 4.4, são apresentados os papéis de desenvolvimento e sua interação com o arcabouço, discutidos a seguir.

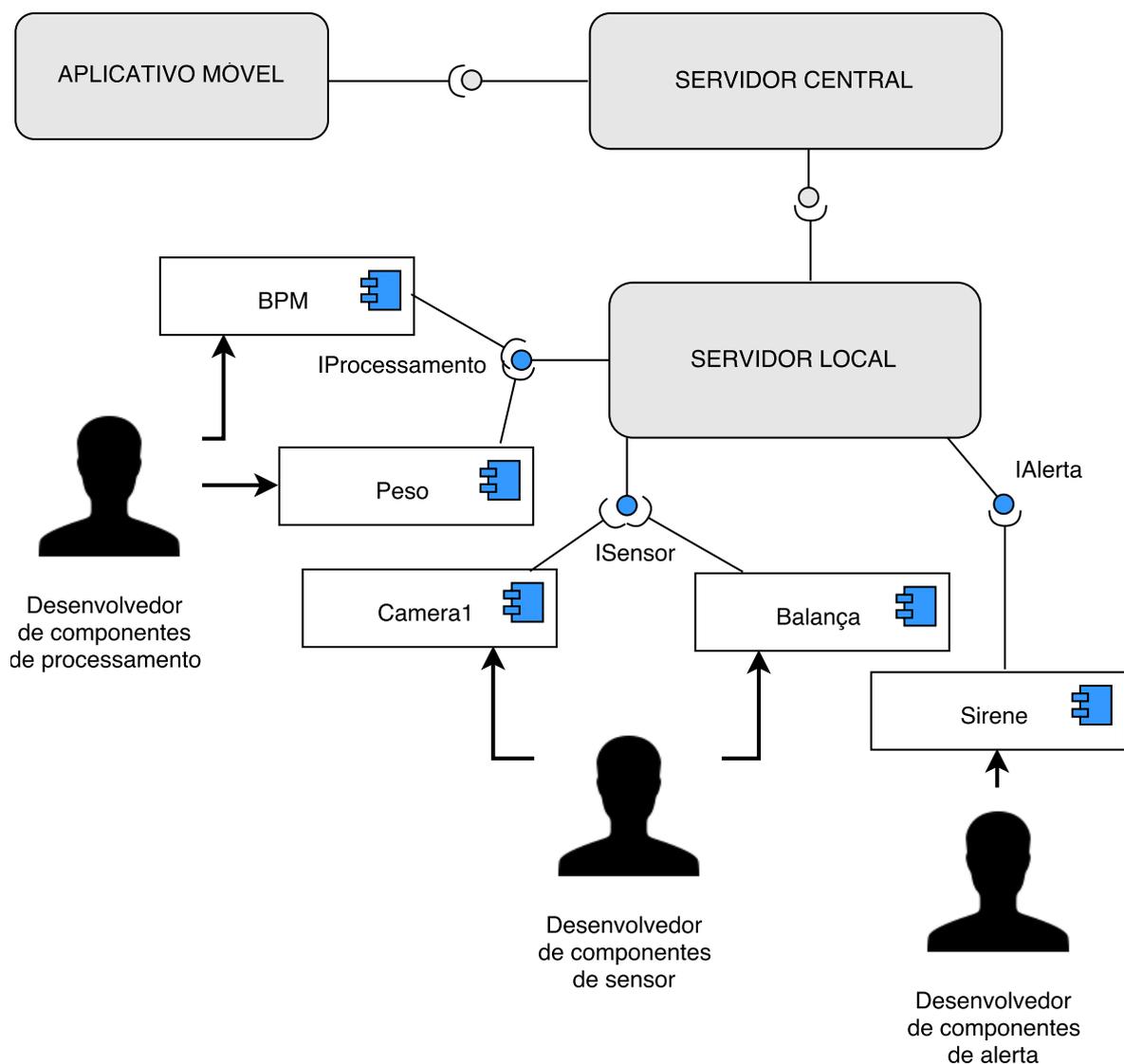


Figura 4.4: Papéis de desenvolvimento suportados pelo arcabouço.

4.3.1 desenvolvedor de componente de sensor

O desenvolvedor de componente de sensor é o responsável pelo desenvolvimento dos componentes que coletam os dados dos sensores, seguindo a estrutura provida pela interface ISensor apresentada na Tabela 4.2. A utilização de componentes e interfaces permite não só a reutilização de componentes do arcabouço, mas, também, a utilização de componentes de terceiros.

Visando a grande variedade de sensores existentes no mercado e sabendo-se que essa variedade está em constante crescente, o arcabouço foi arquitetado para separar os componentes do sensor dos componentes do arcabouço. Isso foi possível devido ao desenvolvimento de uma interface simples, diminuindo a complexidade no desenvolvimento dos componentes.

4.3.2 desenvolvedor de componente de alerta

O desenvolvedor de componente de alerta desenvolve os componentes que utilizam equipamentos de alerta para emitir alertas aos usuários ou equipamentos de exercícios físicos para realizarem ações com a finalidade de normalizar o estado do praticante de exercícios físicos.

A função do desenvolvedor de componente de alerta é similar ao do desenvolvedor de componente de sensor. O arcabouço possibilita, de forma simples através da interface IAlerta, descrita na Tabela 4.4, desenvolver componentes para os diferentes tipos de equipamentos de alerta.

4.3.3 desenvolvedor de componente de processamento

O desenvolvedor de componente de processamento tem a função de desenvolver o componente de processamento de dados. Esse papel de desenvolvimento tem como principal função utilizar técnicas de extração de dados para extrair apenas as informações que devem ser assistidas. O componente de processamento de dados possui, também, a responsabilidade de, a partir dos dados refinados, tomar decisões, de acordo com limites adotados, sobre a necessidade de enviar alertas ao usuário.

Cada componente de aquisição de dados precisa estar associado a um componente de

processamento de dados. O processamento dos dados deve ser realizado de acordo com o tipo de dado que o sensor captura, podendo um componente de processamento ser reutilizado por vários componentes de sensores de acordo com seus dados capturados.

4.4 Funcionamento do Arcabouço

A aplicação final requer sensores e equipamentos de alerta instalados na academia, instrutores e informações dos praticantes de exercícios físicos cadastrados no sistema e a aplicação móvel instalada nos dispositivos móveis que serão utilizados. O seu funcionamento pode ser dividido em quatro partes: i) monitoramento; ii) processamento; iii) análise; iv) alerta; v) consulta.

Na fase de monitoramento serão utilizados sensores de baixo custo, pois será necessário pelo menos um sensor para cada equipamento de exercício físico. Os sensores enviam os dados para o servidor local, instalado na academia, através do módulo de aquisição de dados. A comunicação entre os sensores e o servidor local pode ser realizada através de tecnologias com fio ou sem fio, tais como: USB, BlueTooth e ZigBee.

No servidor local os dados coletados pelos sensores são processados. É realizado um filtro e uma mineração dos dados para que sejam extraídas apenas as informações pertinentes para o monitoramento. A partir das informações extraídas dos dados é realizada uma análise, utilizando-se limiares, tornando possível a tomada de decisões apropriadas pelo sistema.

Realizada a análise das informações, caso haja alguma anormalidade nas informações o sistema pode enviar alertas ou ações para os equipamentos de alerta. O alerta pode ser desde um alerta visual ou sonoro até uma interação com equipamentos com a finalidade de normalizar o estado do praticante de exercícios físicos.

Todos os dados coletados pelos sensores são armazenados no Servidor Central. Na fase de consulta o histórico de dados coletados pode ser consultados através do sistema web ou do aplicativo instalado no smartphone.

4.5 Conclusão do Capítulo

Neste capítulo foi descrita a solução utilizada no desenvolvimento do Arcabouço para o Desenvolvimento de Aplicações de Monitoramento de Praticantes de Exercícios Físicos. Na solução foram destacados: i) a integração dos vários tipos de sensores, tais como: câmeras; sensores de movimento; e sensores de temperatura, e equipamentos de alerta, tais como: sirenes; luzes; e equipamentos de exercícios físicos, com o sistema; ii) a transmissão, de forma segura, dos dados coletados; iii) o envio de alertas aos usuários em casos de anormalidade no estado dos mesmos durante a prática dos exercícios físicos; iv) a disponibilidade dos dados do usuário para consulta, facilitando o acompanhamento ao longo do tempo.

Além disso, foi descrita uma visão geral do arcabouço e foi apresentada a arquitetura do arcabouço, detalhando os principais elementos, seus módulos e as interfaces providas pelo arcabouço, utilizando os conhecimentos apresentados no Capítulo 2. Adicionalmente, foram descritos os papéis de desenvolvedores e de usuários finais.

Capítulo 5

Estudo de Caso

Neste capítulo é apresentado um estudo de caso com o objetivo de validar o arcabouço descrito no Capítulo 4 e demonstrar o auxílio do arcabouço no desenvolvimento de aplicações para o monitoramento de praticantes de exercícios físicos. A aplicação desenvolvida no estudo de caso utiliza dados coletados pelo sensor, sistema de alerta e serviços disponibilizados pela API. Inicialmente, é apresentada uma descrição da aplicação. Em seguida, são apresentados os componentes desenvolvidos para, utilizando as interfaces, acoplar ao arcabouço. Ao final, são apresentadas as etapas para a execução da aplicação.

5.1 Visão Geral

O Managym é uma aplicação que auxilia os instrutores no monitoramento remoto dos praticantes de exercícios físicos. Seu foco está no monitoramento da frequência cardíaca durante a prática de atividades aeróbicas utilizando esteiras ou bicicletas ergométricas. Para isso, utiliza-se um sensor disposto no local onde será praticado o exercício físico aliado a um algoritmo de processamento dos dados e dispositivos para envio de alertas.

A fim de um melhor entendimento do funcionamento da aplicação, na Figura 5.1 são ilustradas as principais entidades do Managym. Nesta aplicação há quatro entidades: o Servidor Central, o Servidor Local, o sensor e o dispositivo móvel que funcionará, também, como um dispositivo de alerta.

O monitoramento remoto é realizado pelos dados referentes à frequência cardíaca, capturados através do sensor instalado no local da prática da atividade física. Para isso,

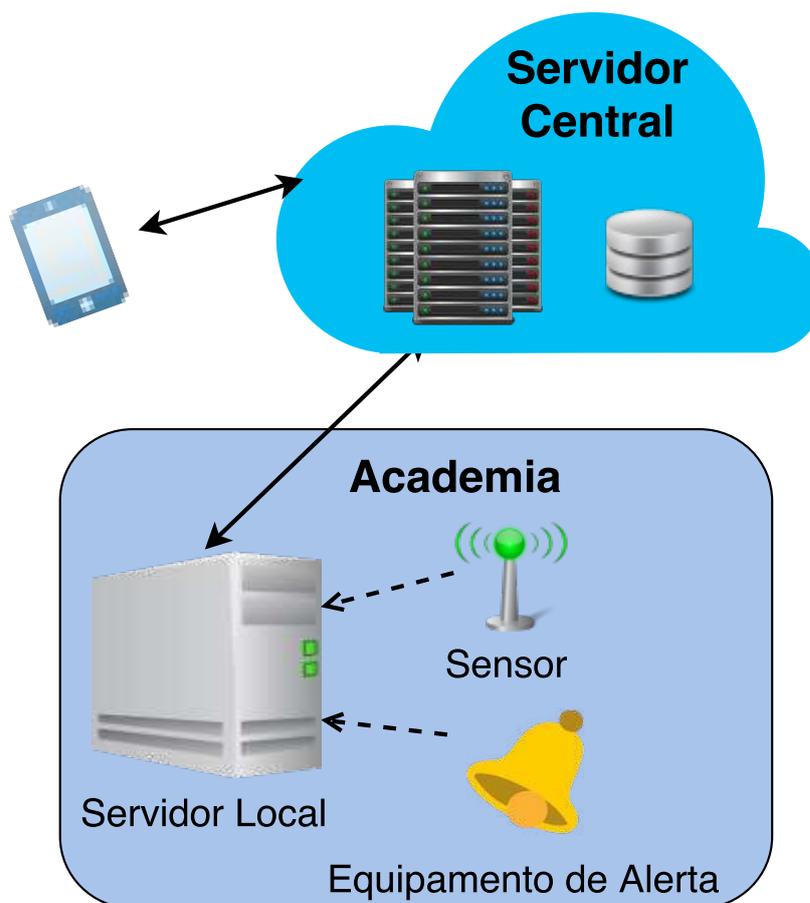


Figura 5.1: Visão geral das entidades do Managym.

utilizou-se a aplicação *Webcam Pulse Detector*¹ que através das imagens da webcam, estima a frequência cardíaca do usuário.

5.2 Desenvolvimento de Componentes

O arcabouço foi desenvolvido com uma arquitetura baseada em componentes com interfaces bem definidas, permitindo a sua extensibilidade. Deste modo, são identificados os seguintes papéis de desenvolvimento suportados pela solução: desenvolvimento de componentes de processamento, desenvolvedor de componentes de sensor e desenvolvedor de componentes de alerta. Nas subseções 5.2.1, 5.2.2 e 5.2.3 são apresentados detalhes da implementação da aplicação Managym e os códigos fonte dos componentes desenvolvidos estão disponíveis no

¹<https://github.com/thearn/webcam-pulse-detector>

Apêndice A.

5.2.1 Componente de Processamento

Os componentes de processamento tem como finalidade filtrar os dados obtidos pelos componentes de sensor, extrair e refinar esses dados para que obtenha-se apenas o que interessa dos dados. Cada componente de processamento é desenvolvido para tratar um tipo de dado e colher um tipo de informação sobre o estado do praticante de exercícios físicos, ou seja, cada componente de sensor possui um componente de processamento para o seu tipo de dados e informação a ser extraída. Porém, um componente de processamento pode ser reutilizado para refinar os dados de vários sensores, desde que possuam um mesmo tipo de dados e tenham a mesma finalidade, por exemplo: várias cameras em diferentes exercícios físicos para acompanhar a frequência cardíaca dos praticantes de atividade físicas.

Para tornar possível a comunicação entre o componente de processamento e a aplicação, ou seja, acoplar o componente ao arcabouço, é necessário que os componentes desenvolvidos implementem a interface *IProcessamento* provida pelo arcabouço proposto e que possui os métodos descritos na Tabela 4.3.

Na aplicação *Managym*, foi desenvolvido um componente de processamento para identificar a frequência cardíaca do usuário a partir das imagens captadas pela *webcam*. Para realizar esse processamento de imagem e extrair os dados úteis, foi utilizado a aplicação *Webcam Pulse Detector* [39].

5.2.2 Componente de Sensor

O arcabouço proposto dá suporte à integração de qualquer tipo de sensor. Esta integração é realizada através do desenvolvimento de componentes com base na interface provida *ISensor*. Essa interface provê os métodos, que estão descritos na Tabela 4.2, necessários para que seja possível realizar a comunicação dos sensores físicos à solução.

Para a captura de dados referentes à frequência cardíaca existem vários tipos de sensores específicos para esse tipo de medição. O foco no *Managym* foi utilizar equipamentos disponíveis e de fácil acesso, além de, preferencialmente, utilizar um sensor não intrusivo e que não fosse necessário o manuseio por parte do usuário. Decidiu-se utilizar a aplicação

*Webcam Pulse Detector*² que através das imagens da *webcam*, estima a frequência cardíaca do usuário.

Com base nos requisitos expostos, foi utilizado como sensor, uma *webcam* de alta definição para realizar a captura das imagens necessárias para estimar frequência dos batimentos cardíacos. A *webcam* escolhida para a captura das imagens foi a Câmera FaceTime HD de 720p, camera *built-in* do macbook pro.

Para realizar a manipulação dos dados providos pelo sensor, a aplicação *Webcam Pulse Detector* utiliza a biblioteca *Open Source Computer Vision - OpenCV* [15] para a linguagem Python 2.7.2.

5.2.3 Componente de Alerta

O arcabouço proposto dá suporte, através do desenvolvimento de componentes com base na interface IAlerta, à integração de qualquer tipo de equipamento de alerta. Essa interface provê os métodos, que estão descritos na Tabela 4.4, necessários para que seja possível realizar a comunicação dos equipamentos de alerta com a solução apresentada.

Na aplicação Managym, utilizamos o smartphone, que possui a aplicação móvel instalada, para ser utilizado como um equipamento de alerta. Para isso, utilizou-se o sistema de *Push Notifications* do Android através da biblioteca provida pelo *Google Cloud Messaging (GCM)*. Esse sistema de *Push Notifications* funciona com o cadastro dos smartphones e o envio, através do servidor nas nuvens, de notificações para um ou mais smartphone específico. A aplicação móvel do Managym foi instalado no smartphone LG Nexus 5.

5.3 Configuração de Ambiente

A aplicação Managym foi desenvolvida utilizando a linguagem Python 2.7.5 para o sistema operacional OS X 10.9.5. O aplicativo móvel foi desenvolvido para dispositivos que possuem a plataforma Android 4.0.3 utilizando o *Android Software Development Kit (Android SDK)* que permite, através de uma API, o desenvolvimento de aplicativos para dispositivos com o sistema operacional Android.

²<https://github.com/thearn/webcam-pulse-detector>

As especificações do Servidor Central e do Servidor Local estão descritas na Tabela 5.1 e possuem constante acesso à Internet. Para o desenvolvimento do *web service* executado pelo Servidor Central foi utilizada a linguagem de programação Python 2.7.5 e o *framework* Django 1.8³. O módulo de armazenamento de dados utiliza a *engine* do MySQL existente no *framework* para acessar o banco de dados MySQL. O dispositivo móvel utilizado para a instalação do aplicativo da solução Managym foi o LG Nexus 5.

Característica	Descrição
Sistema Operacional	OS X 10.9.5
Processador	2,9 GHz Intel Core i7
Memória	8 GB 1600 MHz DDR3
Armazenamento	1 Disco SATA de 750 GB
Placa de Rede	AirPort Extreme
<i>Webcam</i>	Câmera FaceTime HD de 720p

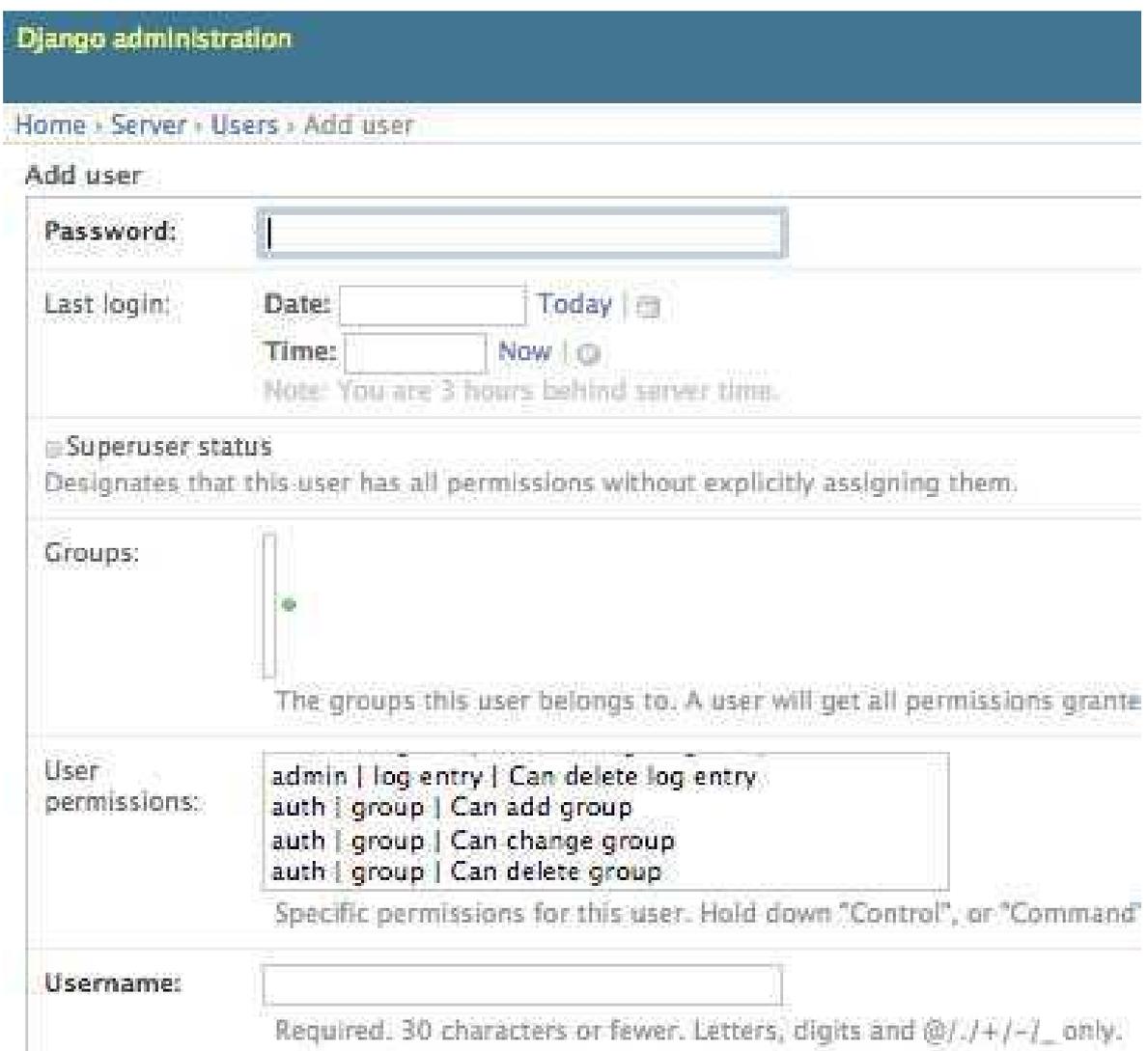
Tabela 5.1: Especificações dos servidores da aplicação Managym.

5.4 Implantação da Aplicação

Após os componentes serem definidos e implementados, pode-se realizar a simulação da aplicação. Para isso, foi simulado um ambiente de academia em uma sala. O sensor e a iluminação do ambiente foram ajustados de tal maneira para maximizar a qualidade dos dados coletados. Foram selecionados usuários para tomarem os papéis de instrutor e de aluno. Neste cenário, os praticantes de exercícios físicos utilizaram uma bicicleta ergométrica para realizar a atividade física.

Os usuários foram cadastrados utilizando a interface de administração gerada pelo *framework* Django disponível no Servidor Central, conforme pode ser visto na Figura 5.2. Através dessa interface os instrutores autenticados podem acompanhar os dados e gráficos dos seus alunos cadastrados e o alunos autenticados podem visualizar os seus dados e gráficos de progresso como é apresentado na Figura 5.3.

³<https://www.djangoproject.com>



The image shows a screenshot of the Django administration interface for adding a new user. The page title is "Django administration" and the breadcrumb trail is "Home > Server > Users > Add user". The form is titled "Add user" and contains several sections:

- Password:** A text input field for the user's password.
- Last login:** Fields for "Date:" (with a "Today" button) and "Time:" (with a "Now" button). A note below indicates "Note: You are 3 hours behind server time."
- Superuser status:** A checkbox labeled "Superuser status" with the description "Designates that this user has all permissions without explicitly assigning them."
- Groups:** A vertical scrollable list of groups. A single group is visible, marked with a green dot. Below the list, it says "The groups this user belongs to. A user will get all permissions grante".
- User permissions:** A list of permissions: "admin | log entry | Can delete log entry", "auth | group | Can add group", "auth | group | Can change group", and "auth | group | Can delete group". Below this list, it says "Specific permissions for this user. Hold down 'Control', or 'Command'".
- Username:** A text input field for the username. Below it, a requirement note states: "Required. 30 characters or fewer. Letters, digits and @/./+/-/_ only."

Figura 5.2: Tela para adicionar usuários.

O aplicativo móvel permite aos usuários autenticados no sistema consultarem os seus dados, caso esteja na visão de aluno, ou os dados coletados dos seus alunos, caso esteja na visão de instrutor. Além disso, na aplicação Managym, o aplicativo móvel também funcionará como equipamento de alerta. Quando algum dado coletado sair dos padrões definidos, o Servidor Central envia um alerta para o smartphone, em que o usuário está autenticado, com os detalhes do dado que saio dos padrões.

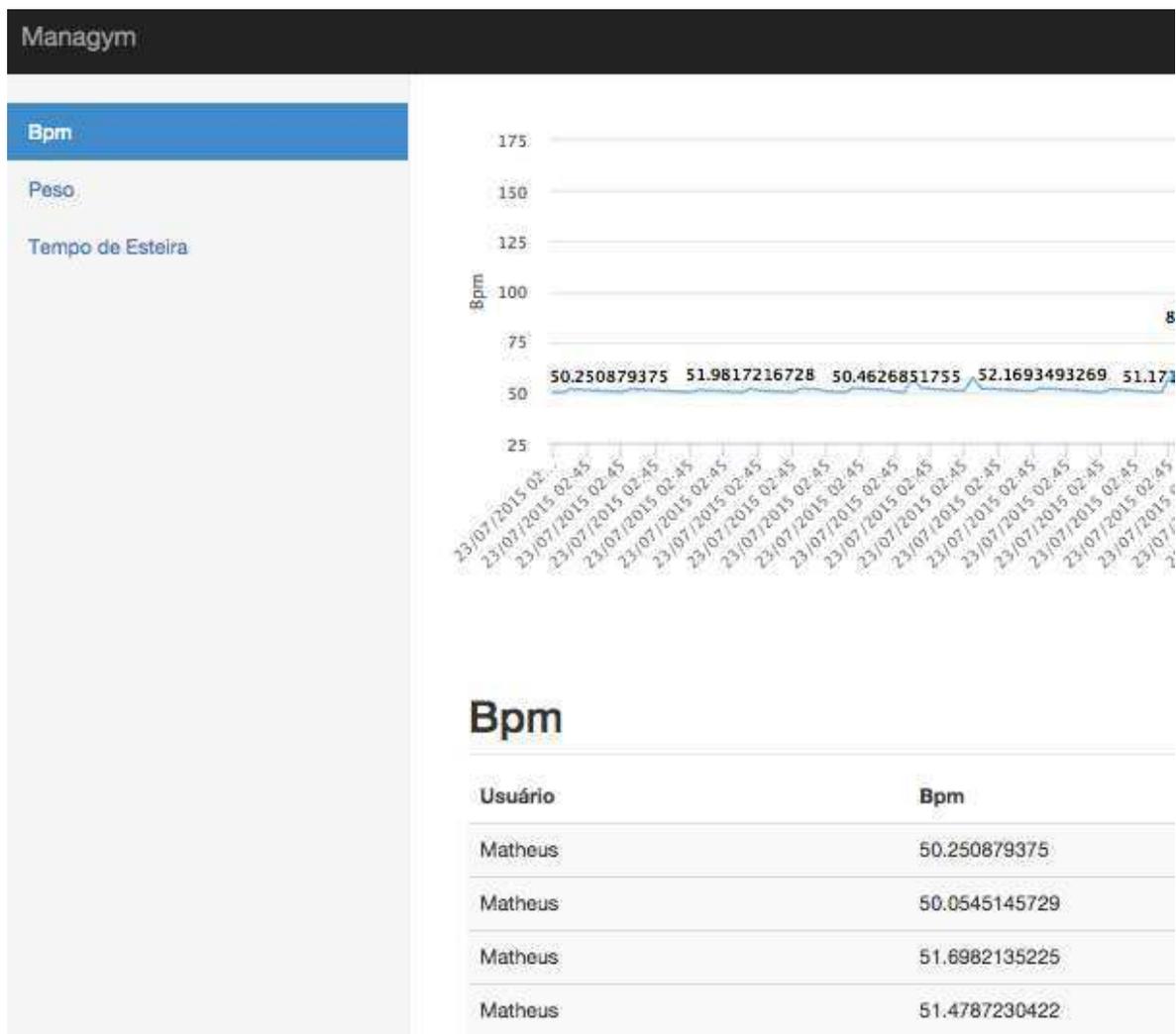


Figura 5.3: Tela com os dados do usuário.

5.5 Conclusão do Capítulo

Para realizar a validação do arcabouço para o desenvolvimento de aplicações de monitoramento de praticantes de exercícios físicos foi realizado este estudo de caso. Para isso foi desenvolvida a aplicação Managym que tem como objetivo monitorar, através das imagens captadas pela camera, a frequência cardíaca dos praticantes de exercícios físicos durante as atividades físicas. O desenvolvimento e a implantação da aplicação Managym em um caso de uso real provou que é possível desenvolver aplicações de monitoramento de praticantes de exercícios físicos. A utilização de um sensor e um equipamento de alerta escolhido com base na disponibilidade desses equipamentos mostra que o arcabouço

está adaptado a diferentes tipos de equipamentos e dados, pois não foi necessário realizar modificações no arcabouço para que esses equipamentos de sensor e alerta funcionassem corretamente. Notou-se que o desenvolvimento dessa aplicação utilizando o arcabouço proposto foi bastante simplificado, pois não foi necessário preocupação com segurança e transporte dos dados, gerenciamento do banco e desenvolvimento do aplicativo para dispositivos móveis.

Capítulo 6

Considerações Finais

O aumento do número de academias, privadas e particulares, e o crescimento do interesse da população por atividades físicas tem resultado em um aumento da quantidade de pessoas que praticam exercícios físicos sem um acompanhamento adequado realizado por um profissional da área de educação física. Essa falta de acompanhamento profissional adequada pode resultar em uma prática inadequada de exercícios físicos.

Neste trabalho, foi apresentado um arcabouço para o desenvolvimento de aplicações de monitoramento de praticantes de exercícios físicos. Ele fornece ferramentas para auxiliar o desenvolvimento de aplicações com o objetivo de monitorar dados relacionados a saúde dos praticantes de exercícios físicos durante a atividade física. O arcabouço foi desenvolvido a partir de uma arquitetura baseada em componentes, possibilitando a reutilização de componentes e facilitando o desenvolvimento de aplicações.

Para validar a solução proposta, foi realizado um estudo de uso que demonstra o suporte do arcabouço ao desenvolvimento de aplicações de monitoramento de praticantes de exercícios físicos. Para isso, foi desenvolvido a aplicação Managym utilizando as ferramentas providas pelo arcabouço.

Com os resultados obtidos neste trabalho, percebeu-se que o desenvolvimento de aplicações para monitoramento de praticantes de exercícios físicos foi facilitada, pois a responsabilidade sobre o transporte e segurança dos dados, o gerenciamento do banco de dados e o desenvolvimento do aplicativo para dispositivos móveis é delegada ao arcabouço e o desenvolvedor da aplicação que utiliza o arcabouço não tem essas responsabilidades, diminuindo o tempo e os custos de desenvolvimento. Utilizando

as ferramentas fornecidas pelo arcabouço, o desenvolvedor preocupa-se apenas com o desenvolvimento dos componentes de sensor, alerta e processamento.

6.1 Contribuições

O arcabouço proposto neste trabalho tem como finalidade auxiliar e simplificar o desenvolvimento de aplicações voltadas para o monitoramento e acompanhamento de praticantes de exercícios físicos durante a prática dos exercícios em academias. As principais contribuições da solução apresentada são descritas a seguir.

- Desenvolvimento de um arcabouço que facilita o desenvolvimento de aplicações para monitoramento de praticantes de exercícios físicos, permitindo a integração de vários tipos de sensores e equipamentos de alerta.
- Disponibilização dos dados coletados dos usuários, através de um *Web Service* que requer autenticação;
- Desenvolvimento de um arcabouço que abstrai definições não triviais, como segurança e transporte, tomando essa responsabilidade do desenvolvedor final.
- Desenvolvimento da aplicação Managym, que é uma aplicação desenvolvida utilizando o arcabouço proposto neste trabalho para monitorar a frequência cardíaca de praticantes de exercícios físicos a partir das imagens capturadas por uma *webcam*.

6.2 Trabalhos Futuros

Para dar continuidade nessa pesquisa é importante realizar estudos de casos em ambientes reais de academia, utilizando uma maior variedade de sensores e equipamentos de alertas visando uma melhor validação da solução proposta. É importante fazer uma maior e melhor análise em relação ao transporte e à segurança dos dados.

Bibliografia

- [1] Alwan A et al. *Global status report on noncommunicable diseases 2010*. World Health Organization, 2011.
- [2] Möller A, Roalter L, Diewald S, Scherr J, Kranz M, Hammerla N, Olivier P, and Plötz T. Gymskill: A personal trainer for physical exercises. In *Pervasive Computing and Communications (PerCom), 2012 IEEE International Conference on*, pages 213–220. IEEE, 2012.
- [3] Ranganathan A and Campbell RH. Supporting tasks in a programmable smart home. *From Smart Homes to Smart Care. ICOST*, pages 3–10, 2005.
- [4] Triantafyllidis A, Velardo C, Salvi D, Shah SA, Koutkias V, and Tarassenko L. A survey of mobile phone sensing, self-reporting and social sharing for pervasive healthcare. 2015.
- [5] Farjadian AB, Sivak ML, and Mavroidis C. Squid: Sensorized shirt with smartphone interface for exercise monitoring and home rehabilitation. In *Rehabilitation Robotics (ICORR), 2013 IEEE International Conference on*, pages 1–6. IEEE, 2013.
- [6] Menezes AL. Uma abordagem, baseada na integração de arquétipos a mensagens h17, para a comunicação de aplicações ubíquas no cuidado de saúde pervasivo [dissertação]. São Carlos: Universidade Federal de São Carlos, 2011.
- [7] Dhukaram AV, Baber C, Elloumi L, Van Beijnum BJ, and De Stefanis P. End-user perception towards pervasive cardiac healthcare services: Benefits, acceptance, adoption, risks, security, privacy and trust. In *Pervasive Computing Technologies for Healthcare (PervasiveHealth), 2011 5th International Conference on*, pages 478–484. IEEE, 2011.

- [8] Brown AW and Wallnau KC. The current state of cbse. *IEEE software*, (5):37–46, 1998.
- [9] Arnrich B, Mayora O, Bardram J, Tröster G, et al. Pervasive healthcare. *Methods Inf Med*, 49(1):67–73, 2010.
- [10] Nogueira CS, Almeida HO, and Perkusich A. Arcabouço para o desenvolvimento de aplicações de monitoramento remoto e auxílio de pessoas com doença de alzheimer.
- [11] Nunes DFS, WL Souza, Francisco A, and Prado MMPD. Acumaaf: Ambiente de computação ubíqua para o monitoramento e avaliação de atividade física.
- [12] Weippl E, Holzinger A, and Tjoa AM. Security aspects of ubiquitous computing in health care. *e & i Elektrotechnik und Informationstechnik*, 123(4):156–161, 2006.
- [13] Saba F. *Liderança e Gestão*. Editora Phorte, 2012.
- [14] Seccareccia F and Menotti A. Physical activity, physical fitness and mortality in a sample of middle aged men followed-up 25 years. *The Journal of sports medicine and physical fitness*, 32(2):206–213, 1992.
- [15] Bradski G et al. The opencv library. *Doctor Dobbs Journal*, 25(11):120–126, 2000.
- [16] Heineman GT and Councill WT. Component-based software engineering. *Putting the Pieces Together*, Addison-Westley, 2001.
- [17] Ferreira GV, Loureiro EC, Nogueira W, Ferreira AA, Almeida HO, and Frery AC. Uma abordagem baseada em componentes para a construção de edificios virtuais.
- [18] Bohn J, Coroamă V, Langheinrich M, Mattern F, and Rohs M. Social, economic, and ethical implications of ambient intelligence and ubiquitous computing. In *Ambient intelligence*, pages 5–29. Springer, 2005.
- [19] Sametinger J. *Software Engineering with Reusable Components*. Springer-Verlag New York, Inc., New York, NY, USA, 1997.

- [20] Salomon JA, Wang H, Freeman MK, Vos T, Flaxman AD, Lopez AD, and Murray CJL. Healthy life expectancy for 187 countries, 1990—2010: a systematic analysis for the global burden disease study 2010. *The Lancet*, 380:2144–2162, 2012.
- [21] SB James. *Paying more, getting less 2005: measuring the sustainability of provincial public health expenditure in Canada*. Fraser Institute, 2005.
- [22] Bardram JE, Mihailidis A, and Wan D. *Pervasive computing in healthcare*. CRC Press, Inc., 2006.
- [23] Bardram JE et al. Pervasive healthcare as a scientific discipline. *Methods of information in medicine*, 47(3):178–185, 2008.
- [24] Espinosa JMM and Vega MADR. Mobicare: Strategy definition for promoting mobile health care telematic services in europe. *STUDIES IN HEALTH TECHNOLOGY AND INFORMATICS*, pages 404–410, 1995.
- [25] Bonnefoy M, Boutitie F, Mercier C, Gueyffier F, Carre C, Guetemme G, Ravis B, Laville M, and Cornu C. Efficacy of a home-based intervention programme on the physical activity level and functional ability of older people using domestic services: a randomised study. *The journal of nutrition, health & aging*, 16(4):370–377, 2012.
- [26] Pinheiro M. *Design de interação e computação pervasiva: um estudo sobre mecanismos atencionais e sistemas de informação ambiente*. PhD thesis, Tese de Doutorado, Programa de Pós-graduação em Design, PUC-Rio, 2011.
- [27] Tentori M, Hayes GR, and Reddy M. Pervasive computing for hospital, chronic, and preventive care. *Foundations and Trends® in Human–Computer Interaction*, 5(1):1–95, 2012.
- [28] Weiser M. The computer for the 21st century. *Scientific American*, 265(3):66–75, January 1991.
- [29] World Health Organization. *Global health risks: mortality and burden of disease attributable to selected major risks*. World Health Organization, 2009.

- [30] World Health Organization et al. *A Framework to Monitor and Evaluate Implementation: WHO Global Strategy on Diet, Physical Activity and Health*. World Health Organization, 2008.
- [31] World Health Organization et al. *Global Health Observatory:(GHO)*. World Health Organization, 2014.
- [32] Hallal PC, Andersen LB, Bull FC, Guthold R, Haskell W, Ekelund U, Lancet Physical Activity Series Working Group, et al. Global physical activity levels: surveillance progress, pitfalls, and prospects. *The lancet*, 380(9838):247–257, 2012.
- [33] Diwakar PK, Oh YK, Park SH, and Yoon YR. Personal digital exercise trainer for managing, monitoring and recording the exercise. In *Engineering in Medicine and Biology Society, 2005. IEEE-EMBS 2005. 27th Annual International Conference of the*, pages 3720–3723. IEEE, 2006.
- [34] Harper R, Rodden T, Rogers Y, and Sellen A. Being human: Hci in the year 2020. 2008.
- [35] Kranenburg RV. A critique of ambient technology and the all-seeing network of rfid. 2008.
- [36] Clemens S, Dominik G, and Stephan M. Component software: beyond object-oriented programming, 1998.
- [37] Howard S, Kjeldskov J, and Skov MB. Pervasive computing in the domestic space. *Personal and Ubiquitous Computing*, 11(5):329–333, 2007.
- [38] Jiang S, Xue Y, Giani A, and Bajcsy R. Robust medical data delivery for wireless pervasive healthcare. In *Dependable, Autonomic and Secure Computing, 2009. DASC'09. Eighth IEEE International Conference on*, pages 802–807. IEEE, 2009.
- [39] Hearn T. *Software for Non-Contact Measurement of an Individual's Heart Rate Using a Common Camera*, volume 38. NASA Tech Briefs, 2014.

-
- [40] Ho TCT and Chen X. Exertrek: a portable handheld exercise monitoring, tracking and recommendation system. In *e-Health Networking, Applications and Services, 2009. Healthcom 2009. 11th International Conference on*, pages 84–88. IEEE, 2009.
- [41] Varshney U. Pervasive healthcare and wireless health monitoring. *Mobile Networks and Applications*, 12(2-3):113–127, 2007.
- [42] van der Linden J, Waights V, Rogers Y, and Taylor C. A blended design approach for pervasive healthcare: bringing together users, experts and technology. *Health informatics journal*, 18(3):212–218, 2012.
- [43] Joint Who and FAO Expert Consultation. Diet, nutrition and the prevention of chronic diseases. *World Health Organ Tech Rep Ser*, 916(i-viii), 2003.

Apêndice A

Código fonte dos componentes

Os códigos fonte A.1 A.2 e A.3 são partes do código da aplicação Managym. O código A.1 foi desenvolvido com base na interface ISensor, o código A.2 foi desenvolvido baseado na interface IProcessamento e o código A.3 foi desenvolvido com base na interface IAlerta.

Código Fonte A.1: Componente do sensor *webcam*

```
1 import zope.interface
2 from dataprocess.processing import ProcessBPM
3 from lib.device import Camera
4 from lib.processors import findFaceGetPulse
5 from sensor import ISensor
6
7 __author__ = 'Matheus Brasileiro Campos'
8
9 class Webcam:
10     zope.interface.implements(ISensor)
11
12     def init(self):
13         print("initialized.")
14         self.camera = Camera(camera=0)
15         self.w, self.h = 0,0
16         self.data_process = ProcessBPM()
17         self.processor = findFaceGetPulse(bpm_limits = [50,160],
18                                         data_spike_limit = 2500.,
19                                         face_detector_smoothness = 10.)
20
```

```
21     def configure(self):
22         print("configured.")
23
24     def run(self):
25         frame = self.camera.get_frame()
26         self.h, self.w, _c = frame.shape
27
28         self.processor.frame_in = frame
29         self.processor.run()
30
31     def finalize(self):
32         print("finalized.")
33         self.save_bpm()
34         self.camera.cam.release()
35
36     def getNewData(self):
37         bpm = self.processor.measure_heart.bpm
38         if bpm > 0:
39             return bpm
40         return False
```

Código Fonte A.2: Componente de processamento da frequência cardíaca

```
1 import zope.interface
2 from dataprocessing import IProcessamento
3
4 __author__ = 'Matheus Brasileiro Campos'
5
6 class ProcessBPM:
7     zope.interface.implements(IProcessamento)
8
9     def init(self):
10         self.max_limit = 120
11         self.min_limit = 55
12         self.maximum = 150
13         self.minimum = 30
14
15     def configure(self):
```

```
16     print("configured.")
17
18     def get_processed_data(self, data):
19         if (data < self.minimum or data > self.maximum):
20             return False
21         alert = False
22         if (self.min_limit > data):
23             alert = "Your BPM is too low."
24         elif (self.max_limit < data):
25             alert = "Calm down! Your BPM is too high."
26         return data, alert
```

Código Fonte A.3: Componente do equipamento de alerta

```
1 import zope.interface
2 from alert import IAlert
3 from server import DataSender
4
5 __author__ = 'Matheus Brasileiro Campos'
6
7 class PushNotificationAlerta:
8     zope.interface.implements(IAlert)
9
10    def init(self):
11        print("initialized.")
12
13    def configure(self):
14        print("configured.")
15
16    def finalize(self):
17        print("finalized.")
18
19    def send_alert(self, username, alert):
20        data_sender = DataSender()
21        data_sender.sendPushNotification(username, alert)
```
