

Universidade de Aveiro



## Smart Gym @ Home

Projeto em Engenharia de Computadores e Informática

Alunos:

- Adalberto Rosário ([adalberto.rosario@ua.pt](mailto:adalberto.rosario@ua.pt)) nº 105589
- Pompeu Costa ([pompeu@ua.pt](mailto:pompeu@ua.pt)) nº 103294
- Rafael Amorim ([rafael.amorim@ua.pt](mailto:rafael.amorim@ua.pt)) nº 98197
- Rafael Pinto ([rafaelpbpinto@ua.pt](mailto:rafaelpbpinto@ua.pt)) nº 103379
- Tiago Alves ([tiagojba9@ua.pt](mailto:tiagojba9@ua.pt)) nº 104110

Orientadores:

- António J. S. Teixeira ([ajst@ua.pt](mailto:ajst@ua.pt))
- Ana Patrícia Rocha ([aprocha@ua.pt](mailto:aprocha@ua.pt))
- Nuno Almeida ([nunoalmeida@ua.pt](mailto:nunoalmeida@ua.pt))

Colaboradores:

- Ilídio Castro Oliveira ([ico@ua.pt](mailto:ico@ua.pt))
- José Maria Fernandes ([jfernand@ua.pt](mailto:jfernand@ua.pt))
- Samuel S Silva ([sss@ua.pt](mailto:sss@ua.pt))

# Índice

<b>1. Introdução.....</b>	<b>1</b>
1.1. Contexto .....	1
1.2. Motivação.....	1
1.3. Objetivos .....	2
<b>2. Estado da arte.....</b>	<b>3</b>
2.1. Método .....	3
2.2. Trabalhos/Projetos relacionados .....	3
2.2.1 Online Group-Exercises for Older Adults of Different (Báez, Ibarra, Far, Ferron, & Casati, 2016) .....	3
2.2.2 Coaching for Elderly (CoaFEld) (Martinho, Crista, Carneiro, Corchado, & Marreiros, 2022) .....	4
2.2.3 IoT inspired smart environment for personal healthcare in gym (Ahanger, 2022) .....	5
2.2.4 Assistive design for elderly living ambient using voice and gesture recognition system (Basanta, Huang, & Lee, 2017).....	6
2.2.5 Fitness Applications for Home-Based Training (Khaghani-Far, Nikitina, Báez, Taran, & Casati, 2016) .....	7
2.3. Conclusões .....	8
<b>3. Persona.....</b>	<b>10</b>
<b>4. Cenários e Requisitos.....</b>	<b>10</b>
4.1. Cenários com os requisitos.....	10
4.1.1. Sra. Maria quer fazer o plano de exercícios sugerido pelo seu fisioterapeuta.....	10
4.1.2. Sra. Maria quer escolher plano de exercícios do fisioterapeuta José Silva .....	11
4.1.3. Sra. Maria quer participar numa sessão de grupo.....	11
4.2. Requisitos funcionais .....	11
4.2.1. Requisitos funcionais prioritários.....	12
4.2.2. Requisitos funcionais adicionais .....	12
4.3. Requisitos não funcionais.....	12
<b>5. Arquitetura .....</b>	<b>13</b>
5.1. Arquitetura Geral.....	13
5.2. Interface Gráfica.....	13
5.3. Assistente de Voz .....	14
5.4. Gestão e controlo de vídeo .....	14
5.5. Modelo de Dados .....	15
<b>6. Implementação .....</b>	<b>18</b>

6.1.	Comunicação entre módulos .....	18
6.2.	Interface Gráfica.....	18
6.2.1.	Ver exercícios/planos .....	19
6.2.2.	Escolher um exercício/plano .....	19
6.2.3.	Reproduzir vídeos .....	20
6.2.4.	Configurações da Interface Gráfica.....	22
6.3.	Assistente de Voz .....	23
6.3.1.	Ferramentas .....	24
6.4.	Gestão e Controlo de Vídeo .....	25
6.4.1.	Modelo da Câmara .....	25
6.4.2.	Ferramentas .....	26
6.5.	Serviço de Exercícios e Utilizadores.....	26
6.5.1.	Ferramentas .....	26
6.5.2.	Modelo de dados .....	26
6.5.3.	API REST.....	27
6.5.4.	Principais Funcionalidades.....	27
6.5.5.	Acesso Remoto a Partir de Outra Rede .....	29
7.	<b>Conclusão .....</b>	<b>30</b>
8.	<b>Referências.....</b>	<b>31</b>
9.	<b>Anexos .....</b>	<b>32</b>

## Índice de Figuras

Figura 1: Utilidade das principais características, retirada de (Báez, Ibarra, Far, Ferron, & Casati, 2016). .....	4
Figura 2: Arquitetura CoaFEld, retirada de (Martinho, Crista, Carneiro, Corchado, & Marreiros, 2022). .....	5
Figura 3 Estrutura proposta de treino inteligente, retirada de (Ahanger, 2022). .....	6
Figura 4: Arquitetura do sistema .....	13
Figura 5: Diagrama de arquitetura do assistente .....	14
Figura 6: Arquitetura da câmara.....	15
Figura 7: Diagrama entidade-relação da base de dados .....	16
Figura 8: Esquema Relacional da base de dados.....	17
Figura 9: Uso do MQTT para comunicação.....	18
Figura 10: Comunicação entre interface gráfica e base de dados .....	18
Figura 11: Página principal da Interface Gráfica .....	19
Figura 12: Lista de exercícios .....	20
Figura 13: Interface Gráfica pergunta se quer avançar para o próximo exercício .....	21
Figura 14: Interface Gráfica pergunta se quer terminar o plano .....	21
Figura 15: Interface Gráfica pergunta se quer voltar à página de exercícios .....	22

Figura 16 Interface Gráfica apresenta vídeo das câmaras de outros utilizadores.....	22
Figura 17: Diagrama de atividade do assistente de voz .....	24
Figura 18: El Zoom Reolink Câmara, imagem retirada de (reolink.com, s.d.) .....	25
Figura 19 – Informação de todos os exercícios em JSON.....	28

## Índice de Tabelas

Tabela 1 Análise dos objetivos para os artigos selecionados .....	8
---	---

## 1. Introdução

Atualmente, é um facto, segundo dados encontrados no site da Eurostat (Eurostat, July 2020), que há cada vez mais pessoas idosas. Este envelhecimento da população começou há algumas décadas e deve-se, principalmente, ao aumento da esperança média de vida e à baixa taxa de natalidade. Devido a este fator, é mais importante do que nunca procurar formas de melhorar a qualidade de vida dos idosos, sendo que o exercício físico tem um papel preponderante nessa melhora (Shaikh & Dandekar, 2019).

Infelizmente, os idosos são mais propensos a sofrer certos tipos de lesões, devido à falta de conhecimento sobre a postura mais correta durante a execução de certos exercícios e ao desgaste corporal (Visutsak, Chaiwong, Jirawangkaewworrawut, & Daoudi, 2021). E, se um problema não for detetado a tempo, podem surgir lesões mais graves, resultando num tratamento mais longo e difícil. Para prevenir este problema, é necessário que os idosos sejam corretamente instruídos sobre como realizar determinados exercícios.

O nosso projeto consiste na criação de um sistema que motive os idosos à prática de exercício físico, recorrendo a vídeos demonstrativos dos exercícios e à possibilidade de interagir com outros idosos que estejam, também, a praticar exercício físico.

### 1.1. Contexto

Este trabalho foi realizado no âmbito de uma cadeira anual de terceiro ano, nomeadamente Projeto em Engenharia de Computadores e Informática, por um grupo de alunos da Universidade de Aveiro. Para implementar as ideias do projeto está a ser desenvolvida uma casa com um espaço para exercício físico e monitorização dos idosos, contamos com o apoio da empresa OLI, o Centro de Reabilitação Rovisco Pais e a Universidade de Aveiro.

### 1.2. Motivação

O envelhecimento e a necessidade dos cuidados de saúde para os mais idosos têm vindo a aumentar. Além disso, há uma diminuição de recursos humanos em saúde. Por isso, é fundamental investir na prevenção, criando condições para que os idosos permaneçam mais tempo em casa e ao mesmo tempo mais ativos e saudáveis, permitindo desta forma melhorar a sua qualidade de vida.

Melhorar a comunicação fisioterapeuta-utilizador é fulcral. Atualmente, com a Internet, é bastante fácil de enviar grandes quantidades de informação de uma forma rápida e barata. Outra vantagem da Internet é que permite reduzir custos, pelo que, esta tem-se tornado cada vez mais acessível à população em geral, fazendo com que a proposta deste projeto, seja um produto viável e útil para os utilizadores.

Para muitos idosos os serviços de bem-estar e saúde, nomeadamente ginásio e fisioterapia, são de difícil acesso, tanto devido à deslocação como ao custo. Isto leva a que estes fiquem impossibilitados de usufruir destes serviços. Provavelmente dentro de algumas décadas, será possível qualquer pessoa poder ter em casa o seu próprio conjunto de equipamentos, capazes de ajudar na prática de exercícios físicos. Ao mesmo tempo, um fisioterapeuta estaria a receber essa mesma informação e a controlar o progresso, fornecendo sugestões e um plano de exercícios adequado a cada pessoa.

### 1.3. Objetivos

O principal objetivo do nosso projeto é o desenvolvimento de um sistema que motive os idosos a manterem-se ativos. Para tal, faremos uso das novas tecnologias para auxílio às abordagens tradicionais, de forma a apoiar a execução de exercícios físicos através de vídeos demonstrativos. Pretende-se que o utilizador não se sinta sozinho enquanto estiver a fazer exercício para que se sinta mais motivado, isto é, este poder interagir com outros utilizadores que estejam a praticar exercício.

## 2. Estado da arte

Esta secção tem como objetivo apresentar trabalhos cujo domínio coincida com o nosso projeto. Estes trabalhos incluem diversos estudos nas áreas pretendidas, incluindo as seguintes: ginásio/reabilitação para idosos; exercício para melhorar a saúde; aplicações para treinar em casa.

### 2.1. Método

A pesquisa de trabalhos foi iniciada com a escolha de uma lista de palavras-chave que foram utilizadas para a pesquisa de artigos relacionados com o projeto. A pesquisa foi maioritariamente feita no Google Académico de forma a encontrar trabalhos de fontes académicas e de confiança.

Criou-se uma lista de artigos que se relacionavam de alguma forma com o nosso projeto, dessa lista selecionou-se os mais relevantes e adequados. Depois desta seleção, foi feita uma segunda análise, onde foram registados os pontos principais de cada trabalho que coincidiam com os nossos objetivos. Para tal, foi criada uma tabela de análise de objetivos tal como apresentada na Tabela 1.

### 2.2. Trabalhos/Projetos relacionados

#### 2.2.1 Online Group-Exercises for Older Adults of Different (Báez, Ibarra, Far, Ferron, & Casati, 2016)

Neste artigo foi feito um estudo sobre o design e validação de um ambiente virtual de *fitness* focado em pessoas idosas fornecido pela aplicação GymCentral (apenas protótipo). A partir de um tablet, as pessoas podem aceder a uma sala virtual e ligar-se a outras pessoas por forma a fazer exercícios em grupo *online*.

A aplicação é constituída por duas interfaces, uma para as pessoas que fazem o exercício e outra para os treinadores que podem estar em contacto com os médicos, fisioterapeutas, etc. Na interface dos treinadores é possível construir comunidades, definir as atividades de exercício e também monitorizar o progresso dos seus ‘alunos’. Já na interface dos utilizadores, estes têm acesso a várias salas dentro da aplicação como a receção, sala de cacifos, sala de aula, agenda, mensagens e relatório de progresso, tal como se fosse um ginásio a sério. O relatório de progresso dos utilizadores pode ser feito: manualmente; automaticamente; com sensores colocados no local de exercício.

Com um total de 40 participantes, todos com mais de 65 anos, foi feita uma avaliação deste ambiente virtual. Concluiu-se que, embora tenham existido algumas dificuldades de usabilidade, esta foi útil, fornecendo não só uma maneira de controlar o exercício físico e comunicação dos ‘alunos’ com os treinadores, mas também uma motivação extra para quem treina, que pode assim treinar em casa, sob supervisão, melhorar o seu desempenho e ter interações sociais com outros. Na Figura 1 encontramos um gráfico que demonstra as características que os participantes acharam mais úteis.

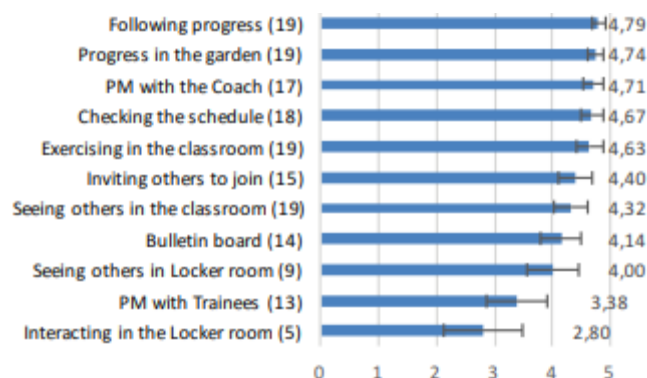


Figura 1: Utilidade das principais características, retirada de (Báez, Ibarra, Far, Ferron, & Casati, 2016).

### 2.2.2 Coaching for Elderly (CoaFEld) (Martinho, Crista, Carneiro, Corchado, & Marreiros, 2022)

O objetivo da aplicação “CoaFEld” é diminuir o impacto do envelhecimento em termos de deterioração física, cognitiva, social e emocional. Esta permite definir estratégias motivacionais para persuadir o idoso a ser mais saudável e a manter-se ligado a tais sistemas.

A aplicação foi desenvolvida recorrendo a um assistente virtual cognitivo para interagir diretamente com os idosos, que joga e comunica com estes por meio de diferentes emoções. Consegue ainda adaptar-se a cada utilizador consciente de que cada pessoa tem as suas características pessoais e, conseqüentemente, reagirá de maneira diferente para cada uma.

A aplicação “CoaFEld” foi desenvolvida seguindo uma arquitetura orientada para os micro serviços, apresentada na Figura 2. Este sistema é composto por três componentes principais: uma aplicação web do utilizador, uma *gateway* API, e um conjunto de micro serviços. Estes micro serviços comunicam e armazenam informações específicas do utilizador relativamente ao seu progresso durante a utilização da aplicação, estado de saúde (derivado do desempenho dos planos de treino estabelecidos) e interações do utilizador com o *feedback*. Esta informação armazenada é validada de acordo com seu progresso e interações com o assistente cognitivo.



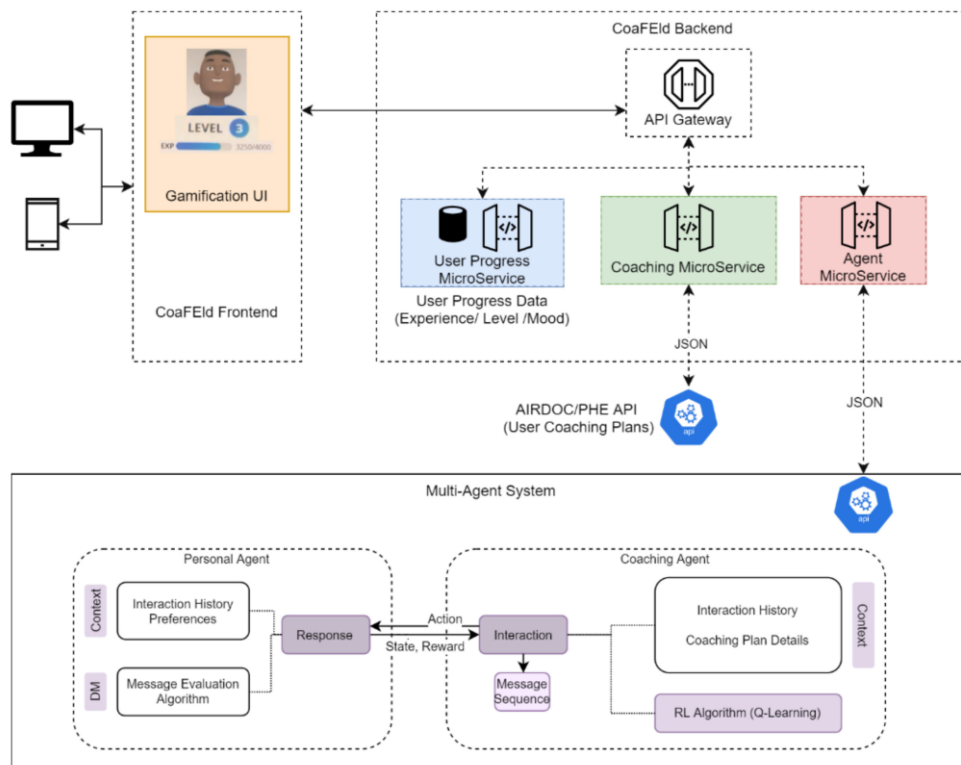


Figura 2: Arquitetura CoaFEld, retirada de (Martinho, Crista, Carneiro, Corchado, & Marreiros, 2022).

### 2.2.3 IoT inspired smart environment for personal healthcare in gym (Ahanger, 2022)

Exercícios vigorosos, longos e exaustivo podem causar grandes problemas de saúde a longo prazo como doenças cardíacas, insuficiência renal e pressão alta, especialmente em pessoas com sistema imunológico fraco, com estas preocupações em mente, o sistema descrito neste artigo pretende rastrear os traços de saúde, em tempo real, de um aluno durante sessões de treino e avaliá-los para determinar eventuais vulnerabilidades de saúde que este possa desenvolver. O centro de vigilância do sistema proposto foi desenvolvido através da aquisição das variáveis que afetam a saúde utilizando a tecnologia IoT. Um novo modelo de previsão baseado na abordagem de Rede Neural Artificial (ANN) também foi proposto para prever a vulnerabilidade probabilística da aptidão do aluno ao longo da rotina de exercícios. Este modelo de previsão de vulnerabilidade de saúde pode ser usado para fornecer informação a instalações de saúde em diferentes locais, incluindo hospitais e residências.

Uma passadeira inteligente foi desenvolvida com base no sistema descrito no artigo, com a capacidade de mostrar vulnerabilidade de saúde mapeada por cores, alteração automática de velocidade e geração de sinal de alerta em emergências médicas. O sistema do artigo é baseado na estrutura apresentada na Figura 3.

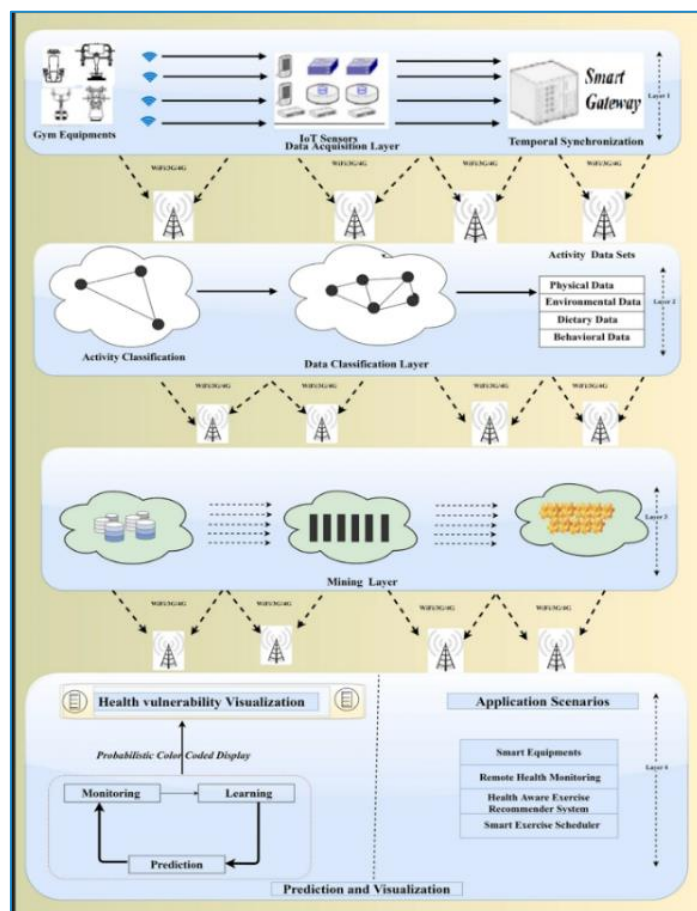


Figura 3 Estrutura proposta de treino inteligente, retirada de (Ahanger, 2022).

#### 2.2.4 Assistive design for elderly living ambient using voice and gesture recognition system (Basanta, Huang, & Lee, 2017)

Este artigo descreve como foi desenhado e desenvolvido um sistema de apoio a idosos para controlar partes de uma casa a partir de controlos por voz e de sensores de reconhecimento de gestos. Este sistema foi pensado de maneira a que os idosos, mesmo com os seus problemas de saúde, consigam facilmente fazer as suas rotinas sem grandes problemas. Os controlos por voz e gestos serão usados, por exemplo, para abrir/fechar estores, ligar/desligar aquecedores, ligar/desligar televisão, etc.

O módulo de reconhecimento de voz utiliza uma aplicação de telemóvel que capta a voz do utilizador, se liga por Bluetooth às diferentes partes da casa e transmite comandos para interagir com as mesmas.

O módulo de reconhecimento de gestos usa um acelerómetro, que está embutido num dispositivo idêntico a uma luva e que a pessoa tem de vestir para detetar o seu movimento. Os dados recolhidos pelo acelerómetro são processados num microcontrolador que depois utiliza Bluetooth para transmitir a informação processada para os dispositivos da casa.

### 2.2.5 Fitness Applications for Home-Based Training (Khaghani-Far, Nikitina, Báez, Taran, & Casati, 2016)

Neste artigo foi realizado um estudo sobre o uso de aplicações de treino em casa para idosos. Para tal, foram exploradas aplicações para dispositivos móveis, consolas e computadores, fazendo um total de 200 aplicações.

O estudo foi dividido em cinco partes:

- **Tipo de aplicação** - aplicações de treino, aplicações de rastreamento (não oferecem treino, mas são importantes para detetar aspetos físicos no utilizador, como batimentos cardíacos, respiração, etc.), jogos de treino (treino no contexto de jogos).
- **Interação** - tecnologia usada durante o treino e para interações com a aplicação.
- **Monitorização** - mecanismos usados para medir o desempenho do utilizador em relação ao exercício.
- **Coaching e tailoring** – tipos de instruções e *feedback* dados durante o treino.
- **Motivação** - define como as aplicações motivam os utilizadores a começar e a continuar os exercícios.

Na Interação é importante perceber o nível de conhecimento tecnológico dos idosos, pois a eficácia de tais interações está relacionada com a habilidade dos idosos de conseguirem seguir os programas de treino usando os instrumentos tecnológicos. Nesta secção, os autores conseguiram concluir que *inputs* diretos, como os *inputs* fornecidos pelos dispositivos *touch* (telemóveis por exemplo), são mais acessíveis. Em contraste, idosos que interagiram com a Nintendo Wii, que tem *inputs* variados (por exemplo, gestos e botões), necessitaram de menos tempo para aprender e o desempenho foi melhor em comparação com aplicações que só usavam gestos. No entanto, o estudo revela que os idosos tendem a preferir aplicações só com gestos devido a um benefício percebido em realizar mais movimentos físicos.

Quanto à Monitorização, algumas aplicações não tinham nenhum mecanismo automático de recolha de informação, o que significa que os utilizadores tinham de a fornecer. Isto consome muito tempo e pode ser uma tarefa complexa, especialmente para idosos com limitações de memória, que pode levar a informação errada. Este tipo de monitorização levou a um decréscimo da utilização da aplicação.

Outras aplicações usavam dispositivos (por exemplo, *smartwatches*) para fazer a monitorização e um estudo de duas semanas revelou que não houve problemas de usabilidade. No entanto, houve uma mudança de atitude negativa devido a limitações na precisão das medições das atividades físicas e também devido à tecnologia ser desconfortável de utilizar, tendo assim sido vista, do ponto dos idosos, como desperdício de tempo usar tais tecnologias.

Dispositivos com sensores ambientais e sensores de movimentos avançados, como a Nintendo Wii, conseguem ter mais precisão e são mais apropriados para treinos em casa, sendo o aspeto central o rastreamento de movimento corporal.

A próxima categoria, *coaching* e *tailoring*, mostrou que ser treinado por um humano ou por um sistema (treinador virtual) faz com que o treino seja mais eficaz, seguro e cativante. O treinador humano não só fornece informação e *feedback*, mas também conhecimentos sobre o exercício, motivação e suporte emocional enquanto o utilizador está a fazer o treino. No entanto, estudos mostram que utilizadores com um treinador virtual utilizaram a aplicação durante mais tempo, pois este é, normalmente, mais criativo e, tal como um treinador humano, fornece apoio emocional e psicológico. Este também ajusta o programa de treino de acordo com o estado

emocional do utilizador. Embora o treinador virtual possa ser melhor, não é um substituto ao treinador humano em casos críticos devido à tecnologia não ter precisão suficiente.

Quanto à motivação, esta é feita de quatro formas diferentes nas aplicações estudadas:

- **Sugestões e lembretes** — a aplicação relembra os utilizadores das sessões de treino e sugere melhores hábitos de exercício.
- **Reforço positivo e negativo** — a aplicação fornece comentários positivos e negativos sobre o comportamento do utilizador durante o treino.
- **Auto-monitorização** — a aplicação indica ao utilizador o nível de desempenho do mesmo.
- **Recompensas** — a aplicação dá recompensas virtuais (moedas virtuais) aos utilizadores após completarem o treino.

Este estudo revelou que a auto-monitorização e recompensas motivaram mais os utilizadores, mas os utilizadores mostraram que gostariam de algo diferente da moeda virtual como recompensa.

### 2.3. Conclusões

Na Tabela 1 podemos verificar que vários artigos e projetos continham informação útil para o nosso trabalho. Analisando a tabela pode-se constatar que três desses projetos foram implementados numa casa, quatro eram relacionados com idosos e apenas dois tinham interação por voz. Abaixo apresentamos a informação principal extraída de cada artigo analisado.

*Tabela 1 Análise dos objetivos para os artigos selecionados*

Artigos	Ano	Casa	Idosos	Info. exercícios	Vídeo	Interação por voz	Interação por gestos	Testes/Simulação	Monitorização de exercícios
Assistive design for elderly living ambient using voice and gesture recognition system	2017	X	X			X	X	X	X
An Intelligent Coaching Prototype for Elderly Care	2022		X	X		X		X	X
Fitness Applications for Home-Based Training	2016	X	X					X	X
Online Group-Exercises for Older Adults of Different Physical Abilities	2016	X	X	X				X	X
IoT inspired smart environment for personal healthcare in gym	2022			X	X			X	X

Do artigo (Báez, Ibarra, Far, Ferron, & Casati, 2016) (subsecção 2.2.1 Online Group-Exercises for Older Adults of Different ) foi possível verificar a utilidade de ideias como: exercitar

com outras pessoas na mesma sala de aula virtual; ver as pessoas na sala; convidar pessoas para se juntarem à sessão; verificar a agenda.

Do artigo (Martinho, Crista, Carneiro, Corchado, & Marreiros, 2022) (subsecção 2.2.2 Coaching for Elderly (CoaFEld) ) retirámos ideias de como fornecer *feedback* sobre o estado do utilizador, ou seja, como comunicar e armazenar informações específicas correspondentes ao progresso durante a utilização da aplicação, sendo também interessante a forma como monitorizam a atividade física para os idosos.

Do artigo ( (Ahanger, 2022) (subsecção 2.2.3 IoT inspired smart environment for personal healthcare in gym) é de especial interesse para o nosso projeto a forma como é abordado o problema e a consequência de falta de monitorização dos utentes ao fazerem exercícios num ginásio. Apesar do nosso foco ser ginásio em casa, podemos retirar deste artigo muitos dados experimentais.

Do artigo (Basant, Huang, & Lee, 2017) (subsecção 2.2.4 Assistive design for elderly living ambient using voice and gesture recognition system ) é de especial interesse para o nosso projeto a forma como captam a voz dos utilizadores e interagem com as diferentes partes da casa.

Do artigo (Khaghani-Far, Nikitina, Báez, Taran, & Casati, 2016) (subsecção 2.2.5 Fitness Applications for Home-Based Training ) concluímos que devemos ter fisioterapeutas prontos para ajudar os idosos, assim como um treinador virtual. Também devemos evitar dispositivos de rastreamento, como *smartwatches*, pois estes são desconfortáveis de usar. Além disso, é boa ideia implementar um sistema de recompensas de forma a cativar mais os idosos.

### 3. Persona

Antes de pensarmos em requisitos, precisamos de ter uma ideia de como os nossos utilizadores irão usar a nossa aplicação. Para tal, começámos por criar cenários com base numa persona, sendo essa persona a Sra. Maria.

#### Quem é a Sra. Maria?

A Sra. Maria é uma idosa de 73 anos que vive numa casa em território de baixa densidade populacional e tem alguns problemas de saúde, tais como hipertensão, diabetes, problemas de memória, função motora reduzida e problemas de visão, necessitando de monitorização de saúde. Além disso, tem limitações ao nível de interação com tecnologias modernas.

### 4. Cenários e Requisitos

Com base na persona e nos cenários criados, extraíram-se requisitos funcionais e não funcionais indispensáveis para o desenvolvimento do nosso projeto. Para cada cenário foram escritos os requisitos necessários para a realização de determinada tarefa. Os requisitos encontram-se dentro dos parênteses a negrito, sendo que ‘RF’ equivale a requisito funcional e ‘RNF’ equivale a requisito não funcional.

#### 4.1. Cenários com os requisitos

##### 4.1.1. Sra. Maria quer fazer o plano de exercícios sugerido pelo seu fisioterapeuta

A Sra. Maria quer fazer o plano de exercício que o seu fisioterapeuta lhe fez para o dia de hoje. Ela liga o sistema através do comando de voz “Ligar” **[RF: interação por voz]** ou ligando através do comando do sistema **[RF: interação através de comando]**.

É projetado na parede a interface do sistema **[RF: projeção da interface]**.

O sistema pergunta à Sra. Maria “o que deseja fazer hoje?” **[RF: interação por voz – iniciativa do sistema]** **[RNF: a resposta do sistema de reconhecimento de voz em tempo útil]** são lhe apresentadas duas opções **[RNF: dar poucas opções de interação com a aplicação de cada vez]**:

- um plano de exercícios feito pelo fisioterapeuta que acompanha a Sra. Maria **[RF: haver planos de exercícios]** **[RF: fisioterapeutas poderem acrescentar planos de exercícios]**
- todos os planos de exercícios disponíveis na aplicação. **[RF: listagem dos planos de exercícios]**

A Sra. Maria seleciona a opção do plano de exercícios feito pelo fisioterapeuta **[RF: selecionar plano de exercício do fisioterapeuta que acompanha]** que a acompanha dizendo “Fisioterapeuta” **[RF: interação por voz]** **[RNF: a resposta do sistema de reconhecimento de voz em tempo útil]** ou selecionando o mesmo através da interface gráfica **[RF: interação através de comando]**.

O plano de exercício é selecionado e no ecrã aparece uma breve descrição do que se irá realizar **[RF: descrição do plano de exercício]**.

O sistema diz/mostra “quando estiver pronta diga “Começar” **[RF: interação por voz – iniciativa do sistema]** **[RNF: interações com o sistema têm de ser práticas e simples]**. A Sra. Maria prepara tudo na sala a seu jeito e diz/seleciona “começar” **[RF: interação por voz]** **[RF:**

**interação através do comando] [RNF: a resposta do sistema de reconhecimento de voz em tempo útil].**

Será apresentado o exercício a fazer com recurso a um vídeo demonstrativo **[RF: apresentar vídeo demonstrativo do exercício].**

Cada vez que a Sra. Maria desejar avançar terá de dizer ao sistema “Já terminei, podes avançar para o próximo” **[RF: interação por voz] [RNF: a resposta do sistema de reconhecimento de voz em tempo útil].**

No final dos exercícios a Sra. Maria adorou o plano e por isso gostaria de dar uma avaliação positiva dizendo “avaliar” e “X estrelas” **[RF: interação por voz] [RF: Autoavaliação pelo utilizador dos exercícios feitos] [RNF: interações com o sistema têm de ser práticas e simples].**

Para voltar ao ecrã inicial basta dizer “terminar plano” **[RF: interação por voz].**

#### 4.1.2. Sra. Maria quer escolher plano de exercícios do fisioterapeuta José Silva

Após ligar o sistema, a Sra. Maria escolhe a opção de ver os outros planos de exercícios dizendo “Ver lista de planos de exercício” **[RF: interação por voz] [RF: haver planos de exercícios].**

São apresentados os planos de exercícios existentes na aplicação. Sra. Maria diz “pesquisar por fisioterapeuta José Silva” **[RF: interação por voz] [RF: pesquisa de um plano de exercício específico] [RNF: a resposta do sistema de reconhecimento de voz em tempo útil].**

Serão apresentados apenas os planos de exercícios do fisioterapeuta José Silva. Sra. Maria quer fazer o plano Y e diz “selecionar plano Y” **[RF: interação por voz] [RF: selecionar plano de exercício específico] [RNF: a resposta do sistema de reconhecimento de voz em tempo útil].**

Funcionamento semelhante ao anterior.

#### 4.1.3. Sra. Maria quer participar numa sessão de grupo

A Sra. Maria liga o sistema e escolhe o plano que quer fazer.

Aparece uma breve descrição do que se irá realizar e aparece também a opção de treinar em grupo e/ou partilhar o seu vídeo com outros utilizadores **[RF: captar e enviar vídeo do utilizador] [RF: permitir à pessoa escolher se quer partilhar vídeo] [RF: permitir à pessoa escolher para quem quer partilhar vídeo] [RNF: dar poucas opções de interação com a aplicação de cada vez].**

Sra Maria seleciona opção de treinar em grupo e automaticamente junta-se ao mesmo **[RF: receber vídeo de outros utilizadores] [RNF: a resposta do sistema de reconhecimento de voz em tempo útil].**

O plano decorre de forma semelhante aos cenários anteriores.

## 4.2. Requisitos funcionais

Os requisitos funcionais foram divididos em prioritários e adicionais, de forma a distinguir os mais importantes para a implementação do projeto.

#### 4.2.1. Requisitos funcionais prioritários

- Uma grande parte das funcionalidades do sistema deve ser controlado por voz
- Apresentar informação dos planos de exercícios que consiste em texto, imagem ou vídeo
- Apresentar um vídeo demonstrativo do exercício que está a ser feito
- Captar e enviar vídeo do utilizador a fazer os exercícios
- Receber vídeo de outros utilizadores do sistema a fazer os exercícios
- Permitir à pessoa escolher se quer partilhar a sua sessão de exercícios com outros utilizadores ou não
- Permitir à pessoa escolher que utilizadores deseja ver a fazer os seus exercícios
- Permitir que fisioterapeutas acrescentem planos de exercícios
- Capacidade de acompanhamento da pessoa usando uma câmara com capacidades de PTZ<sup>1</sup>
- Tentar usar o comando do projetor como comando do sistema (requisito de interação)
- Usar telemóvel para interagir com sistema

#### 4.2.2. Requisitos funcionais adicionais

- Autoavaliação pelo utilizador do plano de exercícios
- Capacidade de monitorização de exercícios
- Capacidade de reconhecer se a pessoa fez bem o exercício
- Interação por gestos

#### 4.3. Requisitos não funcionais

- Interface simples e intuitiva
- Dar poucas opções de interação com a aplicação de cada vez
- Interações com o sistema têm de ser práticas e simples
- Resposta do sistema de reconhecimento de voz em tempo útil
- Distribuir os módulos por diferentes computadores
- As unidades de processamento onde correm os módulos devem ser de pequeno formato e baixo custo
- Processamento deve ser local
- Evitar processamento remoto ou em servidores
- O sistema de vídeo deve ter capacidade de suportar HD
- Necessidade de ligação à web para receber vídeo
- Necessidade de WiFi e Bluetooth para ligar os módulos
- Microfones que captam som à distância de pelo menos 2 m

---

<sup>1</sup> PTZ é uma abreviatura que significa *pan-tilt-zoom*. O termo *pan* refere-se ao movimento horizontal da lente da câmara, o termo *tilt* refere-se ao movimento vertical da lente da câmara e o termo *zoom* refere-se à capacidade de ajuste da distância focal da lente da câmara.



## 5. Arquitetura

### 5.1. Arquitetura Geral

O sistema é sustentado pela arquitetura ilustrada na Figura 4, composta por quatro módulos: interface gráfica, assistente de voz, gestor do sistema e gestão e controlo de vídeo. O sistema tem dois tipos de utilizador: idoso e o fisioterapeuta.

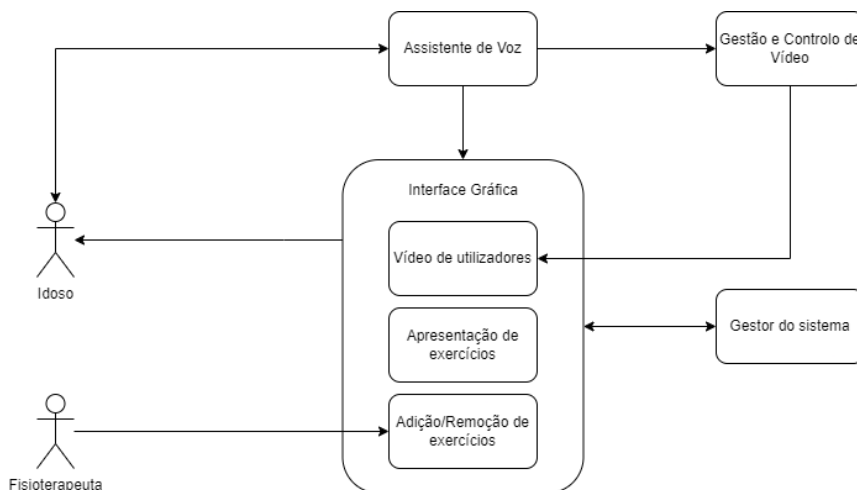


Figura 4: Arquitetura do sistema

O idoso é o utilizador que interage com o assistente de voz. Através da voz pode escolher e controlar que exercícios pretende fazer e mudar a posição da câmara. Pode também avançar, recomeçar e pausar os vídeos demonstrativo dos exercícios.

O fisioterapeuta é o utilizador que adiciona e/ou remove exercícios da base de dados. Para tal, criou-se uma interface *web* onde o fisioterapeuta pode adicionar exercícios com nome, descrição, vídeo demonstrativo e imagem demonstrativa e remover através do nome do exercício.

O **módulo do assistente de voz** recebe áudio do utilizador e interpreta o que foi dito. Se reconhecer que foi pedida uma ação, é enviada uma mensagem para o módulo da interface gráfica ou módulo da câmara para que essa ação seja executada. O assistente interage também com o utilizador, dando *feedback* do que entendeu.

O **módulo da interface gráfica** engloba tudo o que é apresentado na interface do utilizador e está subdividida em três módulos: vídeo de utilizadores, apresentação de exercícios e adição/remoção de exercícios.

O **módulo da gestão e controlo de vídeo** envia vídeo para a interface gráfica e pode receber mensagens do assistente de voz para alterar a posição da câmara.

O **módulo do gestor do sistema** controla o armazenamento dos dados relativos aos exercícios e disponibiliza a informação dos mesmos ao módulo da interface gráfica.

### 5.2. Interface Gráfica

A interface gráfica está subdividida em três módulos: vídeo de utilizadores, apresentação de exercícios e adição/remoção de exercícios. O módulo de vídeo de utilizadores consiste na apresentação de vídeos de outros utilizadores. O módulo de apresentação de exercícios consiste

em mostrar os exercícios ao utilizador, seja um vídeo demonstrativo ou uma imagem com uma descrição do exercício. O módulo de adição/remoção de exercícios permite ao fisioterapeuta adicionar e/ou remover exercícios da base de dados. A interface gráfica recebe mensagens do assistente para executar determinada ação, comunica com a base de dados para adicionar ou remover exercícios e para receber informação acerca dos mesmos e recebe, também, vídeo do módulo da câmara.

### 5.3. Assistente de Voz

Tal como esquematizado na Figura 5, o funcionamento do assistente consiste em 4 etapas distintas: ouvir o utilizador; transcrever o áudio para texto; processar o texto transcrito e obter resposta; sintetizar o texto da resposta para voz.

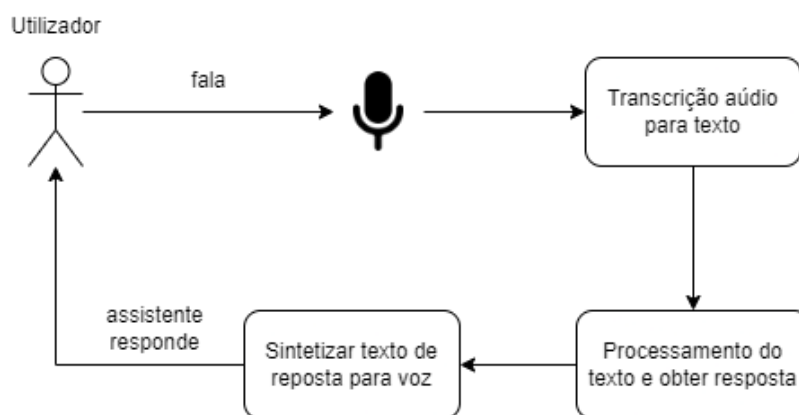


Figura 5: Diagrama de arquitetura do assistente

É necessário transcrever o áudio para texto, uma vez que a *framework* utilizada para a gestão de diálogo apenas aceita texto como input. Para obter uma resposta aos pedidos do utilizador, é necessário processar o que o utilizador disse e perceber a sua intenção. Para que o utilizador receba a resposta é necessário “dar” uma voz ao assistente. Por isso, após o assistente obter uma resposta é necessário sintetizar o texto da resposta para voz.

### 5.4. Gestão e controlo de vídeo

O diagrama apresentado na Figura 6 ilustra de forma breve o processo de comunicação do sistema especificamente para a câmara. Conforme se pode observar, temos dois *routers* instalados nas residências dos utilizadores ligados ao serviço do Youtube para conseguir transmitir os idosos a realizar os exercícios. A multiplicidade de utilizadores a visualizarem-se uns aos outros foi representada com as duas infraestruturas privadas ligadas entre si, desta forma assegura-se uma transmissão de vídeo com pouco atraso.

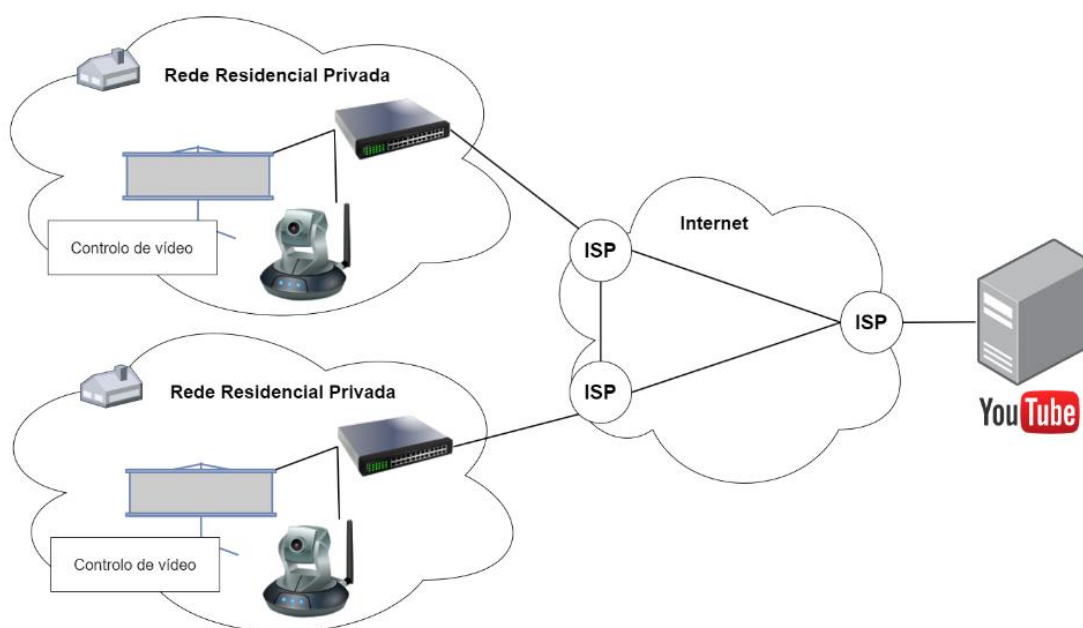


Figura 6: Arquitetura da câmara

O módulo da câmara é dividido em 2 submódulos, nomeadamente:

- **Streaming**, este permite apresentar no ecrã do sistema a transmissão de cada utilizador a realizar os exercícios dentro do conforto da sua casa.
- **Controlo PTZ**, que permite controlar por voz a posição, o zoom e a inclinação da câmara, garantindo que os idosos sejam visualizados corretamente durante a realização dos exercícios.

### 5.5. Modelo de Dados

Na Figura 7 é apresentado um diagrama entidade-relacionamento (DER) que mostra as entidades existentes na base de dados e as ligações entre as mesmas. Tendo em conta o diagrama, foram criadas sete entidades: Utilizador, Plano, Exercício, ExercícioPlano, Sessão, Vídeo e Imagem. As entidades possuem diversos atributos fundamentais às mesmas, como por exemplo, Identificação, Nome, Tipo, Duração e Descrição para Exercício, Identificação, Nome, Autor e Descrição para Plano.

Antes da implementação, foi também desenhado o esquema relacional (ER) que se encontra na Figura 8. Em relação a este diagrama é importante salientar as ligações com chaves estrangeiras do Vídeo e Imagem ao Exercício, permitindo assim que todos os exercícios tenham um vídeo e imagem associados, da Sessão ao Utilizador, por forma a saber que sessões este tem que fazer durante a semana, e ainda da Sessão ao Plano para saber qual plano de exercícios é necessário fazer naquela exata sessão.

Foi ainda criada uma tabela a partir da Relação N:M entre Plano e Exercício, denominada ExercícioPlano, que contém alguns atributos extra como número de séries, repetições, ordem de exercícios e as respetivas chaves estrangeiras que correspondem às chaves primárias das outras duas tabelas. Assim cada plano pode ter vários exercícios diferentes e com características adequadas ao mesmo.

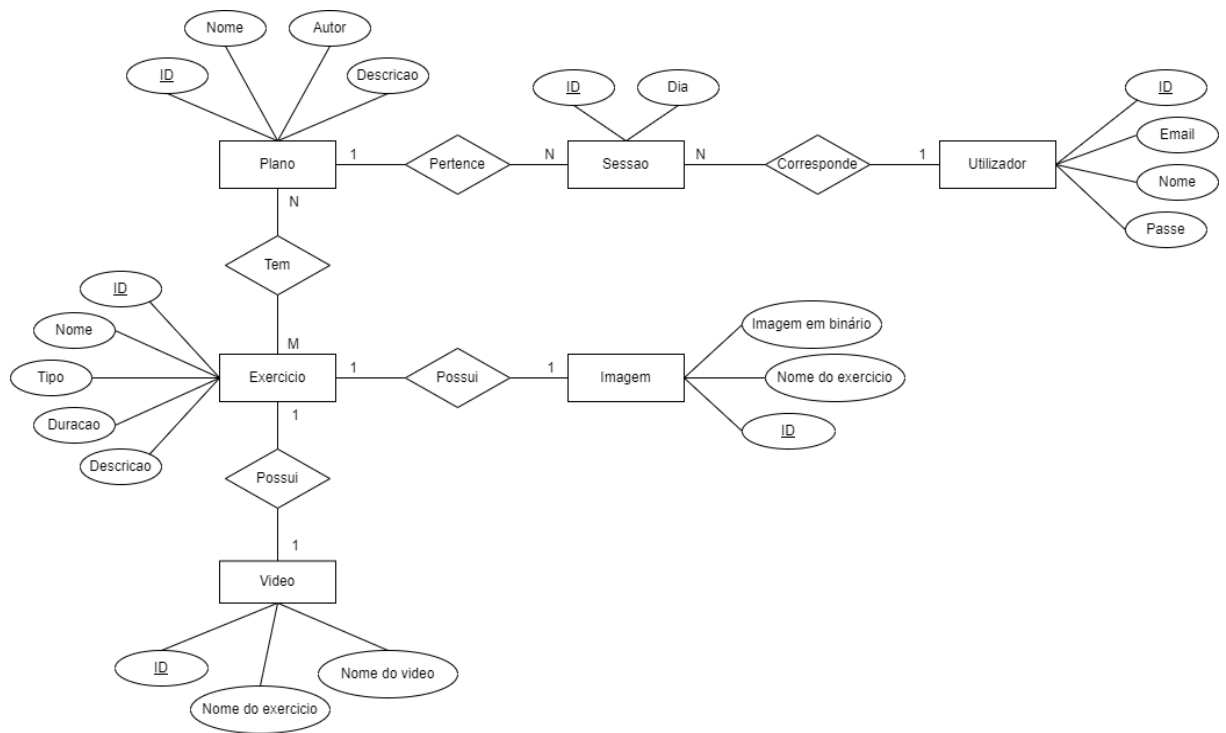


Figura 7: Diagrama entidade-relação da base de dados

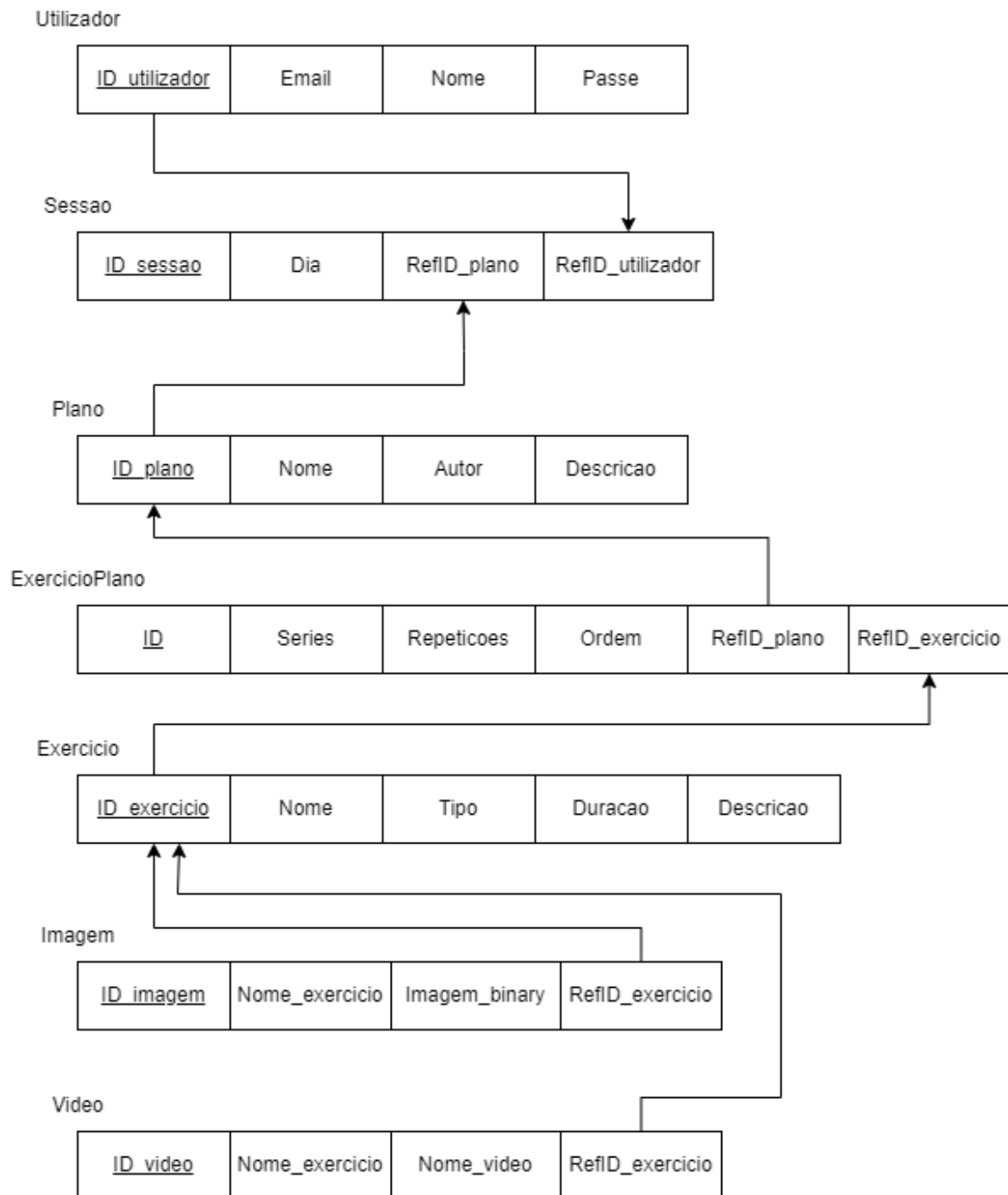


Figura 8: Esquema Relacional da base de dados

## 6. Implementação

Nesta secção vamos falar com mais detalhe sobre cada módulo do sistema, como é que cada um funciona e qual a(s) linguagem(s) e *framework*(s) usada(s).

### 6.1. Comunicação entre módulos

A comunicação entre assistente de voz, interface gráfica e assistente da câmara é feita através de MQTT. O MQTT é um protocolo de troca de mensagens que segue o modelo *publisher-subscriber*, isto é, existem publicadores de mensagens que enviam mensagens para um certo canal e para receber essas mesmas mensagens é necessário subscrever esse canal.

No nosso sistema, tal como se pode constatar na Figura 9, o assistente de voz funciona como publicador e os módulos da câmara e da interface gráfica como subscritores. Criaram-se dois canais, um para a comunicação com o módulo da câmara e outra para a comunicação com o módulo da interface gráfica. Assim, sempre que o assistente de voz precisar de comunicar com um dos módulos, envia mensagem para o canal respetivo.

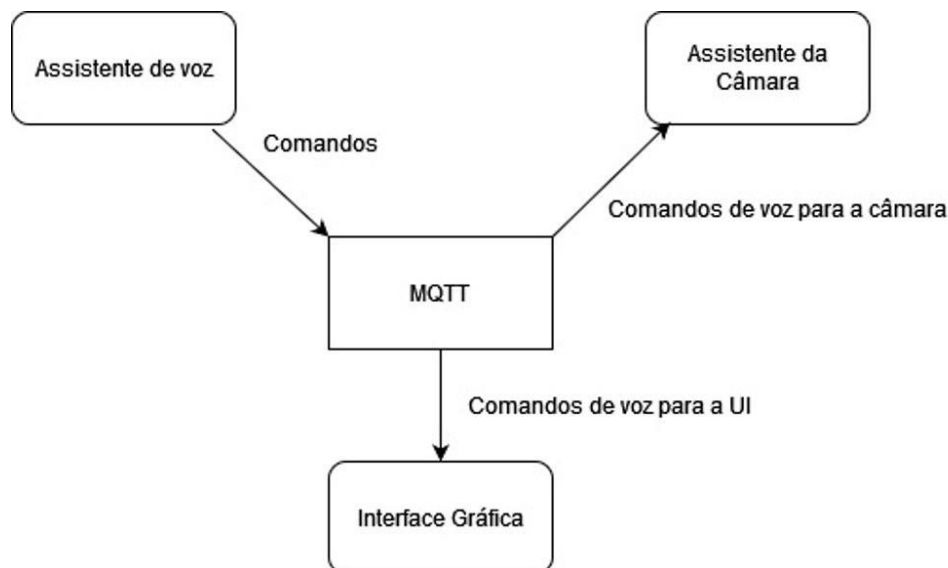


Figura 9: Uso do MQTT para comunicação

Entre a interface gráfica e a base de dados é usada uma API, do lado da base de dados, com *endpoints* que depois são chamados pela interface gráfica (Figura 10).



Figura 10: Comunicação entre interface gráfica e base de dados

### 6.2. Interface Gráfica

A Interface Gráfica foi implementada com C#, recorrendo ao uso da *framework* WinUI3 da Microsoft. Esta é utilizada para mostrar os exercícios/planos ao utilizador. De forma a facilitar o uso da mesma, é possível interagir com esta por voz. Para isso, existem funções associadas a comandos, ou seja, quando o assistente envia um comando, a função associada será automaticamente executada. Isto apenas acontece caso seja um comando conhecido pela interface

gráfica ou caso seja possível executá-lo (não é possível executar o comando de pausa quando não se está a ver um vídeo, por exemplo). Caso contrário, nada acontece.

As funcionalidades disponíveis na interface são as seguintes:

- Ver exercícios/planos;
- Escolher um exercício/plano;
- Reproduzir um vídeo.

#### 6.2.1. Ver exercícios/planos

A funcionalidade “Ver exercícios/planos” é bastante simples. Estando na página principal (Figura 11), basta clicar num dos botões. O botão “Plano de exercícios” mostra todos os planos existentes, enquanto o outro botão mostra todos os exercícios.



Figura 11: Página principal da Interface Gráfica

#### 6.2.2. Escolher um exercício/plano

Dependendo do botão em que o utilizador clicou na página principal, a interface irá mostrar os exercícios ou os planos, mas independentemente do que escolheu, o sistema funciona da mesma forma.

Para escolher um exercício/plano, basta clicar num dos elementos da lista (Figura 12). Esta lista mostra 10 elementos de cada vez. Para navegar nesta lista existem 2 botões representados por “+” e “-”. Após clicar num elemento, no lado direito da página irá aparecer o título do elemento, assim como a sua descrição.

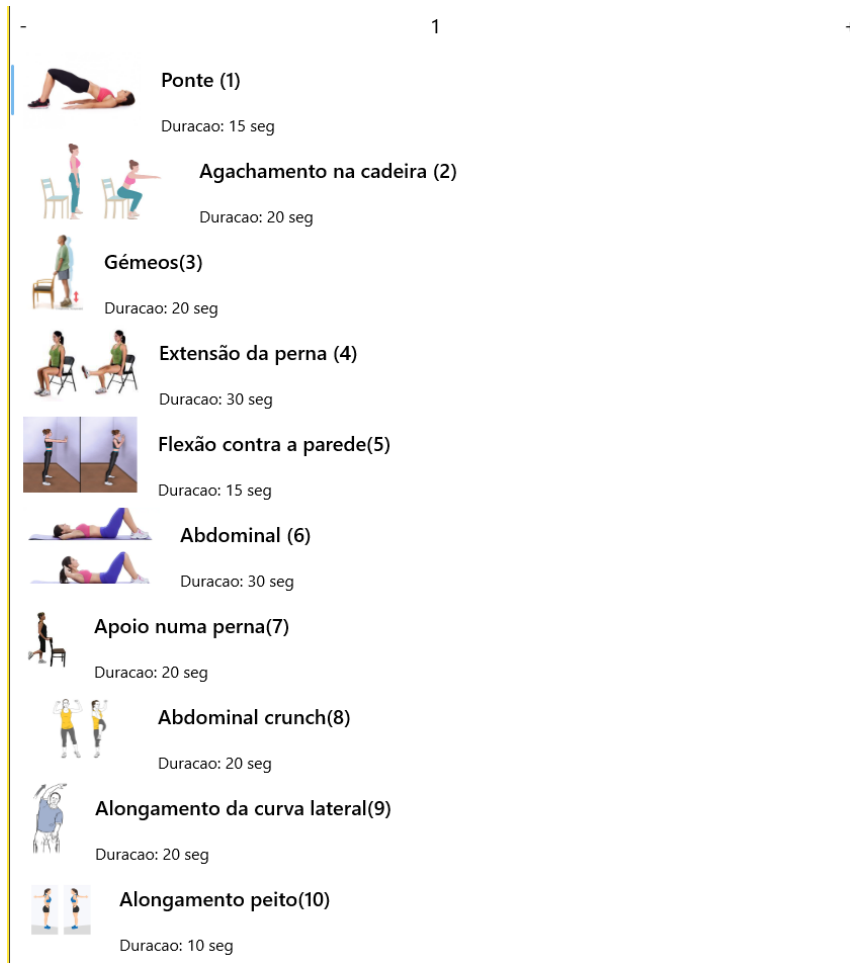


Figura 12: Lista de exercícios

### 6.2.3. Reproduzir vídeos

Para reproduzir um vídeo, basta clicar no botão “começar” presente nas páginas de seleção de um exercício/plano. Após clicar em “começar”, a página de vídeo irá aparecer e o vídeo começa a ser reproduzido automaticamente. Caso seja um plano, no final do vídeo, a interface pergunta se quer avançar para o próximo vídeo (Figura 13), ou se já não houver mais, pergunta se quer terminar o plano (Figura 14). No caso de ser um exercício em vez de um plano, a interface pergunta se quer voltar à página dos exercícios (Figura 15). Para além disso podem existir um ou mais quadrados no canto superior direito com vídeos de uma *livestream* do *Youtube* (Figura 5). Esses vídeos vêm das câmaras dos utilizadores.



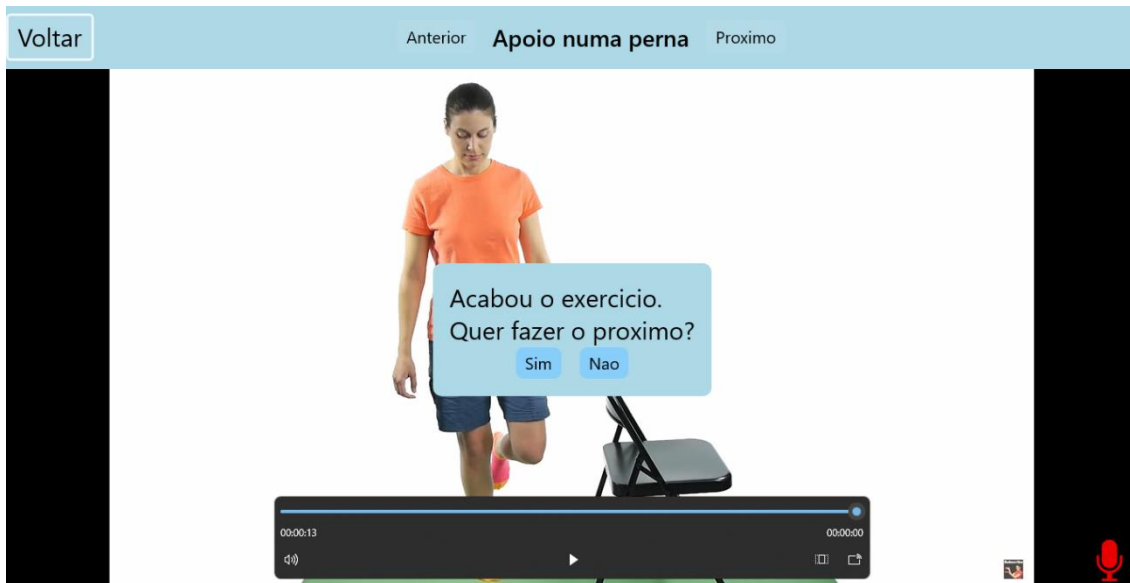


Figura 13: Interface Gráfica pergunta se quer avançar para o próximo exercício

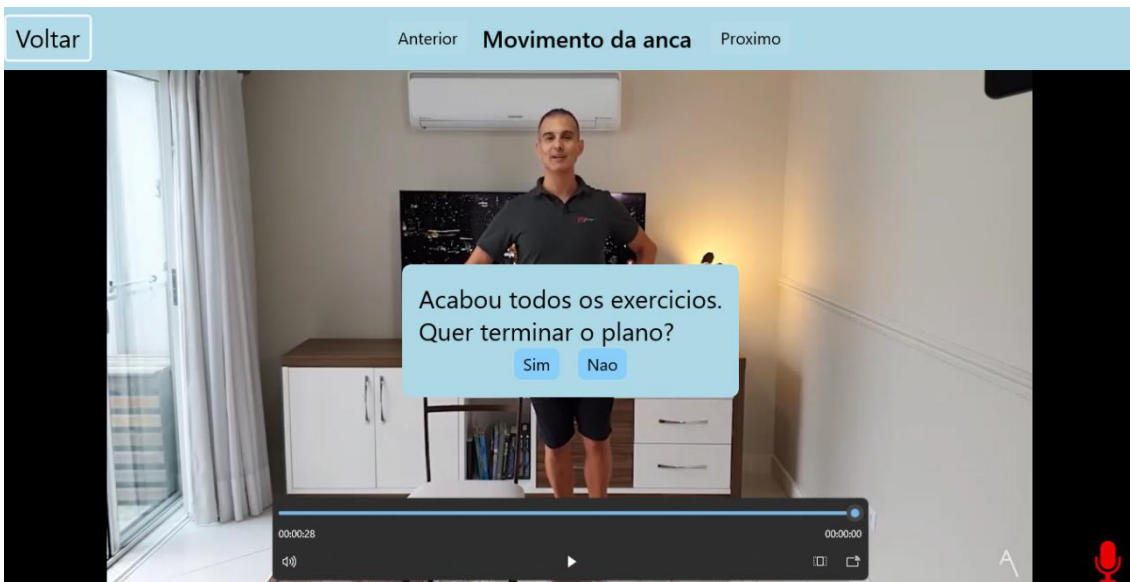


Figura 14: Interface Gráfica pergunta se quer terminar o plano



Figura 15: Interface Gráfica pergunta se quer voltar à página de exercícios

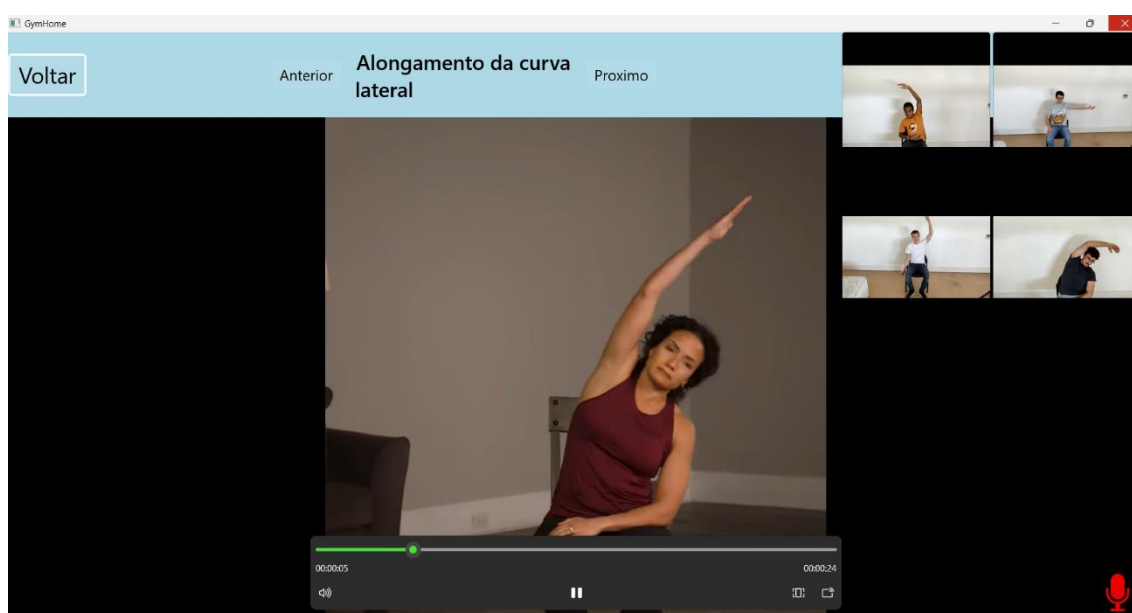


Figura 16 Interface Gráfica apresenta vídeo das câmaras de outros utilizadores

#### 6.2.4. Configurações da Interface Gráfica

Juntamente com a aplicação, existe um ficheiro chamado “settings.xaml”, onde é possível alterar certas definições da interface gráfica (Anexo A). A alteração deste ficheiro deve ser feita com cuidado pois pode provocar um mau funcionamento da aplicação. Caso isto aconteça, basta eliminar o ficheiro e voltar a abrir a aplicação.

Neste ficheiro é possível alterar as *keywords* do assistente de voz. Estas *keywords* são identificadores enviados pelo assistente de voz e recebidas pela interface gráfica por forma a identificar a ação a executar. Isto é representado, no ficheiro, sob a forma <ação>keyword</ação>. Por exemplo, <VideoPlay>play</VideoPlay> representa a ação que

reproduz o vídeo (tira de pausa). Caso seja preciso alterar este ficheiro (por exemplo, por usar um assistente de voz diferente que usa *keywords* diferentes), deve-se alterar apenas as *keywords* que estão entre as *tags*, ou seja, entre <ação>...</ação>.

Para além das *keywords*, também é possível alterar o endereço e a porta do servidor dos exercícios/planos. É importante ter “[http://](#)” ou “[https://](#)”, caso contrário pode provocar o mau funcionamento da aplicação. Também é possível alterar o endereço e a porta do servidor *MQTT* usado para comunicação entre módulos.

Por fim, para adicionar o *link* do vídeo de uma câmara basta adicionar

```
<string>link da câmara</string>
```

dentro da secção StreamURLs.

É preciso ter em conta que as alterações feitas a este ficheiro só fazem efeito na próxima vez que se abrir a aplicação, isto é, caso se façam alterações enquanto a aplicação está aberta, essas alterações não terão efeito imediato, sendo preciso fechar e voltar a abrir a aplicação.

### 6.3. Assistente de Voz

O funcionamento do assistente de voz consiste em dois ciclos distintos, tal como pode-se constatar na Figura 17. No primeiro ciclo, o assistente “não ouve” o utilizador e fica à espera que o chamem (o utilizador irá ter de chamar por “Maria”). O segundo ciclo é quando o assistente “acorda” e interage com o utilizador até que este se despeça.

No primeiro ciclo, é ouvido o microfone e o áudio é passado para texto. Se o texto se referir ao assistente, o programa passa para o segundo ciclo. Se o texto for a pedir para desligar o microfone, o programa termina. Caso contrário, o programa volta a ouvir o microfone.

O segundo ciclo começa por interpretar o que o utilizador disse, que na primeira vez será um cumprimento ao assistente e a resposta do assistente vai ser um cumprimento. O que é ouvido do microfone é passado para texto e se esse texto corresponder a uma despedida, o assistente despede-se e volta ao primeiro ciclo. Caso contrário, o texto é passado ao assistente para interpretar. No fim de interpretar o texto, o assistente deverá ter uma resposta em texto que vai ser sintetizada para voz. Se ao interpretar o texto o assistente detetar uma ação, este envia uma mensagem com a ação pretendida para o respetivo módulo.

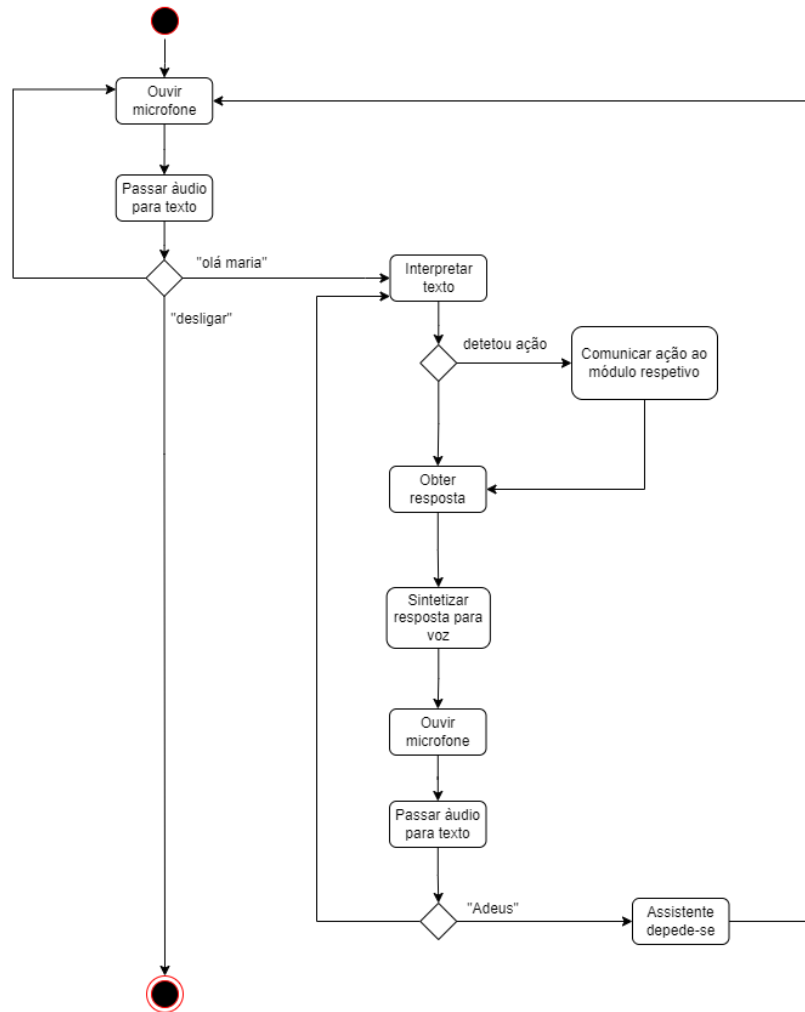


Figura 17: Diagrama de atividade do assistente de voz

### 6.3.1. Ferramentas

#### 6.3.1.1. Rasa

Rasa é uma *framework* de código aberto que é usada para desenvolver assistentes virtuais. Esta *framework* permite criar e treinar modelos de linguagem natural, através de técnicas de *machine learning*, que são capazes de interpretar e responder a mensagens, de texto, de utilizadores.

A *framework* Rasa é composta em duas partes principais: Rasa NLU (*Natural Language Understanding*) e o Rasa Core. O Rasa NLU é responsável por perceber a intenção do utilizador a partir de texto ou voz e extrair as informações importantes. O Rasa Core é responsável por definir o fluxo da conversa e quais as respostas a serem dadas pelo assistente.

Utilizou-se esta *framework* de modo a facilitar o processamento do texto transcrito do áudio captado pelo microfone e obter as ações e respostas pretendidas.

#### 6.3.1.2. Vosk

Vosk é uma biblioteca Python de reconhecimento de voz, que permite a transcrição de voz para texto em tempo real sem necessitar de ligação à internet. Utilizou-se esta biblioteca para passar o áudio captado pelo microfone para texto, que vai ser interpretado pelo Rasa.

### 6.3.1.3. *Pytsx3*

Pytsx3 é uma biblioteca Python de conversão de texto para voz. Escolheu-se esta biblioteca uma vez que, ao contrário de outras, pode ser usada *offline*. Utilizou-se esta biblioteca para sintetizar o texto devolvido pelo Rasa para voz.

## 6.4. Gestão e Controlo de Vídeo

Um dos objetivos do nosso projeto é fazer o idoso sentir-se acompanhado e, para tal, o módulo da câmara apresenta uma solução de captura e transmissão de vídeo, em tempo real, dos utilizadores a realizar os exercícios em casa.

Para atender aos requisitos estabelecidos, optou-se pelo uso da câmara Reolink E1 Zoom, que disponibiliza todas as características necessárias para tal, por exemplo, a capacidade PTZ (Pan-Tilt-Zoom), áudio bidirecional, conectividade Wi-Fi de 2,4/5 GHz e resolução Super HD 5MP, entre outras. Destas funcionalidades a mais crucial para o sistema foi a capacidade PTZ que permite ao idoso ajustar direção da câmara.

Este módulo pode ser dividido em duas partes distintas. A primeira concentra-se no método de transmissão, enquanto, que a segunda aborda o aproveitamento da API Reolink para o acesso às funcionalidades disponibilizadas pela câmara.

### 6.4.1. Modelo da Câmara



Figura 18: E1 Zoom Reolink Câmara, imagem retirada de (reolink.com, s.d.)

O modelo E1 Zoom, do produzido pela marca Reolink, é uma câmara de segurança de última geração que possui recursos avançados. Este dispositivo apresenta uma lente de zoom ótico de 3x, permitindo a ampliação e visualização de objetos distantes com alta clareza. Além disso, a câmara possui uma resolução de imagem de 5 megapixéis e grava vídeos em Full HD (1080p). Adicionalmente, está equipada com um sensor de movimento PIR e um LED infravermelho para capturar imagens nítidas em ambientes com baixa luminosidade.

O dispositivo E1 Zoom conta ainda com um recurso de áudio bidirecional, permitindo que o utilizador ouça e fale com pessoas presentes no ambiente monitorizado. Esse recurso é especialmente útil para monitorizar crianças ou animais de estimação. A câmara pode ser facilmente configurada por meio da aplicação móvel Reolink, o que permite o acesso remoto em

tempo real por meio de dispositivos móveis ou computadores. Além disso, a câmara é compatível com o assistente virtual Amazon Alexa, possibilitando controlar por voz.

De forma geral, a câmara E1 Zoom da Reolink apresenta-se como uma excelente opção para aqueles que procuram uma solução de manusear câmaras, fornecendo recursos práticos e de fácil utilização.

#### 6.4.2. Ferramentas

O módulo de gestão e controlo de vídeo foi criado com base na captura e transmissão de vídeo. Para isso, utilizámos o YouTube como plataforma de *streaming*. Configurámos o OBS para realizar a transmissão, sincronizando-o com a conta do YouTube. Em seguida, adicionámos a fonte de vídeo da câmara no OBS e iniciámos a transmissão.

Para o controlo remoto da câmara utilizámos a Reolink API, uma ferramenta de programação que permite controlar remotamente a câmara Reolink. Focámo-nos especialmente nas funções de Pan-Tilt-Zoom (PTZ) deste API. Para configurar a câmara Reolink em redes diferentes, ligámos a câmara à rede desejada e realizámos ajustes no *router* para permitir o acesso externo à câmara.

### 6.5. Serviço de Exercícios e Utilizadores

#### 6.5.1. Ferramentas

A base de dados foi criada utilizando SQLite. Escolhemos o SQLite também porque já estamos familiarizados com a mesma. O acesso à base de dados do sistema é gerido por uma API, sendo que para a sua construção utilizámos a *framework* Flask, a linguagem de programação Python e diversos queries em linguagem SQL. Flask é uma *framework* especializada no desenvolvimento de aplicações web e de APIs RESTful em Python e, sendo que já era conhecido pelos elementos do grupo, foi a escolhida.

#### 6.5.2. Modelo de dados

Na inicialização da base de dados, foram adicionados exercícios e planos padrão. Estes dados encontram-se disponíveis em três pastas, uma para imagens, outra para vídeos e por último uma com informação em documentos Excel. Para inserir esses dados na base de dados, foram criados três ficheiros separados: um para processamento de dados dos documentos Excel, outro para processamento de imagens e um terceiro para processamento de vídeos.

A Tabela “Exercicio” contém cinco atributos: ID; Nome; Tipo do exercício; Duração em segundos; Descrição de como fazer o exercício. Embora os elementos do grupo não tenham grande conhecimento na área, foi realizado um esforço para escolher exercícios adequados a idosos.

Para que seja facilitada a perceção dos exercícios, além da descrição, é importante que sejam apresentadas imagens e vídeos correspondentes aos exercícios. A Tabela “Imagem” e a Tabela “Video” contêm ambas referências, com a chave estrangeira do ID do exercício, à Tabela “Exercicio”.

Os vídeos necessitam de ser guardados no disco da máquina de cada utilizador (pasta de vídeos). Os restantes dados, incluindo as imagens, são guardados diretamente na base de dados. A tabela Video tem assim quatro atributos: ID; Nome; VideoName que corresponde ao nome do vídeo na pasta onde está guardado; Referência ao exercício a que corresponde. A tabela Imagem contém os mesmos atributos exceto o VideoName, que é substituído pelo atributo ImagemBinary já que as imagens são guardadas na base de dados em binário.



Para efeitos de teste, foi criada a Tabela “Utilizador”. Cada utilizador tem associado a si um conjunto de sessões para os dias da semana, com o respetivo plano de treino a realizar naquele dia. A tabela possui quatro atributos: ID; Email; Nome; Passe (encriptada).

A Tabela “Sessão” encontra-se ligada à tabela “Utilizador”, sendo que esta contém uma chave estrangeira que faz referência ao ID do utilizador. Esta tabela serve para saber, para cada utilizador, em que dias da semana tem agendado um plano de exercícios e depois começar a fazer o plano. Portanto, a tabela contém ainda uma referência ao ID do plano.

Por último, são necessárias duas últimas tabelas, a Tabela “Plano” e a Tabela “ExercicioPlano”. A Tabela “Plano” contém quatro atributos: ID; Nome do plano; Autor, que são fisioterapeutas; Breve descrição do plano. A Tabela “ExercicioPlano” serve para resolver a relação N:M entre as tabelas “Plano” e “Exercicio”, permitindo também que os exercícios tenham número de séries, repetições ou ordem diferentes, para planos diferentes.

### 6.5.3. API REST

Foi construída uma API REST em Flask que disponibiliza diversas funcionalidades sobre a base de dados. Esta permite que outros módulos, nomeadamente a interface, comuniquem com a base de dados.

As funcionalidades presentes na API utilizadas pela interface principal e interface do fisioterapeuta são:

- Obtenção da lista completa de exercícios;
- Obtenção das sessões por cada utilizador;
- Inserção/Remoção de exercícios.

E ainda outras funcionalidades, que não foram implementadas em nenhuma das interfaces, mas que poderão vir a ser futuramente:

- Funções de login e registo;
- Acesso a planos (sem relação com as sessões);
- Adição de planos e sessões personalizados.

Para iniciar a API, basta executar o ficheiro “main.py”, que iniciará o servidor Flask, que fica alojado localmente na própria máquina, pelo endereço IP e porto 127.0.0.1:5000, ou acessível pelo endereço privado da máquina.

A API oferece diversas operações para aceder e modificar a base de dados usando *queries* SQL. Algumas das funcionalidades disponíveis incluem obter a lista completa de exercícios, as sessões e os planos associados a um utilizador em específico, inserir e remover exercícios da base de dados, entre outras. Para aceder a estas funcionalidades, são enviados pedidos HTTP para a API. Para testar os pedidos HTTP foi utilizado o HTTPie, um cliente HTTP utilizado na linha de comandos.

### 6.5.4. Principais Funcionalidades

#### 6.5.4.1. Lista de Exercícios Completa

Para obter a lista completa de exercícios, presentes na tabela “Exercicio”, a interface envia um pedido GET para o caminho “/getExercises”. A função da API retorna todos os exercícios com os respetivos atributos e, com junções às tabelas Imagem e Video pela referência do exercício, uma imagem e ID do vídeo do exercício. O vídeo em binário pode ser depois obtido pelo caminho “/getVideo/video\_id=<video\_id>”.

Com o comando “http GET <http://127.0.0.1:5000/getExercises>”, na linha de comandos, obtemos o resultado, em JSON, presente na Figura 18 (não incluímos o resultado na imagem, já que esta é armazenada com o tipo BLOB (*Binary Large Object*) e iria dificultar a leitura do mesmo).

```
[
  {
    "descricao": "Deite-se de barriga para cima no chão. Levante o corpo apoiando-se sobre os pés, braços, parte superior das costas e cabeça.",
    "duracao": 15,
    "nome": "Ponte ",
    "tipo": "Força",
    "videoID": 1
  },
  {
    "descricao": "Com uma cadeira, faça movimentos de sentar e levantar. Tente fazer com que o movimento de sentar não seja muito rápido.",
    "duracao": 20,
    "nome": "Agachamento na cadeira ",
    "tipo": "Força",
    "videoID": 2
  },
  ...
  {
    "descricao": "Sentado numa cadeira, levante uma perna e segure-a com as mãos por forma a colocá-la e a segurá-la em cima da perna oposta. Por fim incline-se para a frente para sentir o alongamento. Repita o mesmo procedimento com a outra perna.",
    "duracao": 15,
    "nome": "Alongamento dos glúteos",
    "tipo": "Flexibilidade",
    "videoID": 15
  }
]
```

Figura 19 – Informação de todos os exercícios em JSON

#### 6.5.4.2. Sessões por Utilizador

Para obter as sessões e o plano associado a cada sessão de um utilizador específico, pode ser enviada um pedido GET para a rota “/profileComplete/user\_id=<user\_id>”, onde “user\_id” é o identificador único do utilizador na base de dados.

A API acede à tabela “Sessao”, que contém duas chaves estrangeiras, uma para o utilizador e outra para o plano. Para cada utilizador, descobrimos quais são as suas sessões igualando a chave estrangeira do ID do utilizador ao ID solicitado no URL. Depois, para obter o plano de uma sessão é feita a junção das tabelas “Plano” e “Sessao” pelo ID do plano. Finalmente, é necessário obter todos os exercícios do plano juntando as tabelas “Plano” e “Exercicio” à tabela “ExercicioPlano”, que para além da referência ao plano e ao exercício (que serve para obter toda a informação do exercício, como imagem e vídeo), tem também as séries, repetições e ordem dos exercícios no plano.

Para o primeiro utilizador, com o comando “http GET [http://127.0.0.1:5000/profileComplete/user\\_id=1](http://127.0.0.1:5000/profileComplete/user_id=1)” obtemos o resultado, em JSON, com as diferentes sessões que o utilizador tem para fazer naquela semana. Isto é, o JSON contém o dia da semana da sessão, e o plano, com a lista de exercícios que o idoso tem de fazer nessa sessão.

#### 6.5.4.3. Inserir/Remover Exercício

O processo de inserção de exercícios é uma função importante para o sistema. Este representa a possibilidade de fisioterapeutas adicionarem exercícios adequados para cada idoso que possui o sistema, individualmente.



Para que esta funcionalidade da API fosse viável, foi construída uma interface web, acessível aos fisioterapeutas, de modo que estes pudessem inserir novos exercícios na base de dados, com toda a informação respetiva aos mesmos, como descrição, imagem, vídeo, etc. Além disso também é possível remover um exercício na interface.

Para inserir um novo exercício na base de dados, pode ser enviada um pedido POST para a rota “/addExercise” com as informações do exercício no corpo do pedido. Da mesma forma, para remover um exercício existente, pode ser enviada um pedido POST para a rota “/removeExercise” com o ID do exercício a remover, sendo este o identificador único do exercício na base de dados, e depois serão realizados vários DELETE’s para a apagar toda a informação do exercício.

Para testes, foi criada uma interface simples usando HTML, CSS e Javascript com um formulário para preencher com as informações do exercício na rota “/addExercise” e um campo para inserir o ID a remover na rota “/removeExercise”.

#### 6.5.5. Acesso Remoto a Partir de Outra Rede

O servidor está instalado localmente em cada casa de um idoso. Para acedê-lo remotamente, é necessário utilizar o endereço IP público da máquina na qual o servidor está hospedado. Para isso, é preciso configurar o *router* da casa do idoso por forma a aceder ao servidor utilizado. Para tal, deve-se inserir as informações sobre o endereço IP privado da máquina e o número da porta que serão utilizados para permitir a ligação ao servidor.

Depois do endereço IP e a porta terem sido configurados no *router*, o tráfego será então encaminhado para o servidor em execução. Ao aceder à página com o endereço público e a porta correta, o router realiza o NAT para o transformar no endereço privado, sendo assim possível aceder ao servidor remotamente.

## 7. Conclusão

Com o envelhecimento da população mundial, é necessário desenvolver sistemas de saúde capazes de apoiar os idosos na sua vida diária e de promover um envelhecimento ativo e saudável. Assim, é importante a definição de estratégias para persuadir e motivar os idosos a mudanças de comportamento positivas.

Neste projeto, implementou-se um sistema direcionado a idosos que possibilita a prática de exercício físico em comunidade a partir do conforto das suas casas. Acreditamos que o sistema desenvolvido tem potencial para melhorar a qualidade de vida dos idosos aumentando o seu bem-estar físico e, consequentemente, mental.

Antes de começarmos a fase de implementação, definimos um objetivo principal, o qual foi concluído. O sistema é capaz de disponibilizar informação acerca do exercício a ser feito e consegue também mostrar vídeo da câmara de outros utilizadores. Embora tenhamos cumprido objetivo principal, nem todos os requisitos funcionais prioritários foram implementados, nomeadamente os requisitos referentes ao controlo sobre que utilizadores podem ver a partilha de câmara do utilizador, ao controlo sobre quais utilizadores devem aparecer no ecrã durante o exercício e à capacidade da câmara acompanhar automaticamente o utilizador.

Como nenhum sistema é perfeito existe sempre forma de melhorar o que foi feito. Algumas das melhorias que poderiam ser feitas seriam: melhorar os tempos de resposta do assistente de voz, tornar a interação com o assistente o mais natural e melhorar o *feedback* da interface gráfica (por exemplo, aparecer uma legenda a mostrar o que o assistente percebeu). Adicionalmente, também poderia ser implementado a capacidade da câmara acompanhar automaticamente o utilizador, interação por gestos, monitorização de exercícios e um sistema de *streaming* a partilhar o vídeo das câmaras dos utilizadores sem recorrer ao *Youtube*.

## 8. Referências

- Ahanger, T. A. (2022). IoT inspired smart environment for personal healthcare in gym. *Neural Computing and Applications* (2022).
- Báez, M., Ibarra, F., Far, I. K., Ferron, M., & Casati, F. (2016). Online Group-Exercises for Older Adults of Different Physical Abilities. *2016 International Conference on Collaboration Technologies and Systems*.
- Basanta, H., Huang, Y.-P., & Lee, T.-T. (2017). Assistive Design for Elderly Living Ambient using Voice and Gesture Recognition System. *2017 IEEE International Conference on Systems, Man, and Cybernetics (SMC)*.
- Eurostat. (July 2020). *Ageing Europe - statistics on population developments - Statistics Explained*. Obtido de [https://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php?title=Ageing\\_Europe\\_-\\_statistics\\_on\\_population\\_developments](https://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php?title=Ageing_Europe_-_statistics_on_population_developments)
- Khaghani-Far, I., Nikitina, S., Báez, M., Taran, E. A., & Casati, F. (2016). Fitness Applications for Home-Based Training. *IEEE Pervasive Computing*.
- Martinho, D., Crista, V., Carneiro, J., Corchado, J., & Marreiros, G. (2022). An Intelligent Coaching Prototype for Elderly Care. *reolink.com*. (s.d.). Obtido de <https://reolink.com/product/e1-zoom/>
- Shaikh, A. A., & Dandekar, S. P. (2019). Perceived Benefits and Barriers to Exercise among Physically Active and Non-Active Elderly People.
- Visutsak, P., Chaiwong, T., Jirawangkaewworrawut, K., & Daoudi, M. (2021). Joint Positions Detection for the Elderly Exercises. *International Journal of Science* 2021.

## 9. Anexos

```
<?xml version="1.0" encoding="utf-8"?>
<Settings xmlns:xsi="http://www.w3.org/2001/XMLSchema-instance"
xmlns:xsd="http://www.w3.org/2001/XMLSchema">
  <voiceKeywords>
    <MainPageSelectOption>selecionar_opcao</MainPageSelectOption>
    <ExercisesPageStartExercise>comecar</ExercisesPageStartExercise>
    <ExercisesPageNextItem>proximo</ExercisesPageNextItem>
    <ExercisesPagePreviousItem>anterior</ExercisesPagePreviousItem>
    <ExercisesPageSelectExercise>selecionar_opcao</ExercisesPageSelectExercise>
  >
    <ExercisesPageNextListPage>avancar</ExercisesPageNextListPage>
    <ExercisesPagePreviousListPage>voltar</ExercisesPagePreviousListPage>
    <PlanPageSelectPlan>selecionar_opcao</PlanPageSelectPlan>
    <NavigateToPreviousPage>voltar</NavigateToPreviousPage>
    <NavigateToMainPage>sair</NavigateToMainPage>
    <VideoPageEndPlan>terminar</VideoPageEndPlan>
    <VideoPlay>play</VideoPlay>
    <VideoPause>pause</VideoPause>
    <VideoNext>proximo</VideoNext>
    <VideoPrevious>anterior</VideoPrevious>
    <VideoReplay>replay</VideoReplay>
    <MicrofoneMute>no_listening</MicrofoneMute>
    <MicrofoneUnmute>listening</MicrofoneUnmute>
    <MicrofoneMessageCaught>legendas</MicrofoneMessageCaught>
    <Confirm>confirmar</Confirm>
    <Deny>negar</Deny>
  </voiceKeywords>
  <ServerAddress>http://localhost:5000</ServerAddress>
  <MqttAddress>localhost</MqttAddress>
  <MqttPort>1883</MqttPort>
  <StreamURLs>
    <string>https://www.youtube.com/watch?v=youtube_video_id</string>
  </StreamURLs>
</Settings>
```

*Anexo A: Ficheiro de configurações da UI*