



**UNIVERSIDADE ESTADUAL DA PARAÍBA  
CAMPUS I CAMPINA GRANDE-PB  
CENTRO DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA - CCT  
LICENCIATURA EM COMPUTAÇÃO**

**RODOLPHO SALLES DA SILVA**

**ANATOMIA-RA: Aplicativo para Android  
destinado ao Ensino dos Sistemas do Corpo Humano  
com a Utilização da Realidade Aumentada**

CAMPINA GRANDE – PB  
2014

**RODOLPHO SALLES DA SILVA**

**ANATOMIA-RA: Aplicativo para Android  
destinado ao Ensino dos Sistemas do Corpo Humano  
com a Utilização da Realidade Aumentada**

Monografia apresentada ao Curso de Graduação em Licenciatura em Computação da Universidade Estadual da Paraíba, em convênio com Escola de Serviço Público do Estado da Paraíba, em cumprimento à exigência para obtenção do grau de licenciado em Computação.

Orientador: Prof. Dr. Daniel Scherer

CAMPINA GRANDE – PB  
2014

É expressamente proibida a comercialização deste documento, tanto na forma impressa como eletrônica. Sua reprodução total ou parcial é permitida exclusivamente para fins acadêmicos e científicos, desde que na reprodução figure a identificação do autor, título, instituição e ano da dissertação.

S586a Silva, Rodolpho Salles da.

Anatomia-RA [manuscrito] : aplicativo para android destinado ao ensino dos sistemas do corpo humano com a utilização da realidade aumentada / Rodolpho Salles da Silva. - 2014.

123 p. : il. color.

Digitado.

Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Computação) - Universidade Estadual da Paraíba, Centro de Ciências e Tecnologia, 2014.

\*Orientação: Daniel Scherer, Departamento de Computação\*.

1. Android. 2. Realidade aumentada. 3. Ensino de anatomia.  
3. Dispositivos móveis. I. Título.

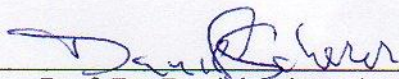
21. ed. CDD 004

RODOLPHO SALLES DA SILVA

**ANATOMIA-RA: Aplicativo para Android  
destinado ao Ensino dos Sistemas do Corpo  
Humano com a Utilização da Realidade  
Aumentada**

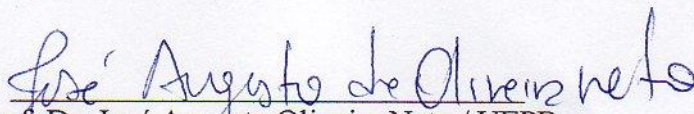
Monografia apresentada ao Curso de Graduação em Licenciatura em Computação da Universidade Estadual da Paraíba, em convênio com Escola de Serviço Público do Estado da Paraíba, em cumprimento à exigência para obtenção do grau de licenciado em Computação.

Aprovada em 20/03/2014.



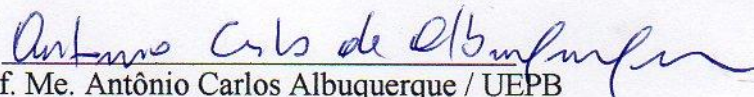
Prof. Dr. Daniel Scherer / UEPB

Orientador



Prof. Dr. José Augusto Oliveira Neto / UEPB

Examinador



Prof. Me. Antônio Carlos Albuquerque / UEPB

Examinador

## **DEDICATÓRIA**

A minha família pela fé e confiança demonstrada.

## **AGRADECIMENTOS**

A Deus por ter iluminado o meu caminho nesta caminhada. Aos meus pais, José de Arimatéa e Maria Salles, por terem contribuído na minha formação como ser humano e profissional. Aos meus irmãos Junior, Renata e Rakel pela alegria de tê-los em minha vida. A minha noiva, Thaíse Alves, obrigada por seu amor, paciência, dedicação, atenção e por sua presença em todos os meus momentos.

Ao meu orientador Dr. Daniel Scherer, obrigado por sua confiança, ajuda e competência profissional. Ao professores Dr. José Augusto Oliveira Neto e Me. Antônio Carlos Albuquerque que aceitaram participar da avaliação deste trabalho.

Aos professores do Curso de Licenciatura em Computação da UEPB, pela contribuição ao longo da minha graduação, por meio das disciplinas e principalmente pelos conselhos e amizade.

A meus colegas da turma, amizades que guardarei por toda vida. A todos, os meus sinceros agradecimentos.

“É muito melhor lançar-se em busca de conquistas grandiosas, mesmo expondo-se ao fracasso, do que alinhar-se com os pobres de espírito, que nem gozam muito nem sofrem muito, porque vivem numa penumbra cinzenta, onde não conhecem nem vitória, nem derrota.”

(Theodore Roosevelt)

## **RESUMO**

Devido ao processo de inovação do ensino, a acessibilidade e facilidade na aquisição de dispositivos computacionais e dispositivos móveis, o mercado educacional está cada vez mais à procura de métodos, softwares e aplicações que inovem a aprendizagem. Neste sentido, este trabalho teve por objetivo a criação de um aplicativo para a plataforma Android, destinado ao ensino-aprendizagem do assunto: sistemas do corpo humano da biologia, utilizando a Realidade Aumentada (RA).

O aplicativo proposto foi nomeado de ANATOMIA-RA. Esse aplicativo possibilita ao aluno acesso a conteúdos didáticos, a vídeos e permite a visualização e interação com os sistemas do corpo humano em 3D. Tornando inovador o processo de ensino-aprendizagem.

Portanto, este trabalho expõe todo o processo de pesquisa bibliográfica, escolha de ferramentas e desenvolvimento do aplicativo ANATOMIA-RA.

**PALAVRAS CHAVE:** Dispositivo Móvel, Realidade Aumentada, Ensino-aprendizagem.



## **A B S T R A C T**

Due to the innovation of education, accessibility and ease in acquiring computing devices and mobile devices process, the education market is increasingly looking for methods, software and applications that innovate learning. Thus, this work aimed at creating an app for the Android platform, for the teaching and learning of the subject: the human body systems biology, using Augmented Reality (AR).

The proposed application was named ANATOMY-RA. This application allows the student access to educational content, videos and allows you to view and interact with the systems of the human body in 3D. Making the process of innovative teaching and learning.

Therefore, this paper exposes the whole process of literature review, choice of tools and development ANATOMY-RA application.

**KEYWORDS:** Mobile device, Augmented Reality, Teaching and Learning.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Protótipo de Sensorama (PIMENTEL & TEXEIRA, 1995).....	17
Figura 2: Ex. RV imersiva com capacete HMD (TOKI, KIRNER, & SISCOOTTO, 2006)...	18
Figura 3: Ex. RV não-imersiva com monitor (FALCÃO, 2011).....	18
Figura 4: Vídeo-Capacete (NETTO, MACHADO, & OLIVEIRA, 2002). ....	18
Figura 5: Óculos 3d (NETTO, MACHADO, & OLIVEIRA, 2002).....	19
Figura 6: Diagrama de realidade/virtualidade contínua (MILGRAM, 1994). ....	20
Figura 8: Diagrama adaptado do sistema de visão ótica direta (AZUMA, 1997). ....	23
Figura 9: Dispositivos de visão ótica direta (AZUMA, 1997). ....	23
Figura 10: Diagrama adaptado do sistema de visão direta por vídeo e um modelo de dispositivo (AZUMA, 1997). ....	24
Figura 12: Exemplo sistema de visão ótica por projeção (LUZ, 2009).....	25
Figura 13: Organização das camadas do SO Android. ....	28
Figura 14: Funcionamento do SDK Vuforia reconhecendo a imagem com um marcador. ....	30
Figura 15: Modelo 3D do sistema Ósseo.....	35
Figura 16: Documento PDF criado para o aplicativo. ....	36
Figura 17: Marcador criado para aplicação. ....	37
Figura 18: Marcador mapeado pelo Target Manager. ....	37
Figura 20: Emulação da RA no Unity, com a inserção de dos botões correspondentes a cada sistema do corpo humano. ....	40
Figura 21: Emulação da RA no Unity, com a inserção das barras de rolagem, responsáveis por alterar a escala e rotação dos sistemas do corpo humano. ....	41
Figura 22: Emulação da RA no Unity, com a inserção do botão menu, responsável por abrir a janela do opções no centro da tela. ....	42
Figura 23: Imagem do Google Drive.....	43
Figura 24: Demonstra o arquivo em PDF, sendo acessado pelo navegador padrão do dispositivo.....	44
Figura 25: Tela inicial do aplicativo ANATOMIA-RA. ....	45
Figura 26: Tela de créditos do aplicativo ANATOMIA-RA.....	45
Figura 27: Tela do menu principal do aplicativo ANATOMIA-RA. ....	46
Figura 28: Tela <i>loading</i> do aplicativo ANATOMIA-RA. ....	46
Figura 29: Tela do aplicativo ANATOMIA-RA que exibirá o vídeo utilizando a RA. ....	47

## LISTA DE SIGLAS

RA	Realidade Aumentada
RV	Realidade Virtual
SO	Sistema Operacional
SDK	Kit de Desenvolvimento de Software
3D	Três Dimensões
PDF	Portable document format
SVG	Scalable Vector Graphics
XML	Extensible Markup Language
MPG	Moving Pictures Expert Group
AVI	Audio Video Interleave
MP4	Moving Pictures Expert Group 4
3GP	Third Generation Partnership Project (3GPP)
WMV	Windows Media Vídeo
PSP	PlayStation Portable
FLV	Adobe Flash Video

## SUMÁRIO

<b>1. INTRODUÇÃO .....</b>	<b>14</b>
<b>2. OBJETIVOS .....</b>	<b>15</b>
2.1 OBJETIVOS GERAIS .....	15
2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS .....	15
<b>3. REFERENCIAL TEÓRICO .....</b>	<b>16</b>
3.1 REALIDADE VIRTUAL.....	16
<b>3.1.1 Histórico .....</b>	<b>16</b>
<b>3.1.2 Tipos de Realidade Virtual .....</b>	<b>17</b>
<b>3.1.4 Dispositivos de Saída .....</b>	<b>18</b>
<b>3.1.5 Dispositivos de Entrada .....</b>	<b>19</b>
<b>3.1.6 Aplicações:.....</b>	<b>19</b>
3.2 REALIDADE MISTURADA .....	19
<b>3.2.1 Definição.....</b>	<b>20</b>
3.3 REALIDADE AUMENTADA .....	20
<b>3.3.1 Fundamentos.....</b>	<b>21</b>
<b>3.3.2 Histórico .....</b>	<b>21</b>
<b>3.3.3 Funcionamento .....</b>	<b>22</b>
<b>3.3.4 Tipos de Realidade Aumentada .....</b>	<b>22</b>
<b>3.3.5 Aplicações.....</b>	<b>25</b>
3.4 UNITY .....	25
<b>3.4.1 Linguagens de programação .....</b>	<b>26</b>
<b>3.4.2 Suporte e compatibilidade do Unity .....</b>	<b>27</b>
3.5 ANDROID .....	27
3.6 SDK QUALCOMM VUFORIA .....	28
<b>4. METODOLOGIA.....</b>	<b>31</b>
<b>5. DESENVOLVIMENTO.....</b>	<b>32</b>
5.2 APLICATIVO.....	32
5.3 ATIVIDADES REALIZADAS .....	32
<b>5.3.1 Pesquisa Bibliográfica.....</b>	<b>32</b>
<b>5.3.2 Pesquisa das Ferramentas .....</b>	<b>32</b>

5.3.2.2 Ferramenta Edição de Imagens.....	33
5.3.2.3 Ferramenta Fazer Download de Vídeos .....	33
5.3.2.4 Ferramenta Criação de Documentos PDF .....	33
<b>5.3.3 Desenvolvimento do Aplicativo .....</b>	<b>34</b>
5.3.3.1 Modelagem 3D .....	34
5.3.3.2 Desenvolvimento dos arquivos PDF .....	35
5.3.3.3 Desenvolvimento do Marcador .....	36
5.3.3.4 Criação do aplicativo .....	38
<b>6. CONSIFERAÇÕES FINAIS E TRABALHOS FUTUROS .....</b>	<b>48</b>
<b>7. REFERÊNCIAS.....</b>	<b>49</b>
<b>ANEXOS.....</b>	<b>53</b>

## 1. INTRODUÇÃO

Frequentemente, o ensino de sistemas do corpo humano em sala de aula baseia-se na utilização de livros, textos e imagens e este tipo de ensino dificulta o aprendizado dos alunos (SILVA & SANTANA, 2012).

Neste sentido, têm sido realizadas várias tentativas propondo modelos e métodos pedagógicos que se adéquem à realidade presente na sala de aula (FORNAZIERO & GIL, 2003). A utilização de cadáveres e modelos anatômicos (SILVA & SANTANA, 2012), a utilização de softwares (BUCAREY & ÁLVAREZ, 2006), a criação de páginas na web (INZUNZA, D'ACUÑA, & BRAVO, 2003) e a produção de vídeos (CHOPARD & WATANABE, 1998) são alguns dos recursos disponíveis que podem impactar positivamente no processo de ensino-aprendizagem dos alunos (SILVA & SANTANA, 2012).

O uso de softwares além de ser um recurso que apresenta uma boa aceitação pelos alunos, é importante para melhorar o rendimento escolar. Vale salientar que quanto mais funcionalidade e didática um recurso oferecer mais atraente e estimulante se torna para o aluno (SILVA & SANTANA, 2012).

Aprender anatomia através dos cadáveres contribui muito para a compreensão do aluno. Porém a utilização de cadáveres apresenta dificuldades na sua obtenção, conservação e manutenção. Já a utilização modelos anatômicos também contribui para o aprendizado do aluno porém há dificuldade na sua aquisição e preço (SILVA & SANTANA, 2012).

Neste sentido, a Realidade Aumentada (RA) pode ser utilizada para o ensino sobre sistemas do corpo humano. A RA consiste em ser uma tecnologia que realiza o meio campo entre a realidade virtual e a telepresença (NARDI & PERES, 2012). Ademais, devido a sua facilidade de interação e de sua possibilidade de associação entre material impresso e conteúdo digital, a RA é uma tecnologia escolhida para tornar possível a visualização tridimensional (PERRONE et al., 2012).

Considerando toda problemática descrita anteriormente, o presente trabalho abordará todo o processo de criação, desenvolvimento e utilização do ANATOMIA-RA, um aplicativo desenvolvido para melhorar a aprendizagem dos conteúdos de Biologia, especialmente dos sistemas do corpo humano, explorando características tridimensionais e interativas típicas da RA.

## 2. OBJETIVOS

Para tornar mais didático o presente trabalho, foi dividido seus objetivos em gerais e específicos.

### 2.1 OBJETIVOS GERAIS

- Melhorar o processo de ensino-aprendizagem.
- Tornar o processo de aprendizagem mais fácil e dinâmico.
- Utilizar recursos para melhorar a fixação do assunto.

### 2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Desenvolver um protótipo de um aplicativo na plataforma Android para *tablet* que poderá ser utilizado com a função de melhorar o ensino-aprendizagem do assunto sistemas do corpo humano da matéria de biologia.

### **3. REFERENCIAL TEÓRICO**

O ANATOMIA-RA é um aplicativo criado para a plataforma Android que utiliza a realidade aumentada e por ser desse gênero se faz necessário, para sua conceituação, de uma abordagem mais detalhada de temas como: Realidade Virtual, Realidade Misturada, Realidade Aumentada, Android, o SDK Qualcomm Vuforia, e o Unity3D ferramenta utilizada para construção do aplicativo.

#### **3.1 REALIDADE VIRTUAL**

A Realidade Virtual (RV) “é o uso da alta tecnologia para convencer o usuário de que ele está em outra realidade” (PIMENTEL & TEXEIRA, 1995). É considerada também como uma interface avançada para acessar aplicações executadas no computador, propiciando a visualização, movimentação e interação do usuário, em tempo real, em ambientes tridimensionais gerados por computador (KIRNER & SISCOOTTO, 2007).

##### **3.1.1 Histórico**

Os primeiros estudos realizados nesta área aconteceram em 1950 pela Força Aérea dos Estados Unidos da América, com o desenvolvimento de simuladores de vôo. Além da área militar, a do entretenimento ofereceu grande contribuição no desenvolvimento da realidade virtual, quando, em 1962, foi criado o Sensorama (Figura 1). O Sensorama era uma espécie de cabine que combinava filmes 3D, som estéreo, vibrações mecânicas, aromas, e ar movimentado por ventiladores; tudo isso para proporcionar ao espectador uma viagem multisensorial (PIMENTEL & TEXEIRA, 1995).

Alguns anos depois, por volta de 1965, Ivan Sutherland, conhecido como o precursor da RV, desenvolveu o primeiro vídeo-capacete voltado para computação, que permitia ao usuário observar, movimentando a cabeça, os diferentes lados de um cubo representado em uma estrutura fio-de-arame flutuando no espaço (HAND, 1996).





**Figura 1:** Protótipo de Sensorama (PIMENTEL & TEXEIRA, 1995).

O termo “realidade virtual” foi criado em 1980, quando Jaron Lanier, músico, artista plástico e cientista da computação estadunidense e para muitos o pai da realidade virtual, desenvolveu simuladores multiusuários em ambiente compartilhado (TOKI, KIRNER, & SISCOOTTO, 2006).

### **3.1.2 Tipos de Realidade Virtual**

A Realidade Virtual (RV) está dividida entre RV imersiva e RV não-imersiva. A RV imersiva é quando o usuário faz parte do domínio da aplicação, ou seja, quando o usuário é transportado para o ambiente da aplicação, através de dispositivos que capturam seus movimentos, reações e seu comportamento (Capacetes, caverna e seus dispositivos, por exemplo) provocando a sensação de imersão no mundo virtual. A RV não-imersiva refere-se a quando o usuário não é completamente transportado para o mundo virtual, seu transporte para o ambiente virtual é feito de forma parcial, através de uma janela (tela de um dispositivo, monitor, uma projeção) o que favorece que o mesmo sinta-se no mundo real (TOKI, KIRNER, & SISCOOTTO, 2006).



**Figura 2:** Ex. RV imersiva com capacete HMD (TOKI, KIRNER, & SISCOOTTO, 2006).



**Figura 3:** Ex. RV não-imersiva com monitor (FALCÃO, 2011).

### 3.1.4 Dispositivos de Saída

- Vídeo-capacetes:



**Figura 4:** Vídeo-Capacete (NETTO, MACHADO, & OLIVEIRA, 2002).

- Monitores, sistemas de projeção e óculos 3D (Figura 5) necessários aos sistemas de RV de projeção;



**Figura 5:** Óculos 3d (NETTO, MACHADO, & OLIVEIRA, 2002).

- Dispositivos de áudio: transmitem os sons do ambiente virtual;
- Dispositivos hápticos: são responsáveis pelas sensações táteis relacionadas à temperatura, ao toque e à força. Ventiladores e braços mecânicos são exemplos desses dispositivos.

### 3.1.5 Dispositivos de Entrada

Dispositivos de Interação:

- Luvas digitais: convertem os movimentos da mão em instruções para o ambiente virtual.
- Sensores de entrada biológicos: captam tensões musculares e a voz humana e convertem em instruções para o ambiente virtual. Exemplo: microfone.

Dispositivos de trajetória:

- Captam os movimentos dos usuários e reflete-os em movimentos no ambiente virtual. Exemplo: câmera.

### 3.1.6 Aplicações:

- Nas áreas de engenharia, arquitetura, urbanismo e design;
- Simulação e treinamento na aeronáutica e em agências espaciais.

## 3.2 REALIDADE MISTURADA

A interação entre os mundos real e virtual relacionam-se com um contexto mais amplo denominado realidade misturada, isto é, deve-se ao fato de elementos do mundo real e o do mundo virtual se misturarem.

### 3.2.1 Definição

A realidade misturada pode ser definida como a sobreposição de objetos virtuais tridimensionais gerados por computador com o ambiente físico, mostrada ao usuário, com o apoio de algum dispositivo tecnológico (capacete misturador de visão direta, capacete de visualização com uma câmera de vídeo acoplada ou câmeras), em tempo real (TOKI, KIRNER, & SISCOOTTO, 2006).

O objetivo da realidade misturada é de criar um ambiente realista que transmita ao usuário a sensação de naturalidade. A divisão da realidade misturada dar-se de acordo com a predominância do ambiente. Quando mais voltado para o real será realidade aumentada, havendo, neste caso, a inserção dos elementos virtuais no ambiente real. Quando mais voltado para o virtual será a virtualidade aumentada e serão introduzidos elementos do mundo real dentro da realidade virtual.

Abaixo, por meio do diagrama, são evidenciadas as possibilidades de interação entre os mundos real e virtual da realidade misturada.



**Figura 6:** Diagrama de realidade/virtualidade contínua (MILGRAM, 1994).

### 3.3 REALIDADE AUMENTADA

O avanço da multimídia e da realidade virtual, proporcionado pela maior potência dos computadores, permitiu a integração, em tempo real, de vídeo e ambientes virtuais interativos (TOKI, KIRNER, & SISCOOTTO, 2006).

A realidade aumentada, enriquecendo o ambiente físico com objetos virtuais, beneficiou-se desse progresso, tornando viáveis aplicações dessa tecnologia, tanto em plataformas sofisticadas quanto em plataformas populares (TOKI, KIRNER, & SISCOOTTO, 2006), principalmente devido à constante queda dos preços dos computadores e eletrônicos

em conjunto com o grande interesse, por parte das empresas de publicidade, pelo uso desta tecnologia.

### **3.3.1 Fundamentos**

A realidade aumentada, assim como a realidade virtual, mescla o mundo real com o mundo virtual, no entanto, tem como mundo predominante o mundo real. Há a inserção de objetos virtuais no mundo real e a interação com estes é realizada através dos objetos reais.

RA é um ambiente que envolve tanto realidade virtual como elementos do mundo real, criando um ambiente misto em tempo real (AZUMA, 1997).

A realidade aumentada necessita de quatro requisitos funcionais: renderização de alta qualidade do mundo combinado; calibração precisa, envolvendo o alinhamento dos virtuais em posição e orientação dentro do mundo real e interação em tempo real entre objetos reais e virtuais.

### **3.3.2 Histórico**

A Realidade Aumentada (RA) tem forte ligação com os estudos da cibernética, a qual é voltada para comunicação entre grupos sociais, máquina e realidade virtual. (TOKI, KIRNER, & SISCOOTTO, 2006).

O primeiro grande acontecimento da RA ocorreu em 1975, quando Myron Krueger, um artista norte americano pioneiro na utilização da RA através da combinação de computadores e sistemas de vídeo, criou o VIDEOPLACE, um laboratório onde os participantes tinham suas imagens capturadas por câmeras e projetadas em 2D numa tela a qual era destinada à visualização da interação, gerada por computador, entre participantes e objetos virtuais (KRUEGER, 2010).



**Figura 7:** Imagem do Videoplace (KRUEGER, 2010).

A tecnologia surgiu através de uma área das Ciências da Computação criada por pesquisadores para interagir com elementos virtuais.

O termo realidade aumentada foi cunhado por Tom Caudell enquanto ajudava trabalhadores a montar cabos em um Boeing (CAUDELL & MIZELL, 1992).

### **3.3.3 Funcionamento**

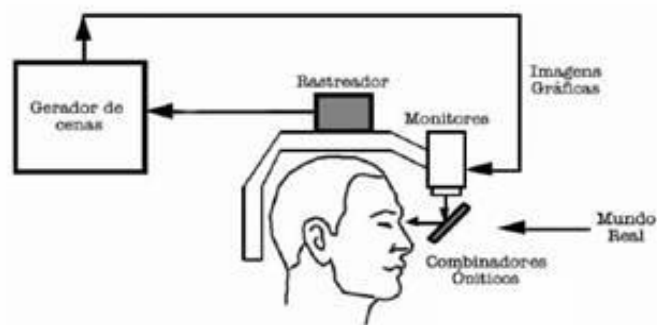
O funcionamento da RA envolve um processo simples, através do qual ocorre o reconhecimento de um símbolo (marcador), em seguida, o software processa a imagem captada pela webcam ou câmera do dispositivo, reconhece e processa os dados através do algoritmo e disponibiliza o objeto virtual em 3D na tela do computador ou do dispositivo.

### **3.3.4 Tipos de Realidade Aumentada**

O tipo de sistema de RA é definido pelo tipo de display. Se a visão for obtida apenas apontando os olhos para a cena real, a realidade aumentada é do tipo direto. Se o ambiente é visualizado em algum dispositivo, como monitor ou projetor, é do tipo indireto. Cada tipo se divide em mais dois:

## Direta

- Sistema de visão ótica direta: é possível através do uso de óculos ou capacetes que permitem visualização direta do ambiente real e das imagens geradas por computador sendo estas obtidas através da reflexão por lentes diretamente no olho.

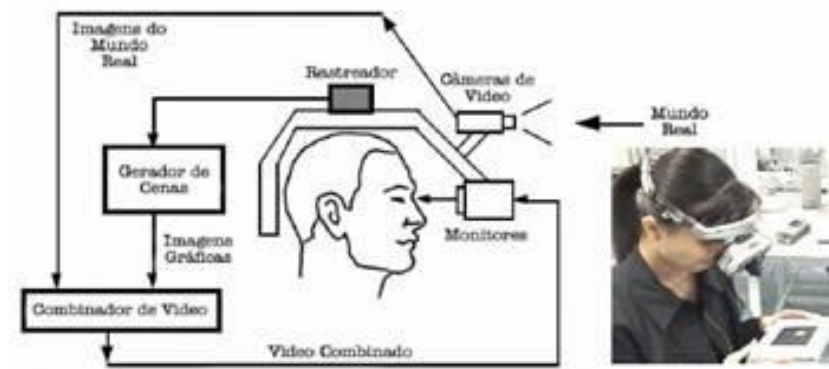


**Figura 8:** Diagrama adaptado do sistema de visão ótica direta (AZUMA, 1997).



**Figura 9:** Dispositivos de visão ótica direta (AZUMA, 1997).

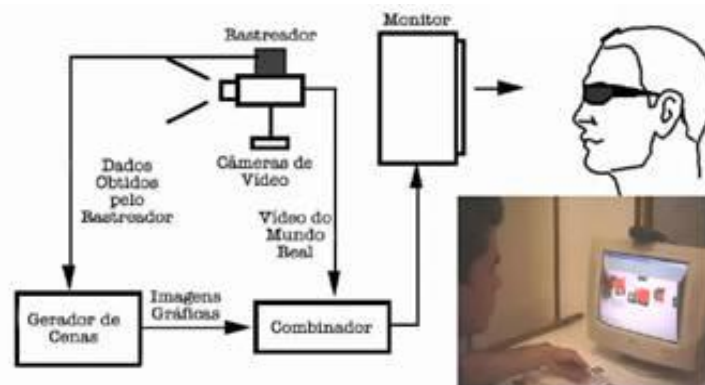
- Sistema de visão direta por vídeo: utiliza óculos ou capacetes equipados com câmeras para captação do mundo real e monitores nas lentes para visualização das cenas com os objetos reais e virtuais já misturados.



**Figura 10:** Diagrama adaptado do sistema de visão direta por vídeo e um modelo de dispositivo (AZUMA, 1997).

### Indireta

- Sistema de visão por vídeo baseado em monitor: funciona com a captação de imagens com webcam e a projeção dos conteúdos misturados através de monitor.



**Figura 11:** Diagrama adaptado e dispositivo do sistema de visão por vídeo baseado em monitor (AZUMA, 1997).

- Sistema de visão ótica por projeção: as imagens são projetadas em superfícies do ambiente real.





**Figura 12:** Exemplo sistema de visão ótica por projeção (LUZ, 2009).

### 3.3.5 Aplicações

- Turismo: demonstração de meios de transporte;
- Fisioterapia: na recuperação de movimentos dos membros inferiores;
- Publicidade: eventos culturais;
- Educação: na representação de células, moléculas, etc.
- Projetos em desenvolvimento: reparo mecânico, reparo e manutenção de ruas e estradas, entre outras.

### 3.4 UNITY

O Unity, também denominado de Unity3D, é uma *engine* criada pela Unity Technologies; essa importante ferramenta permite a criação de aplicativos e jogos em 2D e 3D. O Unity tem duas principais versões: Unity Pro, que é a versão completa da *engine*, a paga que custa \$1.500 dólares, possuindo assim alguns privilégios a mais do que a versão gratuita. Já a versão gratuita denominada basicamente de Unity é destinada a estudantes e iniciantes que estão interessados em desenvolver com essa ferramenta (UNITY3D, 2012).

É uma ferramenta que apresenta facilidade para o seu uso, é intuitiva, possui uma interface gráfica simples, facilitando a organização dos arquivos do projeto. A *engine* pode ser instalada nos sistemas operacionais Windows e Mac OS X e vem com o recurso de editor de scripts.

### 3.4.1 Linguagens de programação

A Unity dá suporte a três linguagens de programação: Boo, JavaScript e C#, esse tópico abordará essas linguagens.

Boo é uma linguagem de programação de código aberto, orientada a objeto e multiparadigma. Possui sua sintaxe fundamentada no Python que começou a ser desenvolvida no ano de 2003 pelo brasileiro Rodrigo Barreto de Oliveira, por ser uma linguagem nova é pouco conhecida.

Boo é uma linguagem de programação desenvolvida pelo brasileiro Rodrigo B. de Oliveira, orientada a objetos e estaticamente tipada, para .NET com sintaxe próxima a do Python. Ela faz uso da CLI e suporta Unicode. Boo é um software livre com licença MIT/BSD. Além disso, é compatível com Microsoft.NET e Mono (RODRIGUES, 2011).

JavaScript é uma linguagem de programação desenvolvida por Brendan Eich da Netscape em 1995, foi primeiramente nomeada de Mocha, depois de LiveScript e atualmente se chama JavaScript. Sendo uma linguagem de script que tem a sintaxe semelhante à do Java, mas é desigual no conceito e no uso, e é utilizada para criar scripts que realizam ações em uma página web (MOZILLA FOUNDATION, 2012).

JavaScript é uma linguagem dinâmica orientada a objeto, que tem tipos e operadores, objetos centrais e métodos. Uma das principais diferenças é que JavaScript não tem as classes, em vez disso, a funcionalidade de classe é realizado por protótipos de objetos. A outra diferença principal é que as funções são objetos, dando a capacidade para armazenar códigos executável e ser passado ao redor como qualquer outro objeto (MOZILLA FOUNDATION, 2012).

C# ou C Sharp é uma linguagem de programação orientada a objetos, baseada na linguagem C++, criada em 1999 pela Microsoft tendo como seu principal desenvolvedor Anders Heijlsberg.

C # (CSharp) é uma linguagem orientada a objetos segura criada pela Microsoft baseada na linguagem C++ e Java que permite aos desenvolvedores construir uma variedade de aplicativos seguros e robustos que são executados no .NETFramework. Você pode usar C # para criar aplicativos do Windows cliente,

serviços da Web em XML, componentes distribuídos, aplicativos cliente-servidor, aplicações de banco de dados, e muito mais (MICROSOFT, 2013).

### 3.4.2 Suporte e compatibilidade do Unity

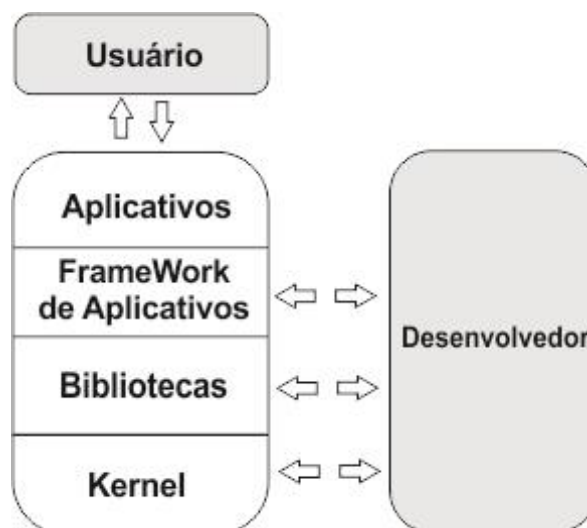
O Unity é uma excelente ferramenta para criação de aplicativos e jogos, pois possui uma grande variedade de possibilidade de compilação. Os aplicativos ou jogos desenvolvidos no Unity podem ser utilizados em múltiplas plataformas, como Web, PC e Mac, Android, IOS, BlackBerry, Windows Phone 8, Xbox360, Ps3 e Wii, isso faz com que os projetos produzidos pelo Unity possua uma grande flexibilidade já que os mesmos depois de prontos pode ser compilado em diversas plataformas, permitindo que um aplicativo feito para Android também seja compatível com IOS por exemplo. Contudo, a versão gratuita não dá suporte a todas essas plataformas, diferentemente da versão pro (UNITY3D, 2012). O Unity pode ser instalado nas plataformas Windows e Mac OS X, e é compatível com diversos formatos de arquivos dentre eles estão:

- Formatos de Imagem: .psd, .tiff, .jpeg, .png, .gif, .bmp, .tga, .iff, .pict entre outros.
- Formatos de vídeo: .mov, .avi, .asf, .mpg, .mpeg, mp4.
- Formatos de áudio: .aiff, .wav, .mp3.
- Formatos Objetos 3D: .FBX, .dae (Collada), .3DS, .dxf, .obj

## 3.5 ANDROID

O Android é um sistema operacional desenvolvido pela Google, para smartphones, TVs e *tablets*, ele é baseado no Linux e possui seu código aberto. É organizado através de camadas (Figura 13). Sendo cada camada responsável por um conjunto de programas que possuem funcionalidades e objetivos em comum. As camadas são agrupadas como uma pilha, a primeira camada dessa pilha é o *kernel*, o qual foi baseado no *kernel* do Linux versão 2.6. A próxima camada contém as bibliotecas do SO (por exemplo: Biblioteca de vídeo, de gravação e reprodução e etc). A camada seguinte é a de frameworks de aplicações, nela localizam-se os programas que administram as funções básicas do telefone e oferecem suporte a camada de cima. A última camada é a camada de Aplicativos, na qual ficam todos os aplicativos usados e instalados pelo usuário (ANDROID, 2013).

O sistema operacional Android já possui inúmeras versões, quando o presente trabalho foi construído o android estava na versão 4.4 KitKat, geralmente recebe até duas atualizações por ano. Possui como uma de suas principais vantagens à infinidade de aplicativos encontrados em sua loja virtual Google Play como também os inúmeros aplicativos nativos do Google, como Gmail, Google Maps, Youtube, Gtalk, entre outros. Em contrapartida, possui malwares e vírus.



**Figura 13:** Organização das camadas do SO Android.

### 3.6 SDK QUALCOMM VUFORIA

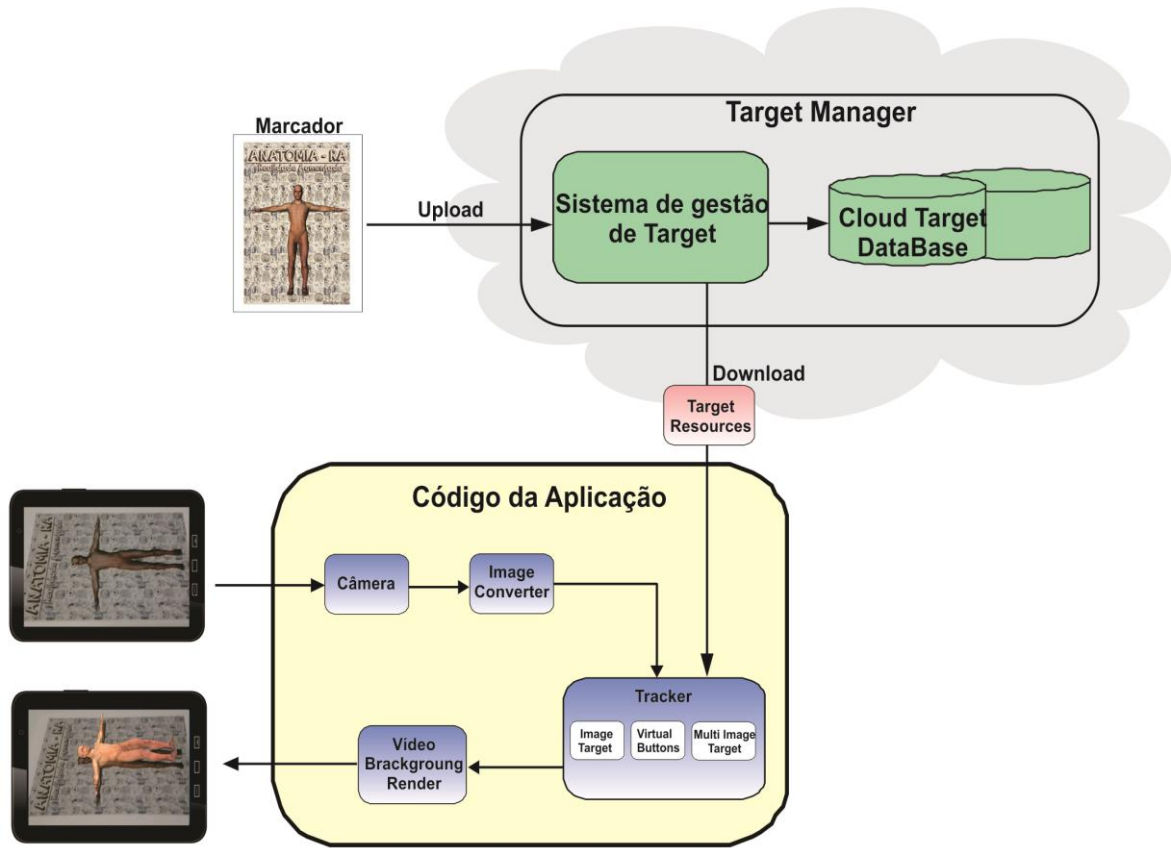
O Qualcomm Vuforia é um SDK desenvolvido pela Qualcomm, um instituto de pesquisa americano que desenvolve soluções usando várias tecnologias voltadas para área da informática, entre os vários ramos de sua atuação está a Realidade Aumentada.

Qualcomm Vuforia é a plataforma que permite o desenvolvimento dos mais criativos aplicativos em realidade aumentada (AR), funcionando nas condições de uso mais reais e dando aos aplicativos móveis o poder de ver. A plataforma Vuforia oferece o mais completo conjunto de recursos, usando o mais eficiente e estável sistema de reconhecimento de imagens, dando aos desenvolvedores a liberdade para estender sua visão sem limitações técnicas. Com suporte a iOS, Android e Unity3D, a plataforma Qualcomm Vuforia permite que um mesmo código nativo atinja um grande número de smartphones e *tablets* (QUALCOMM, 2013).

O SDK Vuforia está disponível no site da empresa de forma gratuita, tanto para desenvolvedores quanto para estudantes, e os mesmos possuem o direito de utilizá-lo em jogos ou aplicativos comerciais. Um detalhe importante que chama atenção no SDK são os marcadores, é possível reconhecer imagens e texturas como sendo marcadores. A Figura 14 demonstra um aplicativo que utiliza o SDK Vuforia reconhecendo a imagem com um marcador.

O Vuforia está dividido nos seguintes elementos:

- **Câmera:** É responsável pela comunicação com o hardware da câmera e certifica-se que cada frame seja capturado.
- **Image Converter:** Converte os frames capturados pela câmera em um formato adequado para o Tracker.
- **Tracker:** Recebe as imagens convertidas pelo image converter e usam os algoritmos de visão computacional contidos nele para detectar os marcadores.
- **Video Brackgroud Render:** Renderiza a imagem vinda do Tracker.
- **Código da Aplicação:** É a parte em que o desenvolvedor faz suas modificações na aplicação e inicia todos os elementos do núcleo (Câmera, Image Converter, Tracker, Video Brackgroud Render).
- **Target Resources:** Representa os marcadores na aplicação, sendo criados a partir do sistema online o Target Manager.



**Figura 14:** Funcionamento do SDK Vuforia reconhecendo a imagem com um marcador.

## 4. METODOLOGIA

Como etapa inicial no processo de produção desse trabalho, foi realizado uma ampla pesquisa bibliográfica em periódicos científicos sobre os principais conceitos, técnicas e ferramentas utilizadas no desenvolvimento de aplicativos.

Primeiramente foi escolhido utilizar a tecnologia da Realidade Aumentada, pois ela permitiu a visualização dos sistemas do corpo humano tridimensionalmente. O segundo passo foi determinar a plataforma (Android) e o dispositivo (*tablet*) que o protótipo será utilizado.

A escolha de desenvolver um aplicativo para um dispositivo móvel, se deu por dois motivos: o primeiro foi que para a utilização de RA é necessário um dispositivo de captura de vídeo (câmera, webcam etc.) um dispositivo capaz de fazer processamento de imagens e um dispositivo capaz de exibir a Realidade Aumentada (monitor, *display* etc.). Como o dispositivo móvel *tablet* já possui todos esses elementos integrados em um mesmo aparelho, não haverá problemas com instalação, drivers e incompatibilidade de dispositivos. E o segundo motivo é que por ser utilizado em um dispositivo móvel, o aplicativo poderá ser acessado em qualquer lugar (sala de aula, laboratório, em casa etc.) permitindo o acesso livre do aluno ao conteúdo.

Os próximos passos foram: a instalação das ferramentas necessárias para o desenvolvimento do aplicativo, a criação de um novo projeto no Unity, a importação dos arquivos do SDK Vuforia e dos sistemas em 3D para o Unity, a utilização das bibliotecas e alguns exemplos adquiridos na pesquisa como base do aplicativo, a criação das telas, botões, marcadores e módulos em PDF que serão utilizados no aplicativo, a inserção do vídeo no aplicativo para ser utilizado com a RA e pôr fim a finalização do aplicativo.

Desta forma, seguindo todos os passos descritos anteriormente foi possível o desenvolvimento do aplicativo ANATOMIA-RA.

Vale salientar que o aplicativo desenvolvido nesse trabalho de forma alguma substituirá o processo de ensino-aprendizagem utilizando modelos anatômicos e cadáveres. Mas servirá como uma ferramenta para melhorar o ensino, fazendo com que os alunos se familiarizem com as estruturas do corpo humano, tendo um grande avanço nas aulas práticas no laboratório.

## **5. DESENVOLVIMENTO**

Neste capítulo são descritos os processos de desenvolvimento e criação do Aplicativo. A seção 5.2 descreverá como o projeto foi desenvolvido. A seção 5.3 contém todas as atividades realizadas.

### **5.2 APLICATIVO**

Este trabalho tem como finalidade a criação de desenvolvimento de um aplicativo para a plataforma Android que faça uso da realidade aumentada utilizando a *engine* Unity. Na seção 5.3 será exposto de forma detalhada como o projeto vai ser desenvolvido.

### **5.3 ATIVIDADES REALIZADAS**

As atividades que foram realizadas para desenvolver o projeto foram as seguintes: Pesquisa Bibliográfica, Pesquisa das Ferramentas e Desenvolvimento do Aplicativo que serão melhor descritas a seguir.

#### **5.3.1 Pesquisa Bibliográfica**

Nessa fase foi realizada uma pesquisa bibliográfica que serviu como embasamento teórico para a construção do projeto.

A pesquisa bibliográfica também serviu para obter-se as informações necessárias para o desenvolvimento do aplicativo, dentre elas estão: como desenvolver aplicações para o sistema operacional Android, como utilizar a *engine* Unity, como funciona o SDK Vuforia e as ferramentas fundamentais para sua construção.

#### **5.3.2 Pesquisa das Ferramentas**

Para tornar possível e viável a criação do aplicativo, foi feita uma pesquisa de ferramentas que serão descritas a baixo. Vale salientar que todas as ferramentas escolhidas e utilizadas são softwares livres ou possuem licenças educacionais.



### 5.3.2.1 Ferramenta Modelagem 3D

**Autodesk 3ds Max:** oferece recursos potentes e inovadores para a criação de animação 3D de qualidade profissional. Com um conjunto de ferramentas criativas para modelagem, animação, simulação e renderização 3D, o 3ds Max ajuda os artistas de jogos, filmes e gráficos animados a criar conteúdo 3D melhor e em menos tempo (AUTODESK, 2013).

### 5.3.2.2 Ferramenta Edição de Imagens

**Inkscape:** é um editor de gráficos vectoriais de código aberto semelhante ao Adobe Illustrator, Corel Draw, Freehand, or Xara X. O que o torna único é a utilização de *Scalable Vector Graphics* (SVG), um *standard W3C* baseado no *standard XML*, como formato nativo e todos os projetos feitos no Inkscape podem ser exportados em formatos amigáveis para navegadores de internet ou lojas gráficas de impressão. É multiplataforma, o que significa que é fácil executar no Windows, Mac OS X, e distribuições Linux (INKSCAPE, 2013).

### 5.3.2.3 Ferramenta Fazer Download de Vídeos

**ATube Catcher:** é um aplicativo *freeware* focado para os indivíduos e estudantes para fins pessoais, privadas e não-comerciais, é um gerenciador de download que ajuda você a fazer backup de vídeos, reproduzi-los off-line e exportá-los para vários formatos (MPG, AVI, MP4, 3GP, WMV, PSP, FLV) com a qualidade que você escolher (ATUBE CATHER, 2011).

### 5.3.2.4 Ferramenta Criação de Documentos PDF

**Apache OpenOffice Writer:** é um software que tem de tudo que você esperaria de um processador de texto moderno e totalmente equipado. É simples o suficiente para uma nota rápida, mas poderoso o suficiente para criar livros completos com conteúdo, diagramas, índices e etc. O recurso de exportação de PDF proporciona um enorme conjunto de formatação e opções de segurança, de modo que os arquivos PDF podem ser personalizados para muitos cenários diferentes (OPENOFFICE, 2010).

### 5.3.2.5 Ferramenta para Armazenamento de Documentos Online

**Google Drive:** é um serviço gratuito que permite armazenar online todos os seus arquivos, incluindo documentos, fotos, vídeos e Google Docs, permitindo o acesso a seus arquivos em qualquer lugar e qualquer dispositivo. Além de poder fazer upload, editar, compartilhar e criar arquivos on-line (GOOGLE, 2013).

### 5.3.3 Desenvolvimento do Aplicativo

Abordar o assunto de sistemas do corpo humano na sala de aula, no ensino fundamental, sempre foi uma tarefa complicada, já que o corpo humano e seus sistemas possuem características que só podem ser vistas tridimensionalmente, o que limita bastante a sua visualização bidimensional, como em uma imagem de um livro ou em uma projeção de um projetor. Para resolver essa limitação e facilitar o ensino, o professor, geralmente faz o uso de modelos anatômicos e até corpos dissecados, porém muitas vezes, a utilização desses meios se torna cara e inviável.

Partindo da problemática apresentada, foi desenvolvido o aplicativo Anatomia-RA, com a finalidade de ajudar tanto o professor como o aluno no assunto, de sistemas do corpo humano.

O Anatomia-RA é um aplicativo para a plataforma Android, que utiliza como base o SDK Vuforia voltado para realidade aumentada, que expõe de maneira fácil e interativa, permitindo uma melhor interação com o usuário deixando assim o processo de aprendizagem mais interessante.

#### 5.3.3.1 Modelagem 3D

Vale ressaltar que, tendo em vista diminuir o tempo de modelagem dos objetos 3D, optou-se pela aquisição dos mesmos prontos. Os modelos foram adquiridos de forma gratuita do site TurboSquid (TURBOSQUID, 2013). Todos os objetos 3D necessitaram de algumas alterações em suas características, como a mudança de dimensões e de localização, tais alterações foram executadas com a utilização das ferramentas de modelagem 3D AutoDesk 3DS MAX. A figura 15 exibe um exemplo de um modelo 3D obtido.

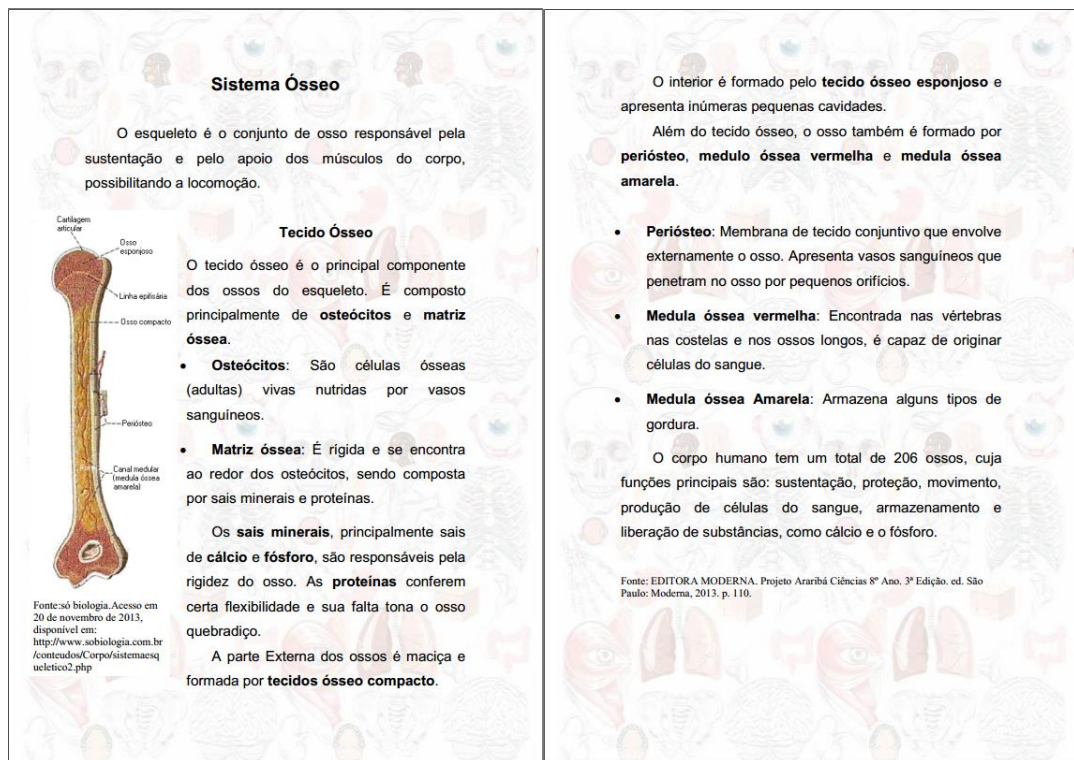


**Figura 15:** Modelo 3D do sistema Ósseo.

### 5.3.3.2 Desenvolvimento dos arquivos PDF

Como o aplicativo ANATOMIA-RA é um aplicativo educacional se fez necessário a utilização de conteúdo didático, como a *engine* Unity, que está sendo usada para criação desse aplicativo não tem suporte para textos nem documento, a maneira escolhida para adicionar conteúdo educacionais no aplicativo foi criar documentos em formato de PDF que serão acessados online, esses documentos serão arquivados em um sistema de armazenamento e compartilhamento de documentos online chamado de Google Drive.

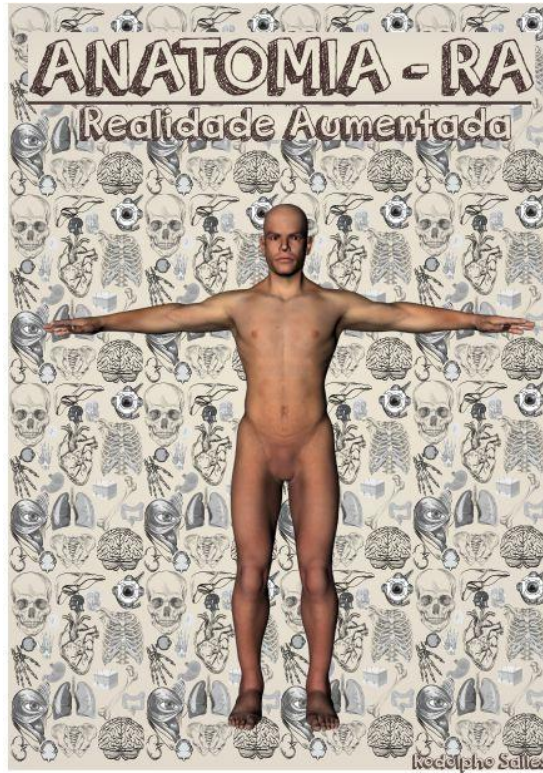
O conteúdo didático dos documentos foi retirado do Livro Projeto Araribá Ciências 8º ano - Editora Moderna 3º edição ano 2013. Para criação dos PDFs foi utilizado o programa Apache OpenOffice Writer, por ser um dos mais completos editores de texto existentes no mercado e ter a opção de salvar em formato PDF. A figura 16 exibe um exemplo de um documento em formato PDF que foi criado para o aplicativo.



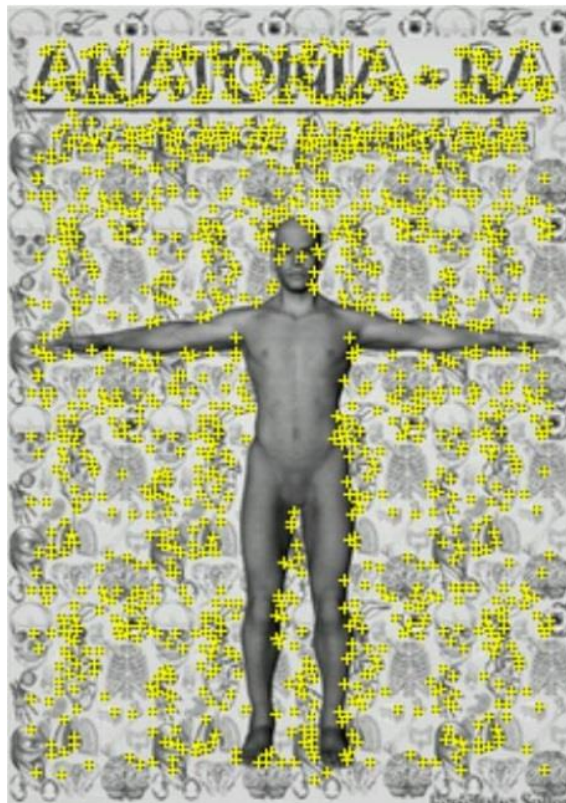
**Figura 16:** Documento PDF criado para o aplicativo.

### 5.3.3.3 Desenvolvimento do Marcador

O marcador é uma imagem real que foi criada com o objetivo de ser reconhecida pela câmera do dispositivo e servir como base para a projeção do objeto 3D. A imagem depois de criada é enviada para o sistema web do Vuforia (Target Manager) que é responsável por mapear a imagem e codificar esse mapeamento para que o SDK possa identificar a imagem como marcador. Para um bom reconhecimento do marcador é necessário que a imagem possua um grande número de elementos distribuídos e apresente um forte contraste, padrões variados e não possua espaços em branco. O marcador foi criado a partir da ferramenta Inkscape.



**Figura 17:** Marcador criado para aplicação.

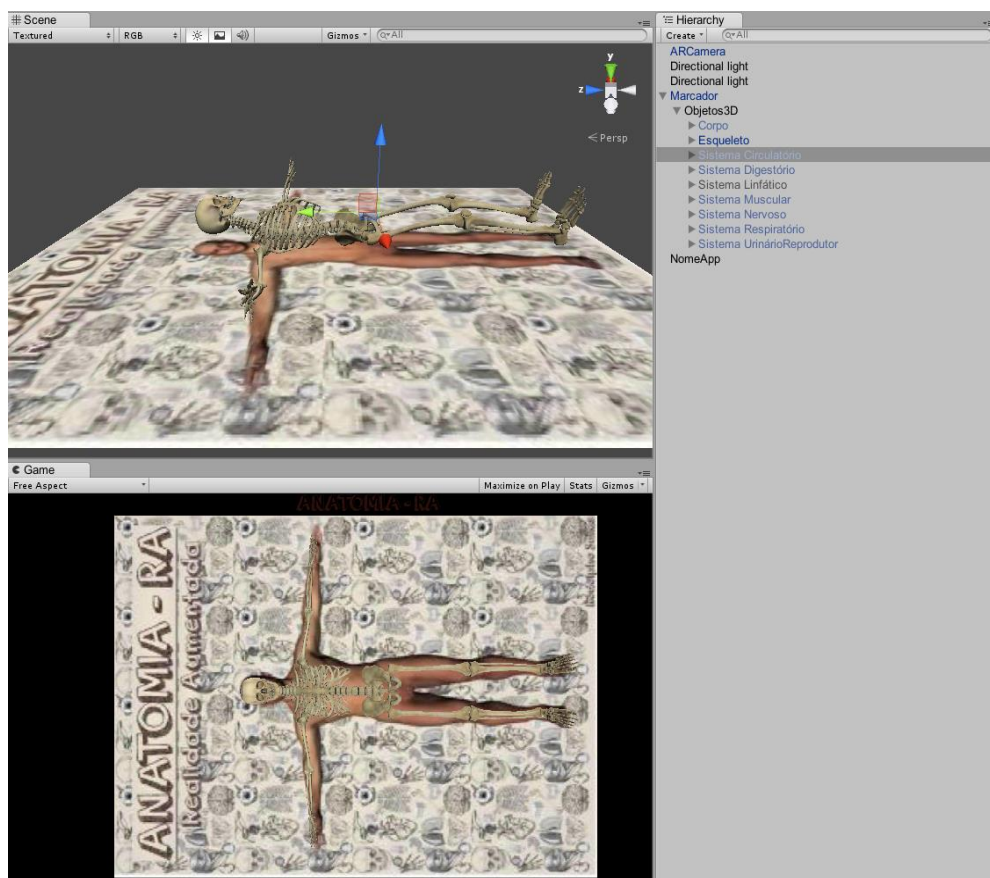


**Figura 18:** Marcador mapeado pelo Target Manager.

#### 5.3.3.4 Criação do aplicativo

Após as pesquisas efetivadas sobre Realidade Virtual, Realidade Misturada, Realidade Aumentada, Android, o SDK Qualcomm Vuforia, e o Unity3D, a próxima etapa do trabalho se refere ao desenvolvimento do aplicativo. A criação do aplicativo foi dividida em duas partes, a primeira foi destinada à criação da Realidade Aumentada, a criação das cenas, a modelagem dos objetos 3D, a importação desses objetos, a criação de menus que serão utilizados para interação no aplicativo. A segunda etapa foi destinada a criação do material que servirá de base pedagógica para o aplicativo. A RA utilizada nesse aplicativo, foi construída com base em exemplos (ImageTarget e VideoPlayback) disponibilizados pelo SDK Vuforia.

Na primeira etapa o objetivo central foi utilizar a RA para visualizar todas as estruturas dos sistemas do corpo humano, o aplicativo seria como uma espécie de “visualização virtual ao corpo humano”, onde os alunos pudessem conhecer e aprender sobre o corpo humano, em casa ou em sala de aula, facilitando assim, o ensino-aprendizagem mais fácil e dinâmico, pois o aluno conseguiria visualizar todos os detalhes graças a tridimensionalidade dos objetos. Podemos ver a RA na figura 19.

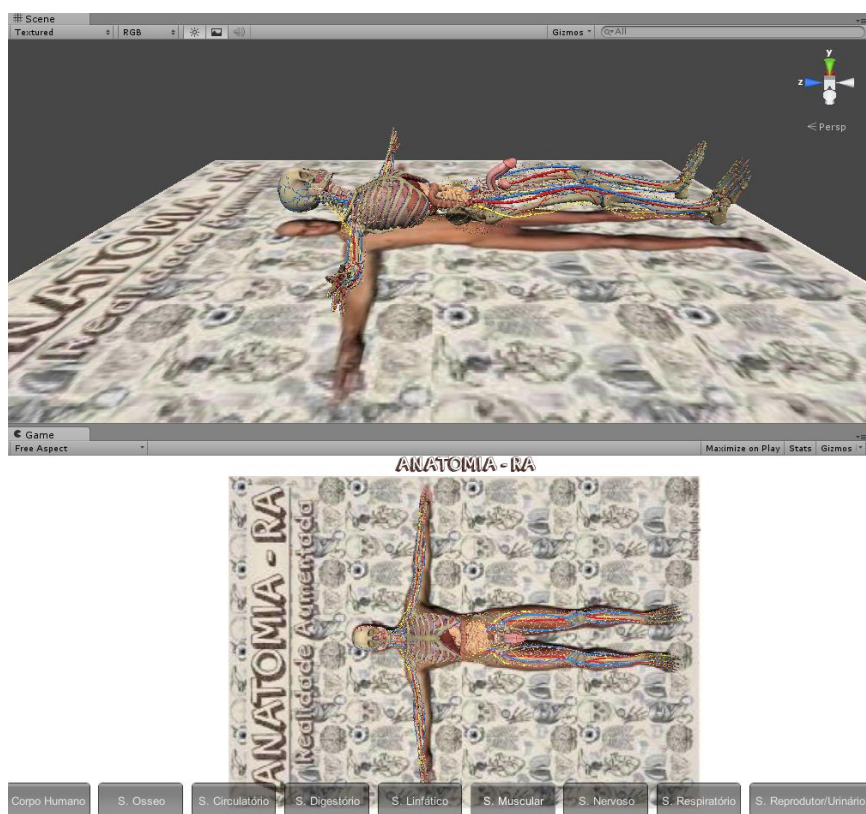


**Figura 19:** Emulação da RA no Unity.

No primeiro protótipo para visualizar os sistemas do corpo humano era necessário apontar a câmera do dispositivo (*tablet*) para marcador, o sistema em 3D era carregado no aplicativo, e desenhado sobre o marcador na tela do dispositivo, como o aplicativo possui oito sistemas do corpo humano, foi necessário à utilização de oito marcadores, uma vez que cada marcador carrega um sistema diferente. O protótipo não permitia que os objetos 3D tivessem suas características mudadas, como a mudança de tamanho ou a mudança de localização, como também nenhum tipo de interação com o usuário.

Logo após o término do primeiro protótipo, foi visto que para uma melhor interação com o aluno e uma melhor praticidade na usabilidade do mesmo, se fazia necessário fazer algumas mudanças, a primeira delas foi a criação de botões que seriam exibidos na tela do dispositivo quando RA estivesse sendo utilizada, os mesmos teriam a função de permitir a visualização ou não dos objetos 3D. Foram criados nove botões, oito deles foram nomeados de acordo com os sistemas do corpo humano (Ex: S. Ósseo, S. Circulatório, S. Nervoso, etc.) e o outro botão recebeu o nome de <Corpo Humano>. Quando esses botões forem acionados na tela do dispositivo, os mesmos tinham a função de exibir ou não o objeto em 3D (figura 20). Essa alteração oportunizou uma grande melhoria para a aplicação, pois além de não haver

mais a necessidade de utilizar oito marcadores, tornando assim o aplicativo mais prático, permitiu que todos os objetos em 3D pudessem ser exibidos juntos, evidenciando a integração de todos os sistemas no corpo humano.

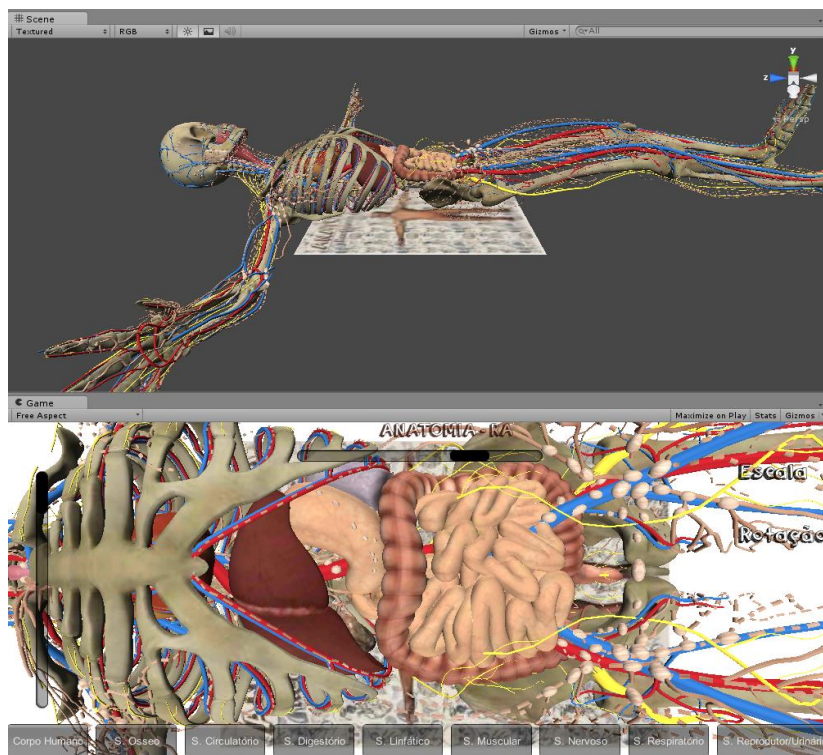


**Figura 20:** Emulação da RA no Unity, com a inserção de dos botões correspondentes a cada sistema do corpo humano.

Verificou-se que as mudanças feitas no aplicativo melhoraram sua usabilidade. Além disso, favoreceram que outras mudanças pudessem ser realizadas. Pode-se citar, como um exemplo de novas mudanças, a inserção de duas barras de rolagem na tela do dispositivo, uma no canto superior da tela na horizontal, e outra no canto esquerdo da tela na vertical, ambas as barras possuem a função de transformar os objetos 3D que estão sendo exibidos pela RA. Neste sentido, a barra na horizontal tem a função de aumentar o tamanho do objeto 3D em até sessenta vezes o seu tamanho original, essa alteração permite com que o aluno consiga dar um zoom nos objetos 3D, melhorando a visualização de pequenas estruturas presentes no corpo humano. Em relação a barra na vertical tem a função de rotacionar de 0° até 180° os objetos que estão sendo exibidos pela RA no eixo X, favorecendo a visualização de todas estruturas tridimensionais do corpo humano. Para que essas barras de rolagem não atrapalhassem a visualização dos objetos 3D na tela foram criados dois botões, o botão <ESCALA> e o botão

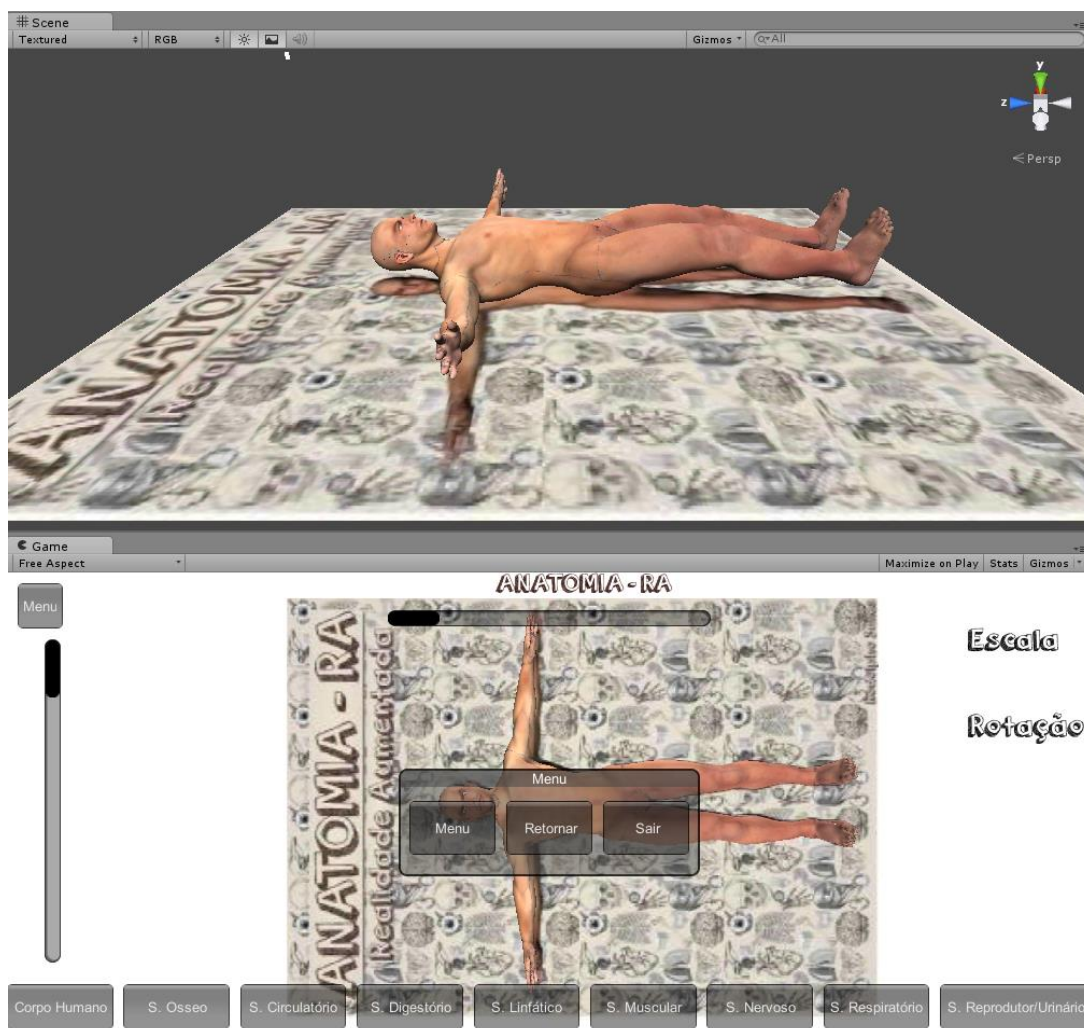


<ROTAÇÃO>, esses botões tem a função de exibir ou não as barras de escala e rotação do objeto. Podemos ver essas modificações na figura 21.



**Figura 21:** Emulação da RA no Unity, com a inserção das barras de rolagem, responsáveis por alterar a escala e rotação dos sistemas do corpo humano.

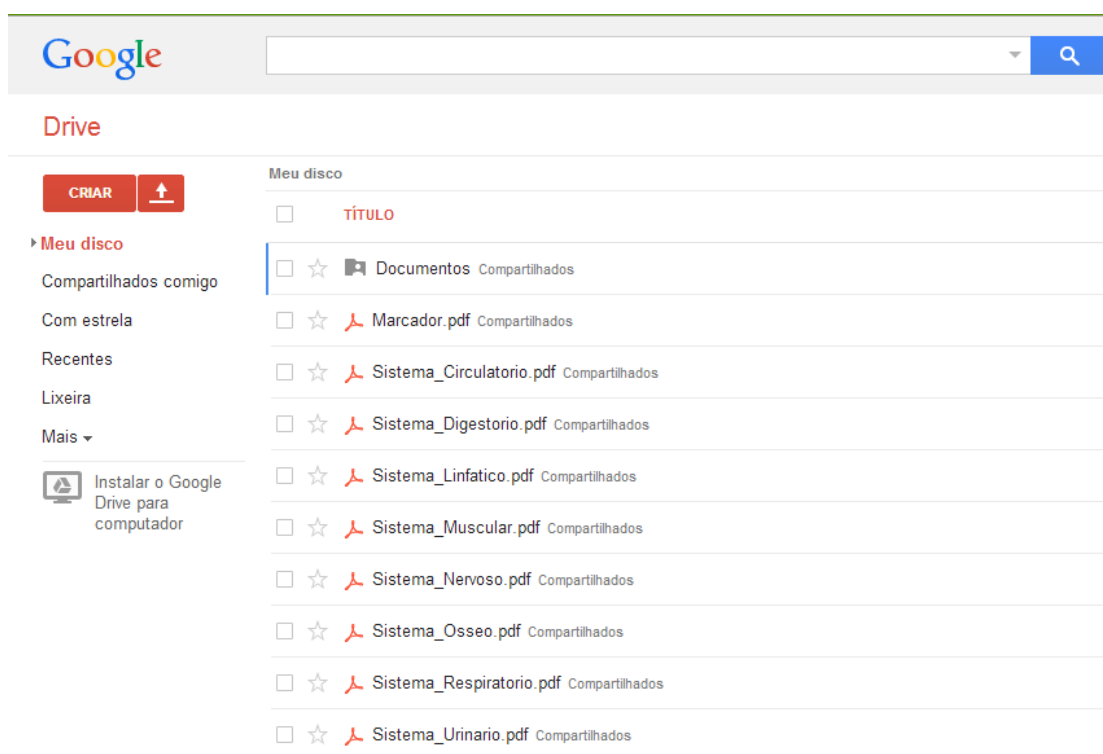
Além disso, foi inserido um botão <Menu> (no canto superior esquerdo da tela) com a função de abrir uma janela no centro da tela dispositivo. A janela aberta no centro da tela possui mais três botões, o botão <Menu Inicial>, que tem a função de fechar a aplicação em RA e voltar para tela inicial do aplicativo, o botão <Retornar>, com a função de fechar a janela que foi aberta no centro da tela para que a aplicação em RA possa voltar a ser usada e por último o botão <Sair>, com a função de fechar toda a aplicação no Android. Pode-se constatar isso na figura 22. Por mais simples que pareça, as mudanças feitas na parte de RA do aplicativo tornaram o aplicativo mais prático e interativo.



**Figura 22:** Emulação da RA no Unity, com a inserção do botão menu, responsável por abrir a janela do opções no centro da tela.

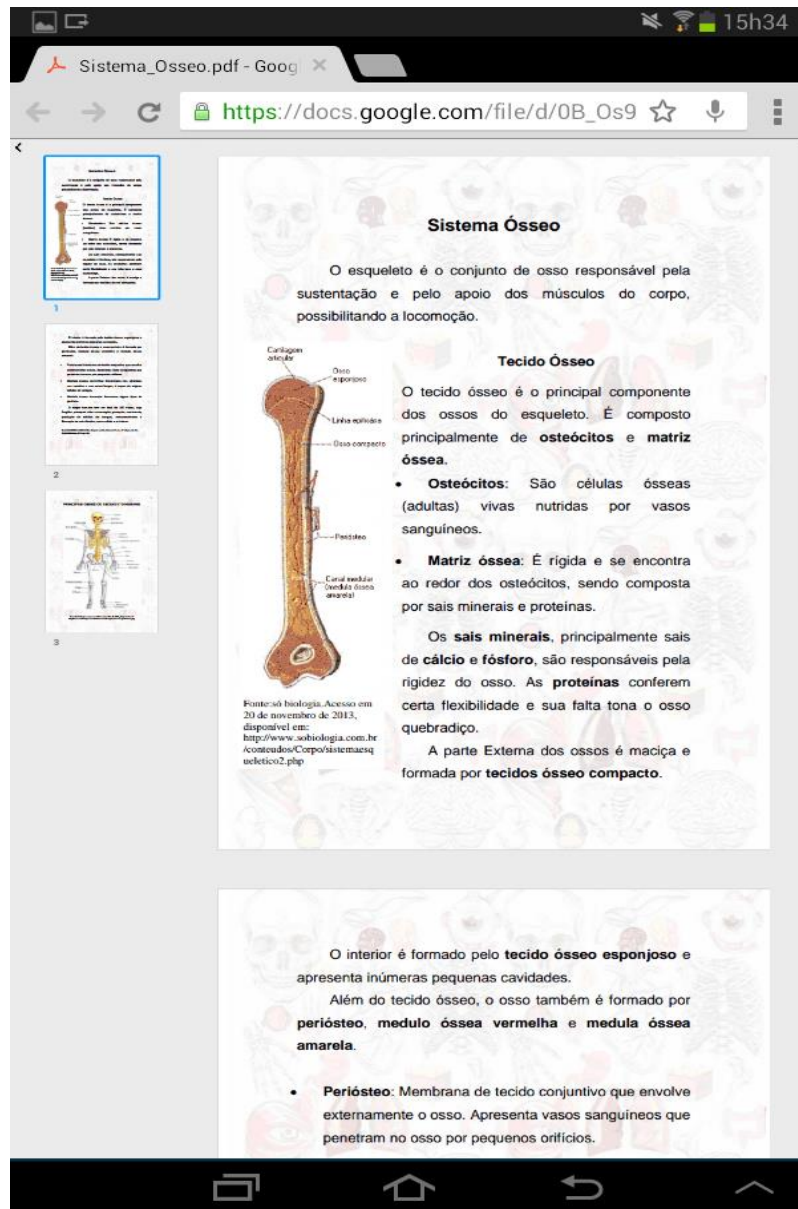
Logo após finalizar a primeira parte de aplicativo (a parte de RA) foi constatado que o aplicativo ainda estava incompleto, pois necessitava de conteúdos didáticos, que servissem de base para os alunos. Pensando nas melhores maneiras de solucionar este problema, foi decidido que a melhor forma de adicionar conteúdos didáticos no aplicativo seria por modo de módulos, cada módulo possui informações tanto escritas como em formato de imagens, sobre cada um dos sistemas do corpo humano de maneira mais detalhada.

Atentou-se para o fato de que a *engine* Unity, que está sendo usada para criação desse aplicativo, não tem suporte para textos, nem documentos e optou-se como solução para este problema criar documentos em formato PDF. Esses documentos seriam salvos em um servidor de compartilhamento de documentos e arquivos online, a exemplo do Google Drive, por ser servidor gratuito, de fácil utilização e de grande confiabilidade, facilitando que o aplicativo abra o navegador padrão, e acessasse o documento.



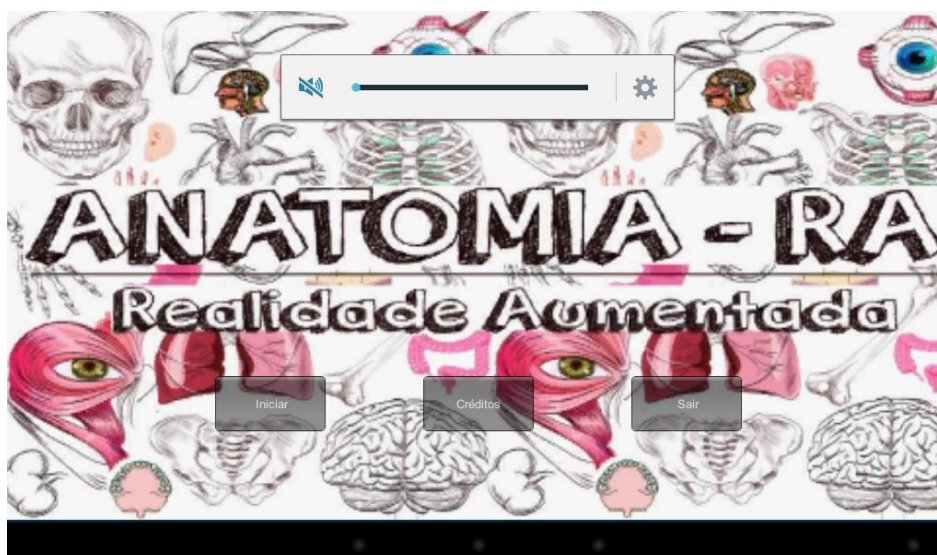
**Figura 23:** Imagem do Google Drive.

A leitura dos documentos em PDF funcionaria da seguinte maneira: ao pressionar o botão que corresponde ao documento de interesse, o aplicativo minimiza-se, abre o navegador padrão do dispositivo que acessa o link do servidor, fazendo com que o documento seja aberto. Quando se deseja voltar para o aplicativo, basta pressionar o botão voltar padrão de todo dispositivo Android, mais conhecido como “*Back Key*”, que aplicativo vai ser maximizado. O acesso aos arquivos em PDF online apresenta-se como uma limitação, pois para ter acesso a eles é necessário que o dispositivo esteja conectado à internet. Todavia, apresenta-se como vantagem o fato dos PDFs estarem em um servidor, pois qualquer atualização ou complementação feita neles serão automaticamente vistas pelos usuários do aplicativo, permitindo com que haja um melhoramento do conteúdo dos módulos sempre, sem a necessidade de atualizar toda a aplicação.



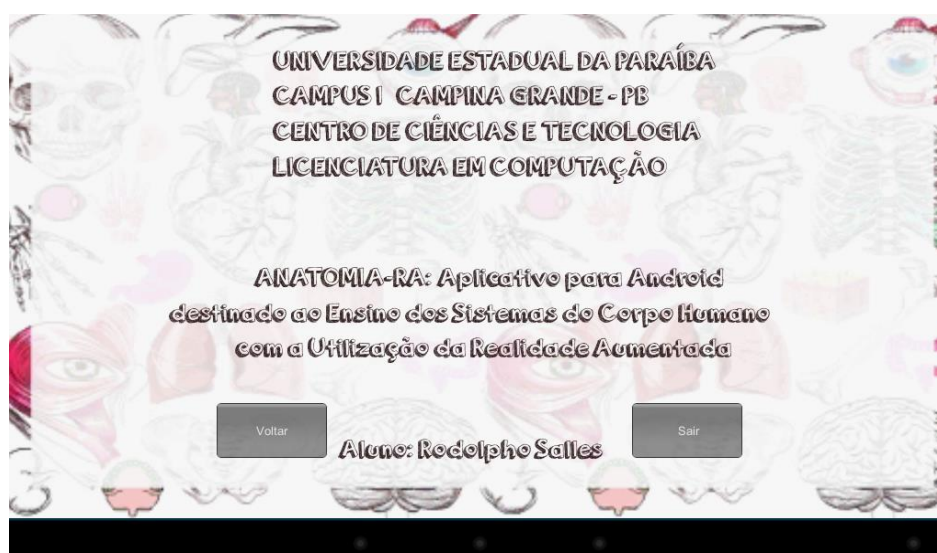
**Figura 24:** Demonstra o arquivo em PDF, sendo acessado pelo navegador padrão do dispositivo.

Com a primeira e a segunda parte do aplicativo concluída o passo seguinte foi criar a tela inicial da aplicação, que consiste em uma tela simples com três botões, o botão <Iniciar>, que levará para a próxima tela a do menu principal, o botão <Créditos> que levará para a tela créditos, e o botão <Sair> para fechar toda a aplicação no Android.



**Figura 25:** Tela inicial do aplicativo ANATOMIA-RA.

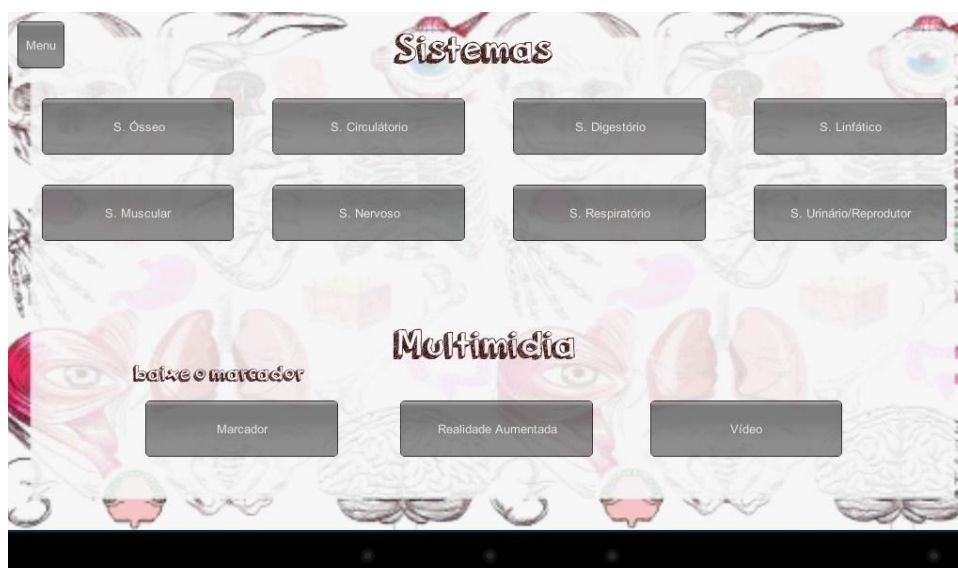
A tela créditos possui dois botões, o botão <Voltar>, que tem a função de voltar para a tela menu principal, e o botão <Sair>, com a função de fechar toda a aplicação no Android. Além disso, a tela crédito apresenta o autor e aplicativo ao usuário.



**Figura 26:** Tela de créditos do aplicativo ANATOMIA-RA.

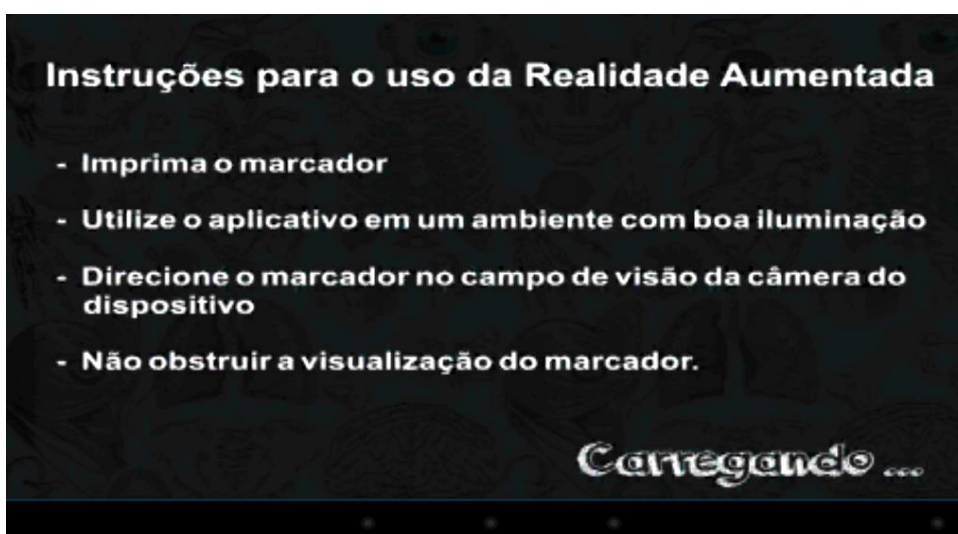
A próxima tela criada foi a tela menu principal, essa tela possui oito botões na parte superior, cada botão corresponde a um sistema do corpo humano, quando um desses botões e pressionado o aplicativo acessa o módulo em PDF online que corresponde ao botão acionado. Na parte inferior da tela existe mais três botões, o botão <Marcador>, esse botão ao ser acionado ele tem função de baixar o marcador, que servirá de base para a RA, o botão

<Realidade Aumenta>, tem a função acionar a parte de RA do aplicativo, e o botão <Vídeo>, tem a função de acionar a parte de RA do aplicativo que executa vídeos.



**Figura 27:** Tela do menu principal do aplicativo ANATOMIA-RA.

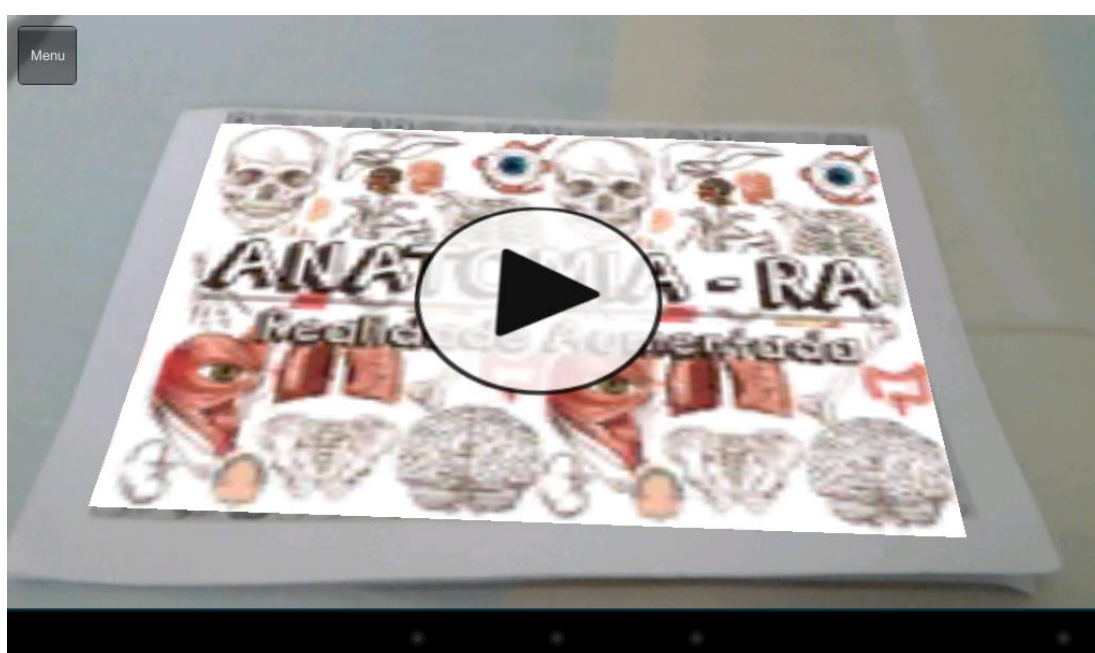
Observou-se a necessidade de criar uma tela de *loading*, essa tela é acessada enquanto o aplicativo carrega todas as configurações necessárias para processar a RA, nessa tela foram inseridas algumas instruções para uma melhor utilização da RA.



**Figura 28:** Tela *loading* do aplicativo ANATOMIA-RA.

O SDK Vuforia possui vários exemplos de como utilizar RA, uma dessas formas é utilização de vídeos. Por está construindo um aplicativo com finalidades educacionais, foi visto que quanto mais diversificado for a maneira de mostrar o conteúdo, melhores serão as

chances de entendimento do mesmo, por isso foi decidido a utilização de RA com vídeos. Os vídeos funcionam na mesma maneira que os objetos 3D na realidade aumentada, basta apenas apontar a câmera do dispositivo para o marcador e o vídeo vai ser exibido, e para ser executado é só pressionar o botão <Play> no centro da tela. Assim como tela de RA que utiliza objeto 3D, foi adicionado um botão <Menu> no canto superior da tela possuindo as mesmas funções descritas anteriormente. O vídeo utilizado no aplicativo foi obtido do site Youtube, o vídeo; A incrível Máquina Humana (NATIONAL GEOGRAPHIC, 2014), utilizado o software Atube Catche.



**Figura 29:** Tela do aplicativo ANATOMIA-RA que exibirá o vídeo utilizando a RA.

Vale ressaltar que, todas as mudanças e melhorias feitas no aplicativo poderão ser vistas no seu código fonte, bem como todos os documentos PDF criados, essas informações poderão ser encontradas nos anexos.

## 6. CONSIDERAÇÕES FINAIS E TRABALHOS FUTUROS

Como o método tradicional de ensino de anatomia não é satisfatório, está sendo utilizadas soluções para melhorar o processo de ensino, como a utilização de cadáveres, modelos anatômicos, softwares, vídeos e etc. Muitas vezes essas soluções se tornam inviáveis devido alguns fatores.

Porém a utilização da RA tornou-se uma solução bastante viável, o que motivou a pesquisa bibliográfica e o desenvolvimento deste aplicativo que demonstra ser uma ferramenta eficiente para o ensino dos sistemas do corpo humano, uma vez que facilita a compreensão e a visualização das estruturas anatômicas.

Dentre essas pesquisas foi encontrado algumas ferramentas que permitiam o desenvolvimento da RA, porém o SDK Vuforia foi a melhor escolha pois permite a utilização de imagens como marcadores, possui a maior qualidade gráfica e permite interatividade melhorando a usabilidade do aplicativo.

A Dificuldade encontrada no processo de confecção do aplicativo foi a utilização do SDK Vuforia, por ser uma ferramenta nova, o material é escasso e o pouco material encontrado utiliza versões mais antigas tanto do SDK Vuforia quanto do Unity3D. A limitação encontrada foi o fato do Unity que é uma *engine* para produzir jogos e aplicativos em 3D e não tem suporte para textos complexos como documentos e arquivos em PDF.

A produção de aplicativos educacionais utilizando SDK Vuforia e o Unity não se limita apenas para a área de Biologia uma vez que é possível criar aplicativos para as demais áreas permitindo assim inovação no processo de aprendizagem.

Para trabalhos futuros propõem-se a validação do aplicativo com usuários, no contexto de sala de aula, pois com validação é possível verificar a sua eficiência. Além disso, sugere-se o desenvolvimento de um material de suporte pedagógico para o aplicativo, já que o utilizado foi adquirido pronto. E por fim a desenvolvimento de uma versão do aplicativo para o sistema operacional IOS, tornando assim o aplicativo mais abrangente.



## 7. REFERÊNCIAS

ANDROID. Developer Android. Developer Android, 2013. Disponível em: <<http://developer.android.com/index.html>>. Acesso em: 15 Outubro 2013.

ATUBE CATCHER. ATube Catcher Official Web Site. ATube Catcher, 2011. Disponível em: <<http://atube-catcher.dsnetwb.com/video/whatis-atube.html>>. Acesso em: 10 Dezembro 2013.

AUTODESK. 3ds Max. AutoDesk, 2013. Disponível em: <<http://www.autodesk.com.br/products/autodesk-3ds-max/features>>. Acesso em: 03 Dezembro 2013.

AZUMA, R. T. **A Survey of Argumented Reality**. Teleoperators and Virtual Environments, 4 Agosto 1997. 355-385.

BUCAREY, S.; ÁLVAREZ, L. **Metodología de Construcción de Objetos de Aprendizaje para la Enseñanza de Anatomía Humana en Cursos Integrados**. International Journal of Morphology 24, 2006. 357-362.

CAUDELL, T. P.; MIZELL, D. W. **Augmented Reality: An Application of Heads-Up Display Technology to Manual Manufacturing Processes**. Proceedings of Hawaii International Congerence on System Sciences. Hawaii: University Hawaii. 1992.

CHOPARD, R. P.; WATANABE, I. S. **Inovação no ensino da anatomia humana**. Jornal da Universidade de São Paulo, 10 Outubro 1998.

EDITORA MODERNA. **Projeto Araribá Ciências 8º Ano**. 3ª Edição. ed. São Paulo: Moderna, 2013. p. 110.

FALCÃO, E. xpta-labs. Eduardo Falcão, 2 Março 2011. Disponível em: <<http://edufalcao.wordpress.com/2011/03/02/xpta-labs/>>. Acesso em: 07 Dezembro 2013.

FORNAZIERO, C. C.; GIL, C. R. R. Novas Tecnologias Aplicadas ao Ensino da Anatomia Humana. Revista Brasileira de Educação Médica 27, 2003. 141-146.

GOOGLE. Google Drive. Guarde tudo. Partilhe o que quiser. **Google Drive**, 2013. Disponível em: <[https://www.google.com/intl/pt\\_BR/drive/start/index.html?authuser=0](https://www.google.com/intl/pt_BR/drive/start/index.html?authuser=0)>. Acesso em: 07 Dezembro 2013.

HAND, C. **Other faces of virtual reality**. First International Conference, MHVR'94, 14 Setembro 1996. 107-116.

INKSCAPE. Inkscape. Inkscape, 2013. Disponível em: <<http://www.inkscape.org/pt/acerca-de/visao-geral/>>. Acesso em: 06 Dezembro 2013.

INZUNZA, O.; D'ACUÑA, E.; BRAVO, H. **Evaluación práctica de anatomía. Rendimiento de los**. International Journal of Morphology 21, 2003. 131-163.

KIRNER, C.; SISCOOTTO, R. A. Realidade Virtual e Aumentada. **Realidade Virtual e Aumentada**, 28 janeiro 2007. Disponível em: <<http://www.ckirner.com/download/livros/Livro-RVA2007-1-28.pdf>>. Acesso em: 22 Outubro 2013.

KRUEGER, M. W. Krueger, Myron W. Departamento de Artes Plásticas - ECA/USP, 2010. Disponível em: <<http://www.cap.eca.usp.br/wawrwt/artistas/krueger/index.html>>. Acesso em: 22 Outubro 2013.

LUZ, R. A. AtualTec. Faculdade Atual, 15 Abril 2009. Disponível em: <[http://www.faculdadeatual.edu.br/atualtec/Download/Aplicacoes\\_de\\_Realidade\\_Aumentada\\_na\\_Educacao.pdf](http://www.faculdadeatual.edu.br/atualtec/Download/Aplicacoes_de_Realidade_Aumentada_na_Educacao.pdf)>. Acesso em: 21 Outubro 2013.

MICROSOFT. **Visual C # Language**. Microsoft Developer Network, 2013. Disponível em: <<http://msdn.microsoft.com/en-us/library/vstudio/z1zx9t92.aspx>>. Acesso em: 16 Outubro 2013.

MILGRAM, P. E. A. **Augmented Reality: A Class of Displays on the Reality-Virtuality Continuum**. Telem manipulator and Telepresence Technologies, p. 282-292, 1994.

MOZILLA FOUNDATION. **Uma reintrodução ao JavaScript (Tutorial de JS)**. Mozilla Developer Network, 05 Outubro 2012. Disponível em: <[https://developer.mozilla.org/pt-BR/docs/JavaScript/A\\_re-introduction\\_to\\_JavaScript](https://developer.mozilla.org/pt-BR/docs/JavaScript/A_re-introduction_to_JavaScript)>. Acesso em: 16 Outubro 2013.

NARDI, T. A.; PERES, F. F. F. **Utilização de Realidade Aumentada e Dispositivos Móveis para Auxiliar na Manutenção de Instrumentos de Medição de Barragens**. Anais Eletrônicos ENUCOMP 2012. Parnaíba - PI: FUESPI. 2012. p. 159-164.

NATIONAL GEOGRAPHIC. **A Incrível Máquina Humana**. Youtube, 07 fev. 2014. Disponível em: <<http://www.youtube.com/watch?v=VbJBI7vYq5I>>. Acesso em: 17 Janeiro 2014.

NETTO, A. V.; MACHADO, L. D. S.; OLIVEIRA, M. C. F. **Realidade Virtual - Definições, Dispositivos e Aplicações**. Universidade Federal da Paraíba, 2002. Disponível em: <[http://www.de.ufpb.br/~labteve/publi/2002\\_reic.pdf](http://www.de.ufpb.br/~labteve/publi/2002_reic.pdf)>. Acesso em: 19 Outubro 2013.

PERRONE, F. R. et al. **Desenvolvimento de aplicativo para visualização de patrimônio histórico-arquitetônico em realidade aumentada**. SIGRADI 2012, Forma (IN) Formação. XVI CONGRESSO DA SOCIEDADE IBEROAMERICANA DE GRÁFICA DIGITAL. Fortaleza: GRÁFICA DIGITAL. 2012. p. 366-368.

PIMENTEL, K.; TEXEIRA, K. **Virtual Reality - through the new looking glass**. New York: McGraw-Hill, 1995.

QUALCOMM. Qualcomm Vuforia. Developer Network, 2013. Disponível em: <<https://developer.qualcomm.com/mobile-development/mobile-technologies/augmented-reality>>. Acesso em: 16 Outubro 2013.

RODRIGUES, E. **Vamos aprender Boo**. Elemar DEV, 23 Abril 2011. Disponível em: <<http://elemarjr.net/2011/04/23/vamos-aprender-boo-parte-1-fundamentos/>>. Acesso em: 15 Outubro 2013.

SILVA, K. D. C. D.; SANTANA, O. A. **Objetos de aprendizagem utilizados para o ensino da anatomia humana: uma revisão da literatura**. Associação Brasileira de Educação a Distância, Recife, 2012. Disponível em: <<http://www.abed.org.br/congresso2012/apresentacaoposters18ciaed.pdf>>. Acesso em: 12 Janeiro 2014.

TOKI, R.; KIRNER, C.; SISCOOTTO, R. **Fundamentos e Tecnologia de Realidade Virtual e Aumentada**. Porto Alegre: SBC - Sociedade Brasileira de Computação, 2006.

TURBOSQUID. **Human Male Body** - Anatomy. TurboSquid, 2013. Disponível em: <<http://www.turbosquid.com/3d-models/>>. Acesso em: 30 Outubro 2012.

UNITY3D. Unity - Game Engine. UNITY3D.COM, 14 Novembro 2012. Disponível em: <<http://docs.unity3d.com/Documentation/Manual/index.html>>. Acesso em: 15 Outubro 2013.

PIMENTEL, K.; TEXEIRA, K. **Virtual Reality - through the new looking glass**. New York: McGraw-Hill, 1995.

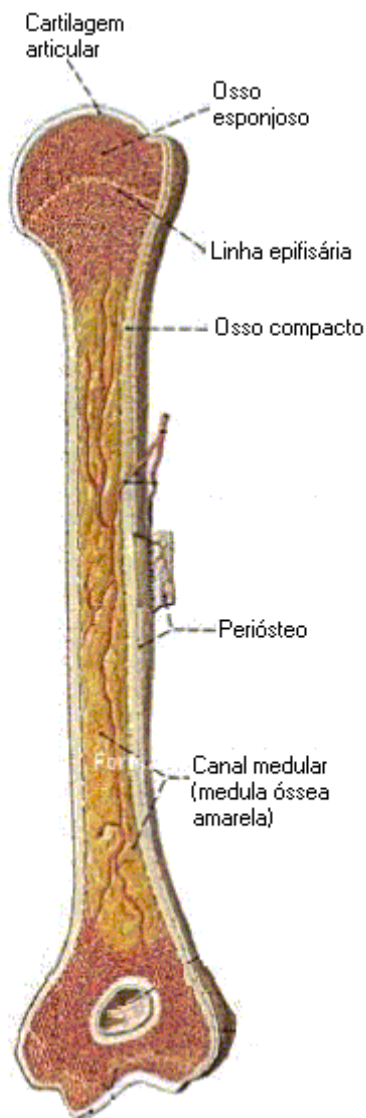
OPENOFFICE. The Free and Open Productivity Suite. **Apache Open Office**, 2010. Disponível em: <<http://www.openoffice.org/product/writer.html>>. Acesso em: 12 Janeiro 2014.

## **ANEXOS**

**Anexo:** Documentos PDF

## Sistema Ósseo

O esqueleto é o conjunto de osso responsável pela sustentação e pelo apoio dos músculos do corpo, possibilitando a locomoção.



Fonte: SÓ BIOLOGIA. Acesso em 20 de novembro de 2013, disponível em: <http://www.sobiologia.com.br/conteudos/Corpo/sistemaesqueletico2.php>

### Tecido Ósseo

O tecido ósseo é o principal componente dos ossos do esqueleto. É composto principalmente de **osteócitos** e **matriz óssea**.

- **Osteócitos:** São células ósseas (adultas) vivas nutridas por vasos sanguíneos.
- **Matriz óssea:** É rígida e se encontra ao redor dos osteócitos, sendo composta por sais minerais e proteínas.

Os **sais minerais**, principalmente, os sais de **cálcio** e **fósforo**, são responsáveis pela rigidez do osso. As **proteínas** conferem certa flexibilidade e sua falta torna o osso quebradiço.

A parte Externa dos ossos é maciça e formada por **tecidos ósseo compacto**.

O interior é formado pelo **tecido ósseo esponjoso** e apresenta inúmeras pequenas cavidades.

Além do tecido ósseo, o osso também é formado por **periósteo, medula óssea vermelha e medula óssea amarela.**

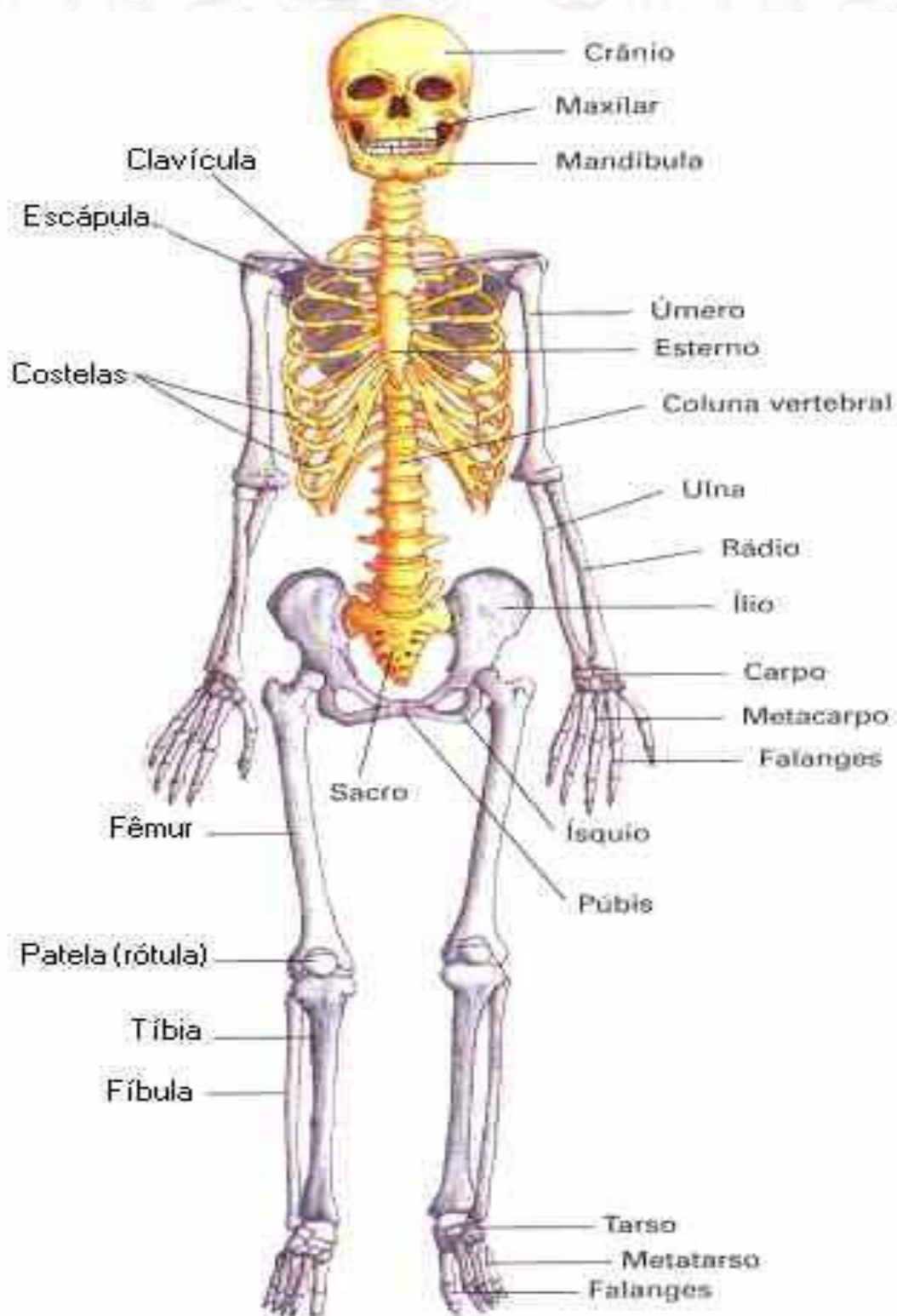
- **Periosteio:** Membrana de tecido conjuntivo que envolve externamente o osso. Apresenta vasos sanguíneos que penetram no osso por pequenos orifícios.
- **Medula óssea vermelha:** Encontrada nas vértebras nas costelas e nos ossos longos, é capaz de originar células do sangue.
- **Medula óssea Amarela:** Armazena alguns tipos de gordura.

O corpo humano tem um total de 206 ossos, cujas funções principais são: sustentação, proteção, movimento, produção de células do sangue, armazenamento e liberação de substâncias, como cálcio e o fósforo.

Fonte: EDITORA MODERNA. Projeto Araribá Ciências 8º Ano. 3ª Edição. ed. São Paulo: Moderna, 2013. p. 110.



## PRINCIPAIS OSSOS DO ESQUELETO HUMANO



Fonte: SÓ BIOLOGIA. Acesso em 20 de novembro de 2013, disponível em: <http://www.sobiologia.com.br/conteudos/Corpo/sistemaesqueletico4.php>

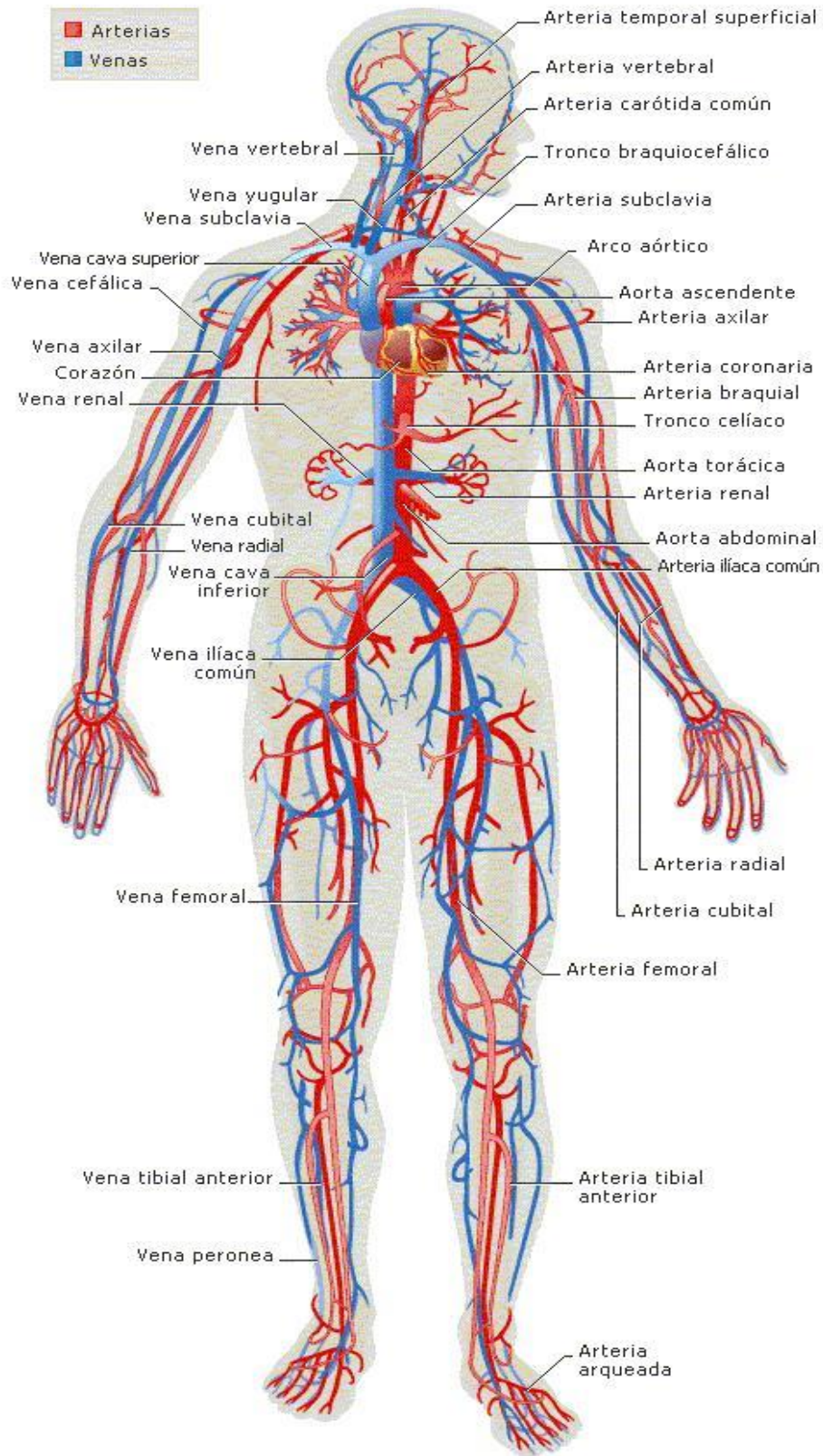
## Sistema Circulatório

Três elementos principais constituem o sistema cardiovascular: os vasos sanguíneos, o sangue e o coração. As artérias, as veias e os capilares são vasos que formam o sistema circulatório.

### Um sistema muito abrangente

O sistema circulatório é responsável pela circulação do sangue. O sangue transporta nutrientes obtidos pelo processo da digestão, gás oxigênio, gás carbônico, resíduos e hormônios, entre outras substâncias. O sistema circulatório inclui os **vasos sanguíneos**, o **sangue** e o **coração**.

- **Vasos sanguíneos:** São tubos que conduzem o sangue por todo o corpo.
- **Sangue:** Constituído por células e plasma, realiza o transporte de substâncias.
- **Coração:** É o órgão que funciona como uma bomba que impulsiona o sangue e o mantém circulando por todo o corpo.



Fonte: Viver na Ciências. Acesso em 20 de novembro de 2013, disponível em: <http://vivernaciencias.blogspot.com.br/2013/05/sistema-circulatorio-ou-cardiovascular.html>.

## Vasos sanguíneos

Os vasos sanguíneos formam uma rede de tubos de paredes elásticas que conduzem o sangue pelo corpo. Esses vasos podem ser de três tipos: **artérias**, **veias** e **capilares**.

### Artérias

As artérias levam o sangue **do coração para os tecidos** do corpo. Suas paredes são **grossas e elásticas**, formadas por musculatura não estriada. A primeira característica (musculatura grossa) permite que a artéria suporte a elevada pressão do sangue bombeado pelo coração: já a segunda característica (elasticidade) contribui para que as paredes se contraíam e relaxem a cada batimento cardíaco. Três camadas de tecido formam as paredes das artérias. Esses tecidos circundam um espaço oco, chamado de luz, através do qual flui o sangue.

As Artérias se ramificam, originando as arteríolas, que são vasos de paredes mais delgadas. As arteríolas se ramificam em capilares.

A maioria das artérias transporta **sangue rico em gás oxigênio**, uma exceção é a artéria pulmonar, que leva **sangue rico em gás carbônico**.

## Veias

As veias transportam o sangue **dos tecidos do corpo até o coração**. São vasos de menor diâmetro e com paredes mais delgadas em relação às artérias, também são formadas por três camadas de tecidos. A diferença é que a cada camada muscular das veias é mais fina.

Em seu interior, as veias – em especial as das pernas – apresentam válvulas que garantem que o sentido do fluxo do sangue. No caso de essas válvulas não funcionarem bem, o sangue fica retido, dando um aspecto dilatado e tortuoso às paredes das veias. Essas dilatações são chamadas de varizes.

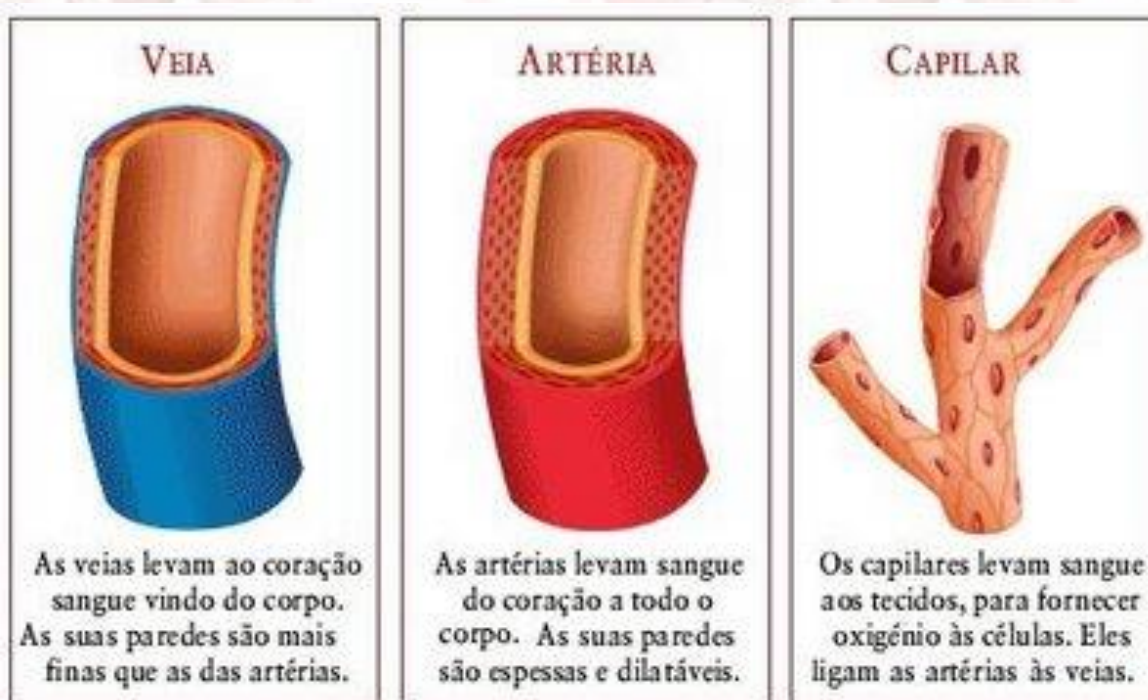
A maioria das veias transportam o **sangue rico em gás carbônico**, com exceção das veias pulmonares, que transportam **sangue rico em gás oxigênio** dos pulmões ao coração.

## Capilares

Os capilares são vasos com diâmetro muito pequeno. A parede que os forma é constituída apenas por uma camada de células planas. Isso permite que muitas substâncias do sangue passem facilmente através da parede, atingindo as células, e vice-versa.

Os vasos capilares são responsáveis por levar o sangue com nutrientes até as células dos tecidos e receber os resíduos eliminados pelas células, formando uma rede de comunicação entre as artérias e as veias.

Fonte: EDITORA MODERNA. Projeto Araribá Ciências 8º Ano, 3ª Edição. Ed São Paulo: Moderna, 2013. p.180 a 181.



Fonte: SÓ BIOLOGIA. Acesso em 20 de novembro de 2013, disponível em: <http://www.sobiologia.com.br/conteudos/Corpo/Circulacao2.php>

## Sistema digestório

O sistema digestório permite que os nutrientes do alimento possam ser utilizados pelas células do corpo.

### O sistema digestório

O sistema digestório é formado pelo **tubo digestório** e pelas **glândulas anexas**. Nesse sistema, as moléculas grandes que compõem o alimento são quebradas em moléculas menores e mais simples e podem, então, ser absorvidas e utilizadas pelas nossas células.

### O tubo digestório

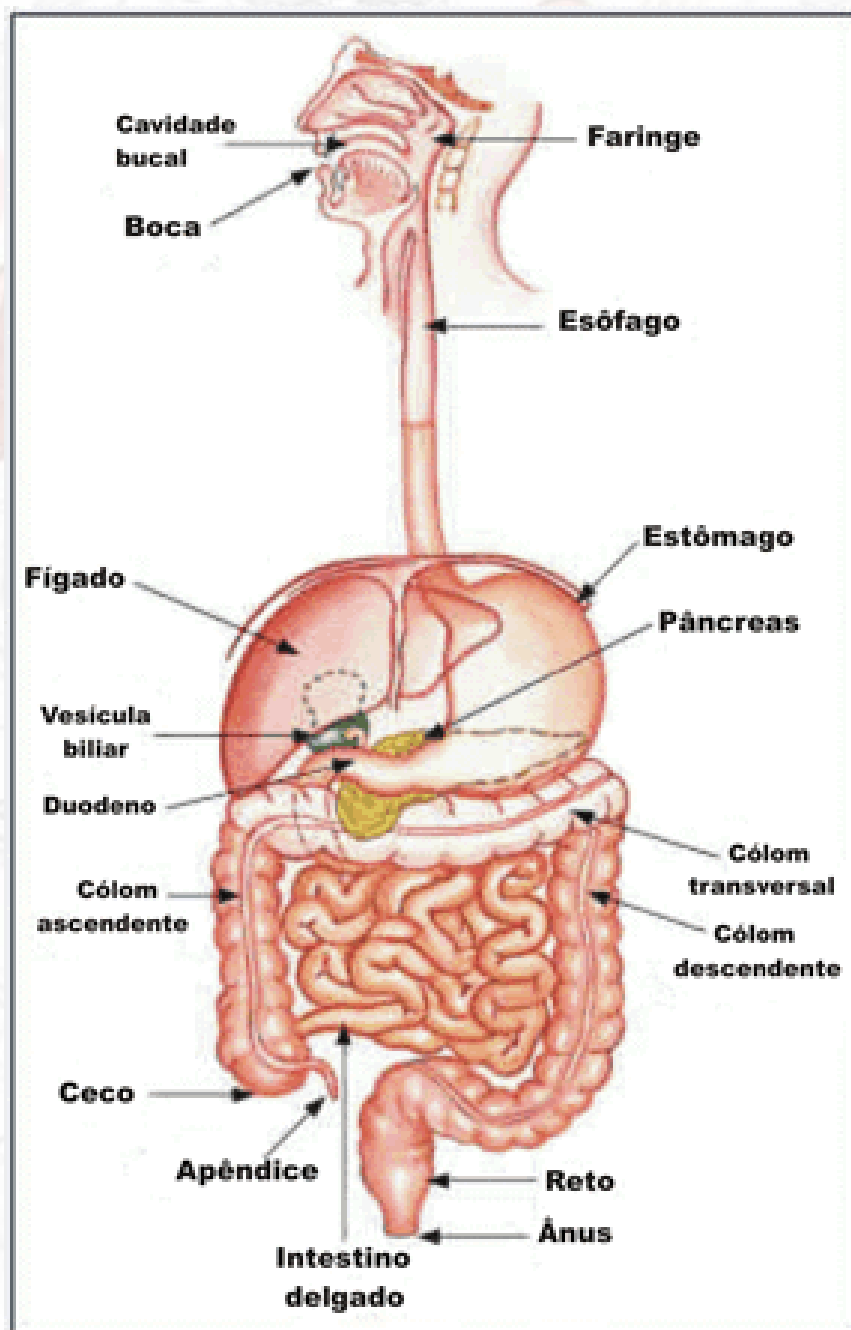
O tubo digestório é formado pelos seguintes órgãos: **boca, faringe, esôfago, estômago, intestino delgado e intestino grosso**.

- **Boca:** É o orifício de entrada do tubo digestório. Nela encontram-se estruturas relacionadas à mastigação e à deglutição, que são os dentes e a língua.
- **Faringe:** É um canal com cerca de 14 cm de comprimento, que liga a boca ao esôfago. É comum às vias respiratória e digestória.

- **Esôfago:** É um tubo que vai da faringe até o estômago. O esôfago empurra o alimento por meio de movimentos peristálticos.
- **Estômago:** É uma dilatação do tubo digestório, em forma de bolsa. Tem capacidade de armazenar cerca de 2 litros de alimento. É revestido internamente por tecido epitelial com grande quantidade de glândulas produtoras de suco gástrico.
- **Intestino delgado:** É um tubo com cerca de 6 m de comprimento e 3 cm de diâmetro, apresentando dobras sobre si mesmo, de modo que fique acomodado no abdome. O intestino delgado apresenta três partes: o **duodeno**, o **jejuno** e o **íleo**. A parede interna do intestino delgado tem minúsculos prolongamentos em forma de dedos, chamados **vilosidades intestinais**. No intestino delgado há, ainda, um grande número de glândulas que secretam o **suco intestinal**.
- **Intestino grosso:** Esse órgão mede cerca de 50 cm de comprimento e 6 cm de diâmetro. Divide-se em três porções: o **ceco**, que mede cerca de 5 cm tem a forma de um saco e comunica-se com o **colo**, que é a parte maior do intestino grosso. Em seguida ao colo



encontra-se o **reto**, região final do intestino grosso que termina no ânus.



Fonte: SÓ BIOLOGIA. Acesso em 20 de novembro de 2013, disponível em: <http://www.sobiologia.com.br/conteudos/Corpo/digestao.php>

## As glândulas anexas

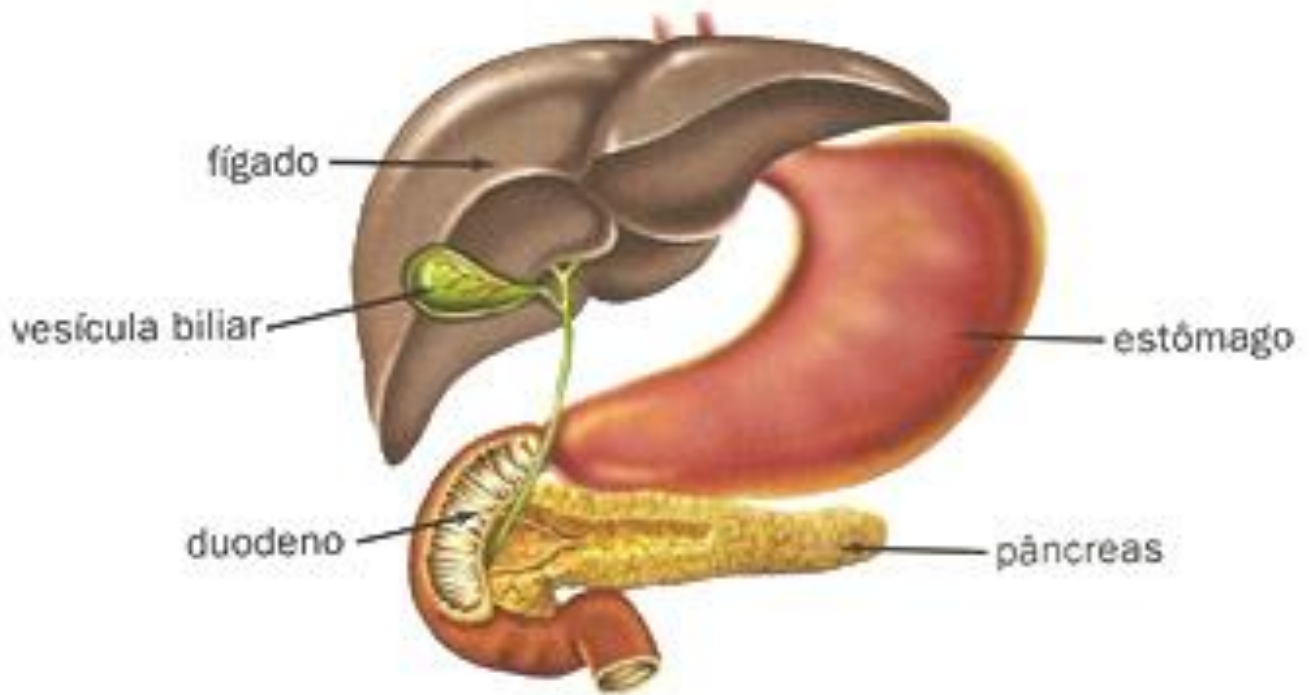
As glândulas anexas ao tubo digestório produzem substâncias imprescindíveis à digestão. As glândulas anexas são: as glândulas salivares, o fígado e o pâncreas.

**Glândulas salivares:** Apresentam forma de cachos de uva. Encontram-se na boca e produzem a saliva, que contém enzimas que iniciam a degradação do alimento e o umedece, facilitando a mastigação e a deglutição.

**Fígado:** É a maior glândula do corpo, com até 1,5kg. Armazena nutrientes, converte substância que atua na digestão dos lipídios, entre outras funções. A bile é armazenada na vesícula biliar, uma bolsa de forma oval.

**Pâncreas:** É uma glândula localizada próximo ao estômago, que realiza duas funções muito importantes: a produção de suco pancreático, que contém enzimas digestivas, e a produção de dois hormônios: o glucagon e a insulina, fundamentais para a regulação da quantidade de glicose do sangue.

Fonte: EDITORA MODERNA. Projeto Araribá Ciências 8º Ano. 3ª Edição. ed. São Paulo: Moderna, 2013. p. 160 e 161.



Fonte: SÓ BIOLOGIA. Acesso em 20 de novembro de 2013, disponível em: <http://www.sobiologia.com.br/conteudos/Corpo/digestao.php>

## O Sistema linfático

Além do sistema cardiovascular (circulatório) para a circulação do sangue, o corpo humano possui outro sistema de fluxo de líquido: o sistema linfático.

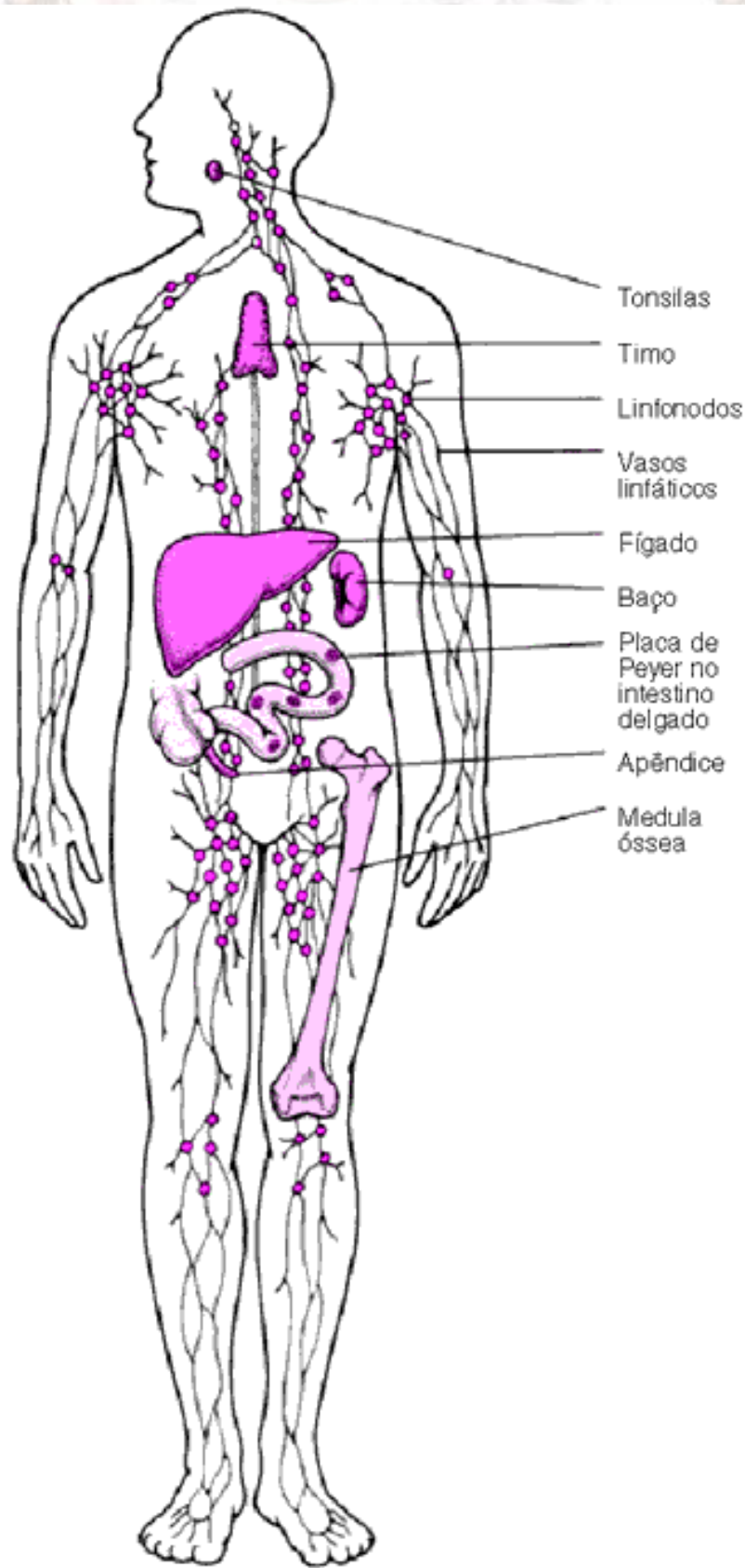
O sistema linfático compreende o conjunto formado pela linfa, pelos vasos linfáticos e órgãos como os linfonodos, o baço, o timo e as tonsilas palatinas. A linfa é um líquido claro, ligeiramente amarelado, que flui lentamente em nosso corpo através dos vasos linfáticos. Parte do plasma sanguíneo extravasa continuamente dos vasos capilares, formando um material líquido entre as células dos diversos tecidos do organismo – o líquido intercelular ou intersticial.

Uma parte desse líquido intercelular retorna aos capilares sanguíneos, carregando gás carbônico e resíduos diversos. Outra parte – a linfa – é recolhida pelos capilares linfáticos. Os capilares linfáticos transportam a linfa até vasos de maior calibre, chamados vasos linfáticos. Esses vasos semelhantes às veias, por sua vez, desembocam em grandes veias, onde a linfa é liberada, misturando-se com o sangue. Ao longo do seu trajeto, os vasos linfáticos passam pelo interior de pequenos órgãos globulares, chamados linfonodos. Os vasos linfáticos passam ainda por certos órgãos, como as tonsilas palatinas (amídalas) e o baço.

O sistema linfático não possui um órgão equivalente ao coração. A linfa, portanto, não é bombeada como no caso do sangue. Mesmo assim se desloca, pois as contrações musculares comprimem os vasos linfáticos, provocando o fluxo da linfa.

Os vasos linfáticos possuem válvulas que impedem o refluxo (retorno) da linfa em seu interior: assim, ela circula pelo vaso linfático num único sentido. O sistema linfático auxilia o sistema cardiovascular na remoção de resíduos, na coleta e na distribuição de ácidos graxos e gliceróis absorvidos no intestino delgado e contribui para a defesa do organismo, produzindo certos leucócitos, como os linfócitos.

Fonte: SÓ BIOLOGIA. Acesso em 20 de novembro de 2013, disponível em: <http://www.sobiologia.com.br/conteudos/Corpo/Circulacao6.php>



Fonte: SÓ BIOLOGIA. Acesso em 20 de novembro de 2013, disponível em:

<http://www.sobiologia.com.br/conteudos/Corpo/Circulacao6.php>

# Sistema Muscular

## Tecido muscular

Cada músculo é formado por milhares de células alongadas chamadas **miócitos**.

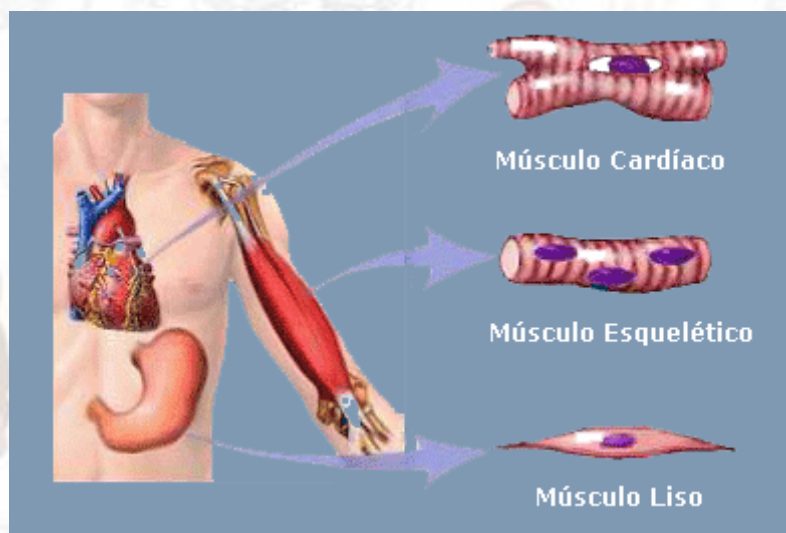
No citoplasma dos miócitos há filamentos microscópicos de proteína - as **miofibrilas**- capazes de se contrair ou alonga-se.

## Tipos de Músculo

No corpo humano há três tipos de músculo: o **músculo estriado esquelético**, o **músculo estriado cardíaco** e o **músculo não estriado** (ou liso).

- **Músculo estriado esqueléticos:** São responsáveis pela movimentação o corpo. Estão ligados aos ossos por meio de feixes de tecido conjuntivo fibroso denominados tendões. São músculos de contração rápida e voluntária.
- **Músculo estriado cardíaco:** É responsável pelos batimentos do coração. Tem contração rápida e involuntária.
- **Músculo não estriados:** Têm contração lenta e involuntária. São responsáveis pelos movimentos de

órgãos internos, como os movimentos peristálticos do sistema digestório.



Fonte: SÓ BIOLOGIA. Acesso em 20 de novembro de 2013, disponível em: <http://www.sobiologia.com.br/conteudos/Corpo/sistemamuscular.php>

## Movimento

O movimento depende da interação entre o esqueleto, os músculos estriados esqueléticos e as articulações.

Ao se contrair, o músculo move um dos ossos ao qual está ligado.

Muitos músculos esqueléticos trabalham aos pares: enquanto um se contrai, o outro relaxa. Por exemplo, quando o bíceps (músculo da parte inferior do braço) se distende e o antebraço é abaixado.

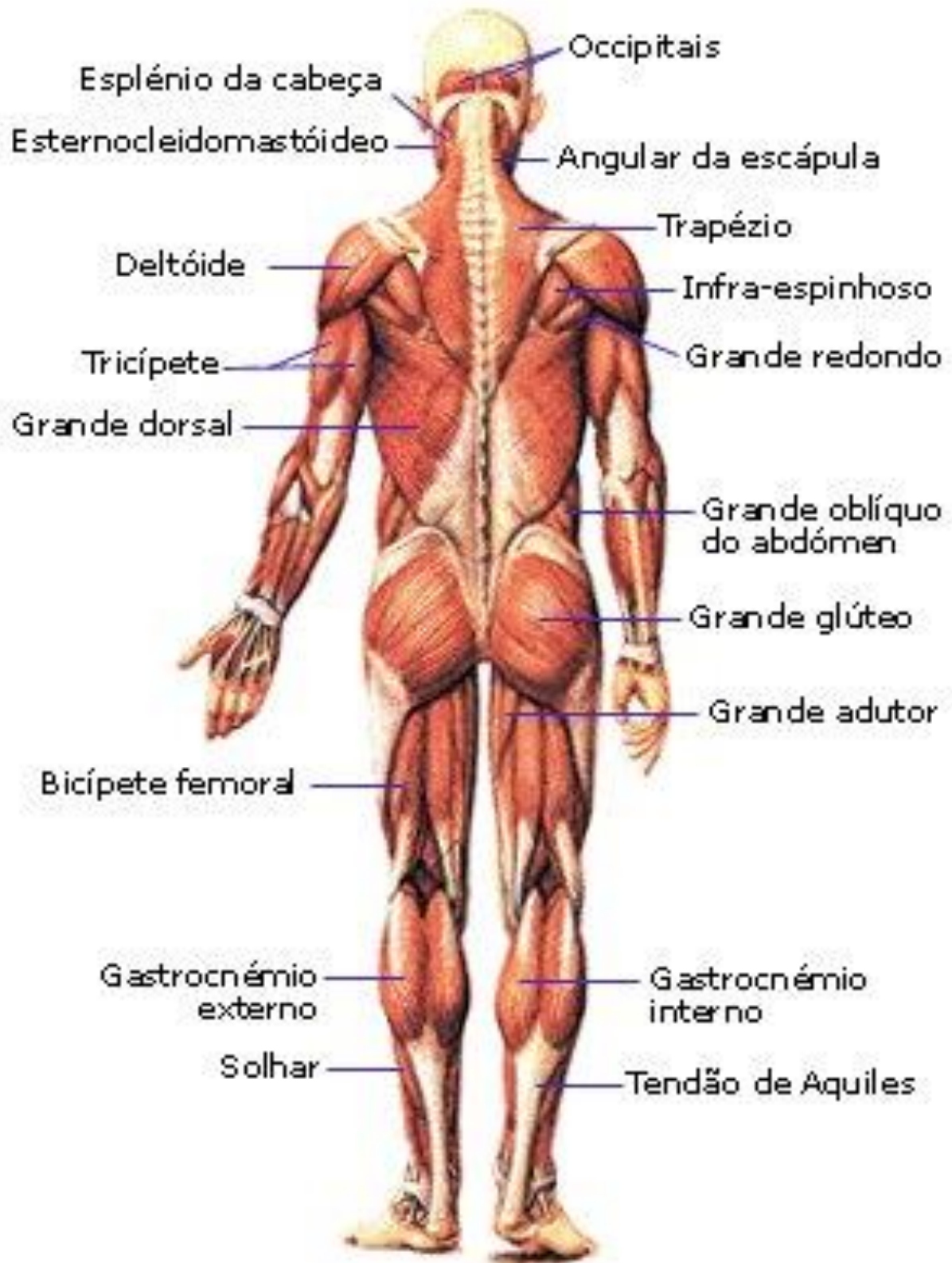
Além de possibilitar movimentos, os sistemas esquelético e muscular também mantêm a postura ereta do corpo humano.

Fonte: EDITORA MODERNA. Projeto Araribá Ciências 8º Ano. 3ª Edição. ed. São Paulo: Moderna, 2013. p. 112.





Fonte: SÓ BIOLOGIA. Acesso em 20 de novembro de 2013, disponível em: <http://www.sobiologia.com.br/conteudos/Corpo/sistemamuscular.php>



Fonte: SÓ BIOLOGIA. Acesso em 20 de novembro de 2013, disponível em: <http://www.sobiologia.com.br/conteudos/Corpo/sistemamuscular.php>

## Sistema Nervoso

O sistema nervoso integra e coordena as funções ou ações do corpo.

### Os neurônios

O sistema nervoso humano integra todas as mensagens recebidas pelo corpo e coordena suas funções ou ações. A unidade estrutural e funcional do sistema nervoso é o **neurônio**, célula altamente especializada em transmitir e integrar as mensagens (estímulos) recebidas do ambiente. Por exemplo, uma imagem de televisão ou da página de um livro, ao saber de um alimento ou o som emitido por um avião que decola. Essas mensagens são captadas pela rede de neurônios e transmitidas pelo corpo na forma de impulsos nervosos.

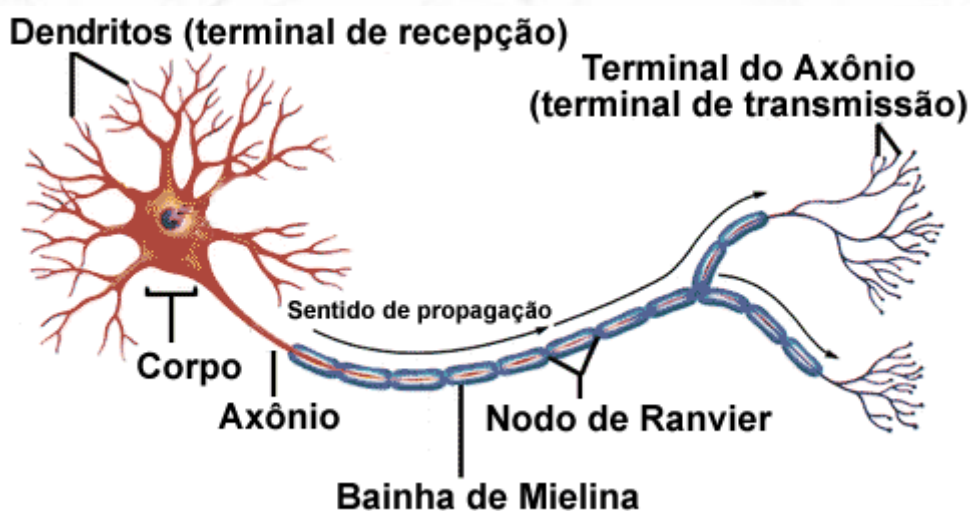
### Estrutura do neurônio

Um neurônio é formado por **dendritos**, **corpo celular** e **axônio**. O impulso nervoso percorre o neurônio sempre no mesmo sentido: dendritos, corpo celular e axônio.

**Dendritos:** São prolongamentos nervosos e curtos do corpo celular; são receptores de mensagens.

**Corpo celular:** Contém o núcleo e a maior parte do citoplasma.

**Axônio:** é um prolongamento que transmite o impulso nervoso vindo do corpo celular. É, geralmente, mais longo que os dendritos, podendo, por exemplo, se estender da medula espinal até os dedos dos pés. Alguns axônios são envolvidos por uma substância gordurosa de cor branca, que recebe o nome de **estrato mielínico**.



Fonte: SÓ BIOLOGIA .Acesso em 20 de novembro de 2013, disponível em:<http://www.sobiologia.com.br/conteudos/Corpo/sistemanervoso.php>

## Tipos de neurônio

Dependendo da forma como atuam no organismo, os neurônios podem ser classificados em **sensoriais**, **motores** e **associativos**.

**Sensoriais:** São neurônios que levam as informações dos órgãos dos sentidos (olhos, orelha, língua, pele e nariz) até o sistema nervoso central.

**Motores:** Levam as mensagens de ação (sentar, correr, pular, andar, escrever etc.) do sistema nervoso central até as glândulas e músculos.

**Associativos:** Ligam os neurônios sensoriais aos neurônios motores.

## A coordenação nervosa

Os neurônios trabalham de forma coordenada para interpretar e responder aos estímulos do ambiente. A coordenação nervosa se realiza sempre a partir dos **órgãos receptores** de estímulos para **o sistema nervoso central**, e deste para os **órgãos efetores**.

**Órgãos receptores:** São órgãos sensoriais, como olho e pele que captam estímulos externos ao corpo. Existem também receptores internos, que informam o organismo sobre aspectos como temperatura, dor, fome e estado dos músculos e articulações.

**Sistema nervoso central:** Recebe os impulsos nervosos e elabora uma resposta específica para cada estímulo. A resposta é enviada até um órgão efector pelo **sistema nervoso periférico**.

**Órgãos efetores:** São os órgãos que executam as respostas aos estímulos. Geralmente são os músculos e as glândulas. Os músculos realizam movimentos, e as glândulas produzem substâncias que regulam o metabolismo.

### **O sistema nervoso periférico**

Para efeito de estudo, o sistema nervoso pode ser dividido em duas partes? O **sistema nervoso periférico** e o **sistema nervoso central**.

O **sistema nervoso periférico** é constituído por **nervos** e pelos **gânglios nervosos** e sua função é conectar o sistema nervoso central ao resto do corpo.

**Nervos:** São conjuntos de dendritos e axônios que levam mensagens dos órgãos receptores para o sistema nervoso central ou do sistema nervoso central para os órgãos efetores.

**Gânglios nervosos:** São pequenas dilatações contendo corpos celulares de neurônios, presentes em certos nervos.

O sistema nervoso periférico abrange todas as funções do corpo humano. Para facilitar seu estudo é usual dividi-lo **em sistema nervoso periférico voluntário e sistema nervoso periférico autônomo.**

### **Sistema nervoso periférico voluntário**

Esse sistema, também chamado de sistema nervoso periférico somático, atua a partir do conjunto de nervos que chega aos músculos estriados esqueléticos do corpo, ou seja, aqueles que realizam movimentos que estão sob

controle voluntário do indivíduo, o como o movimento de pernas braços, dedos, troncos e face.

### **Sistema nervoso periférico autônomo**

A rede de nervos desse sistema regula os órgãos internos, cujo funcionamento é **involuntário**. Por exemplo, os intestinos, as glândulas, o coração, os rins e a musculatura associada. Já os pulmões podem ter tanto um funcionamento involuntário (por exemplo, quando dormimos ou em seu ritmo normal na maior parte do tempo), quanto voluntário, pois podemos parar a respiração, aumentar ou diminuir seu ritmo.

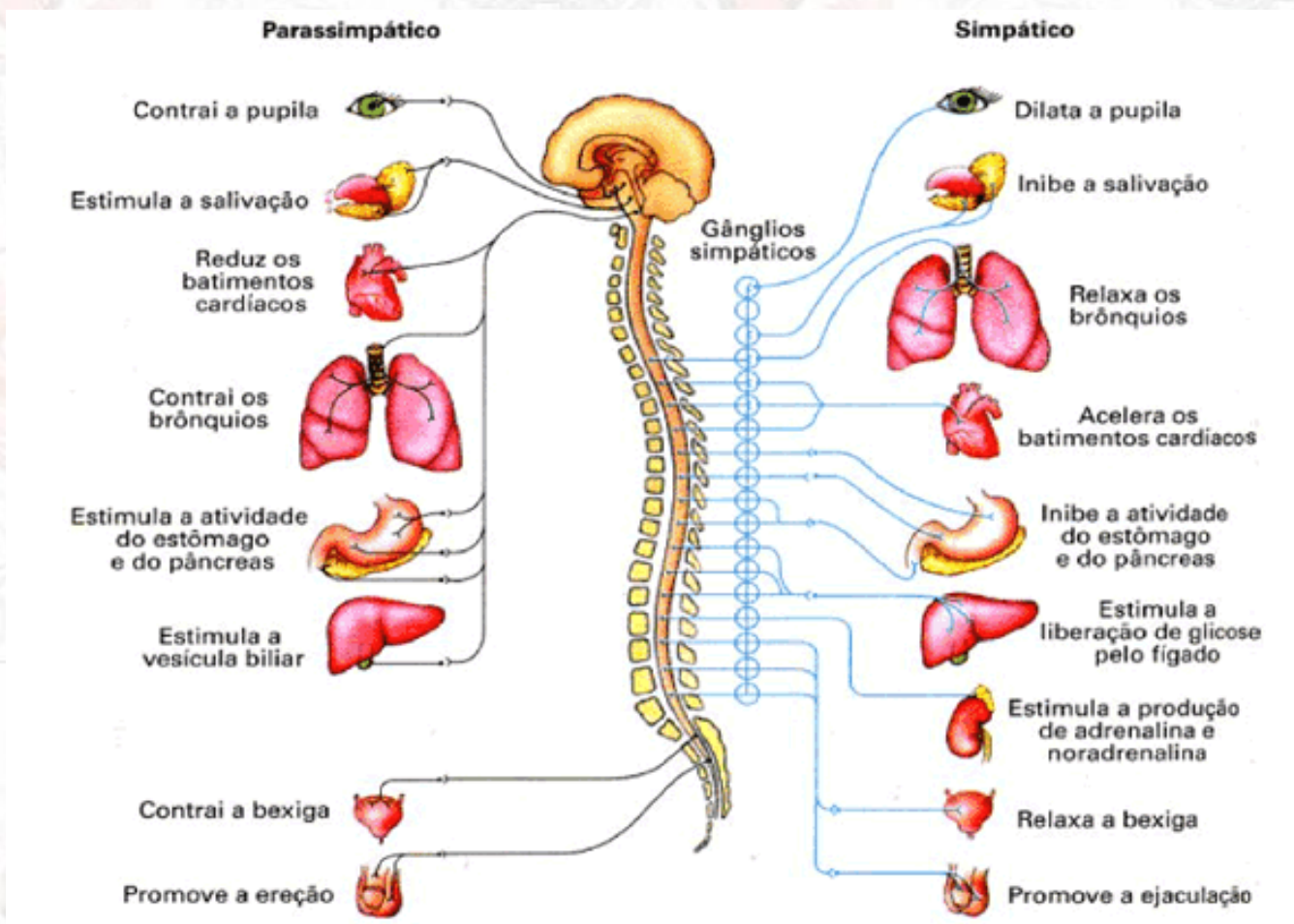
O sistema nervoso periférico (SNP) autônomo pode ser subdividido em simpático e parassimpático.

**SNP autônomo simpático:** Garante respostas adequadas às situações de emergência ou estresse que requerem respostas rápidas e intensas, como brincar ou fazer exercício. O sistema simpático é o sistema de alerta e de maior gasto de energia.

**SNP autônomo parassimpático:** Normaliza o funcionamento dos órgãos internos quando cessa uma



situação de perigo. Portanto esse sistema dirige as atividades dos órgãos nas situações de rotina.



Fonte: SÓ BIOLOGIA. Acesso em 20 de novembro de 2013, disponível em: <http://www.sobiologia.com.br/conteudos/Corpo/sistemanervoso.php>

## O sistema nervoso central

O **sistema nervoso central** é formado pelo **encéfalo** e pela **medula espinhal**. Essas estruturas são compostas de bilhões de neurônios e outras células, e funcionam como centros de coordenação nervosa.

## O encéfalo

O encéfalo é a maior estrutura de integração e controle do sistema nervoso. Ele é protegido pelos ossos e por três membranas sobrepostas, as **meninges**. Entre as meninges circula o líquido cerebrospinal ou liquor, que protege o tecido nervoso. Os órgãos componentes do encéfalo são o **cérebro**, o **cerebelo** e o **tronco encefálico**.

## O cérebro

O **cérebro** é o órgão mais volumoso do encéfalo, e num indivíduo adulto a massa cerebral tem aproximadamente 1,200 gramas, está dividido em hemisférios - direito e esquerdo.

No cérebro se distinguem duas partes, chamadas de **substância cinzenta** e **substância branca**. A substância cinzenta é formada, basicamente, pelo conjunto de corpos celulares dos neurônios. A substância branca é formada principalmente por axônios e conectam neurônios localizados em regiões diferentes.

A parte mais externa dos hemisférios cerebrais é formada pela substância cinzenta e se chama **córtex**

**cerebral.** Essa zona do cérebro é responsável pela memória, inteligência e consciência.

### **O cerebelo**

O **cerebelo** está situado na parte posterior, sob o cérebro, e atrás do tronco encefálico. Como o cérebro, o cerebelo também apresenta dois hemisférios, constituídos de substância cinzenta na superfície e substância branca no interior.

O cerebelo ajuda a coordenar o movimento dos músculos e controla o equilíbrio e a postura do corpo.

### **O tronco encefálico**

No **tronco encefálico** são elaboradas ordens para a realização de atividades vitais e involuntárias, como o controle do batimento cardíaco, a respiração, a deglutição, a tosse, o vômito e o espirro. A sua porção mais inferior é continua com a medula espinal.

## A medula espinal

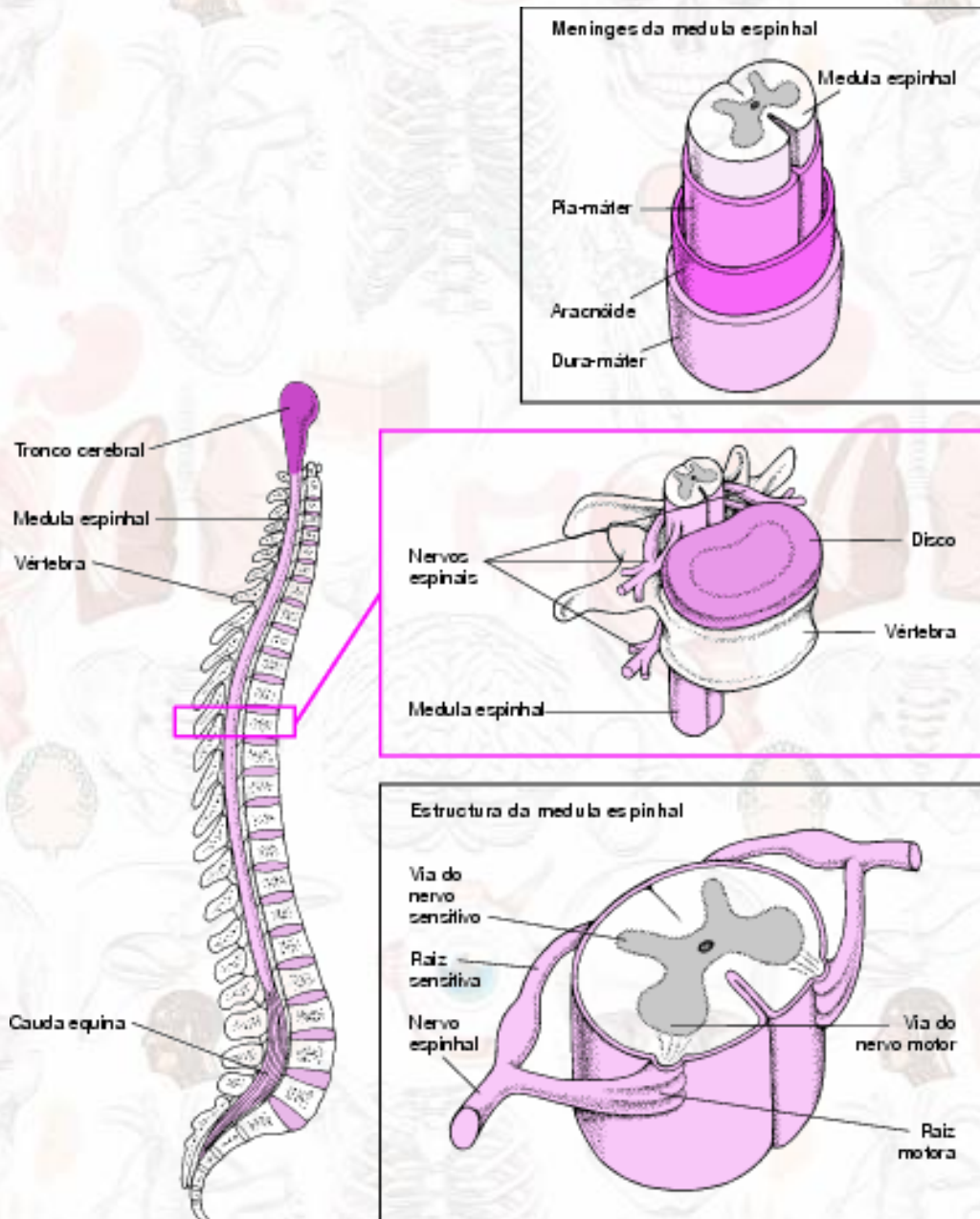
A **medula espinal** é um cordão de tecido nervoso alojado dentro da coluna vertebral, que confere estabilidade à medula e a proteger contra choques mecânicos.

A medula espinal tem aproximadamente a espessura de um dedo mínimo. A substância cinzenta fica no centro da medula e branca, na parte externa.

Ao longo da medula saem nervos dispostos em pares. No total, são 31 pares de nervos que se conectam à medula.

A medula espinal cumpre duas funções principais. A primeira delas é servir como de via conexão entre os nervos e o encéfalo. Outra função é centralizar muitos altos reflexos, que ocorrem involuntariamente.

Fonte: EDITORA MODERNA. Projeto Araribá Ciências 8º Ano. 3ª Edição. ed. São Paulo: Moderna, 2013. p. 129 a 134.



Fonte: SÓ BIOLOGIA. Acesso em 20 de novembro de 2013, disponível em: <http://www.sobiologia.com.br/conteudos/Corpo/sistemanervoso.php>

## Sistema respiratório

O sistema respiratório é formado pelas vias respiratórias e pelos pulmões. Por meio desse sistema, o gás oxigênio é absorvido e ocorre a eliminação do gás carbônico.

### O sistema respiratório

A **respiração pulmonar** consiste na trocas gasosas que ocorrem entre o pulmão e o ambiente. Por meio do sistema respiratório conseguimos absorver o gás oxigênio( $O_2$ ) do ar e eliminar o gás carbônico ( $CO_2$ ), também conhecido como dióxido de carbono.

O sistema respiratório humano é formado pelas vias respiratórias e pelos pulmões.

### As vias respiratórias

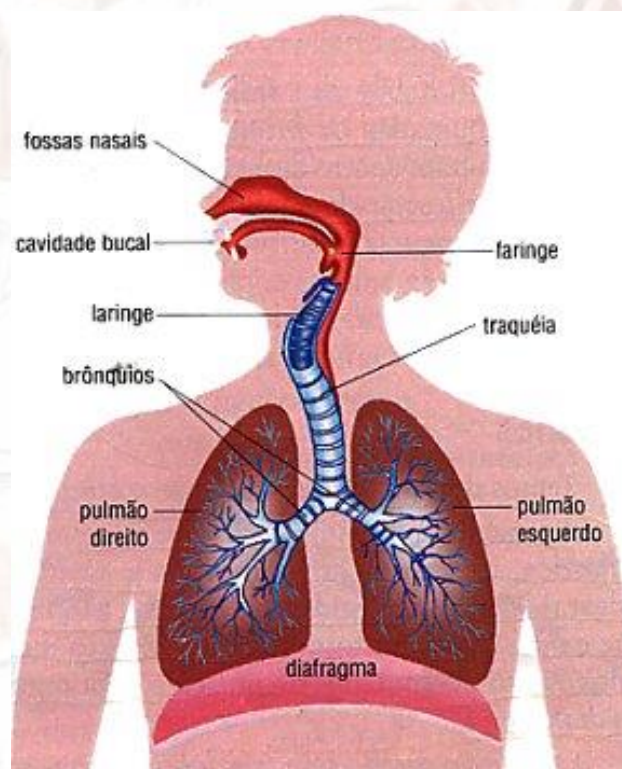
Por meio das vias respiratórias, o ar entra e sai do nosso corpo. Elas compreendem os seguintes órgãos e estruturas: as **cavidades nasais**, a **faringe**, a **laringe**, a **traquéia**, os **brônquios** e os **bronquíolos**.

- **Cavidades nasais:** são revestidas por um tecido epitelial rico em vasos sanguíneos, que umedecem e

aquecem o ar inalado. Nessas cavidades encontram-se as células sensoriais do olfato, que permitem a percepção de aromas. Há também pelos e células produtoras de muco, que dificultam a entrada de partículas e microrganismos no interior dos pulmões.

- **Faringe:** É um tubo compartilhado pelos sistemas digestório e respiratório. Ela comunica as cavidades nasais com a laringe.
- **Laringe:** É um tubo exclusivo do sistema respiratório que liga a faringe à traquéia; na laringe se encontram as pregas vocais. Na parte superior da laringe há uma válvula (a epiglote) responsável pelo seu fechamento durante a ingestão do alimento. Quando, por algum motivo, a epiglote não se fecha totalmente, pode entrar alimento na traqueia, ocasionando reflexos de tosse e engasgamento.
- **Traqueia:** É um tubo constituído de anéis de reforço formados por **cartilagem**, um tecido que dá sustentação. A traqueia se bifurca na extremidade inferior.
- **Brônquios:** São dois tubos que se ramificam da traqueia. Cada brônquio penetra em um dos dois pulmões. Os brônquios se ramificam em **bronquíolos**, que formam uma estrutura denominada **árvore**

**respiratória.** Nos pulmões, os bronquíolos terminam em pequenas bolsas chamadas **alvéolos pulmonares.** Os alvéolos são recobertos por uma rede de finos capilares sanguíneos. Nos alvéolos ocorre a troca de gases entre o ar atmosférico que chega aos pulmões e o sangue dos capilares.



Fonte: SÓ BIOLOGIA. Acesso em 20 de novembro de 2013, disponível em: <http://www.sobiologia.com.br/conteudos/Corpo/Respiracao.php>

## Os pulmões

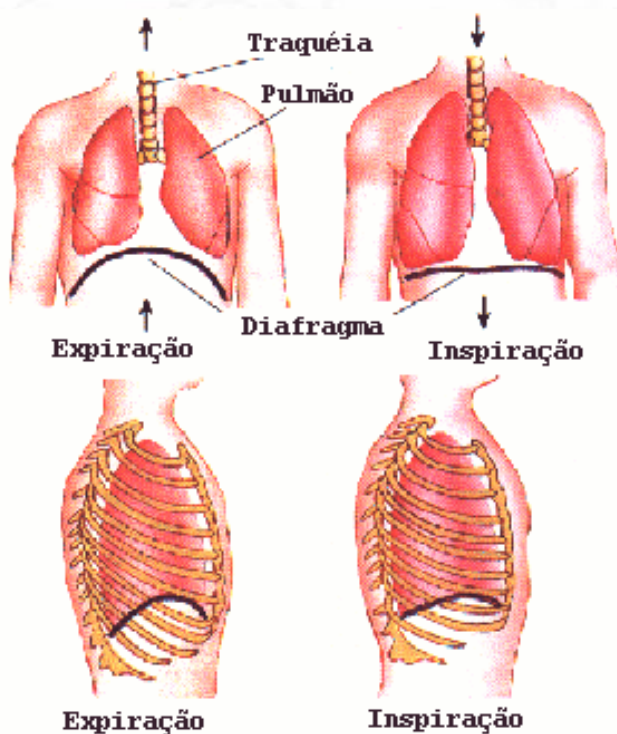
Os pulmões são dois órgãos de cor rosada e de textura esponjosa. O pulmão esquerdo tem uma concavidade, que permite que o coração fique acomodado.



Os pulmões têm cerca de 300 milhões de alvéolos. Se todos os alvéolos pulmonares de uma pessoa adulta fossem esticados e colocados lado a lado, sua superfície seria de 60 a 80 m<sup>2</sup>. Esses números mostram a enorme superfície que garante a alta capacidade de trocas gasosas nos alvéolos pulmonares.

Abaixo dos pulmões encontra-se o **diafragma**, um músculo que separa o tórax do abdome. O diafragma é um músculo exclusivo dos mamíferos. O movimento do diafragma e dos músculos entre as costelas é que permite a **ventilação pulmonar**.

Fonte: EDITORA MODERNA. Projeto Araribá Ciências 8º Ano. 3ª Edição. ed. São Paulo: Moderna, 2013. p. 160 e 161.



Fonte: SÓ BIOLOGIA. Acesso em 20 de novembro de 2013, disponível em: <http://www.sobiologia.com.br/conteudos/Corpo/Respiracao2.php>

## Sistema urinário

O sistema urinário é formado pelos rins e pelas vias urinárias, ele produz e elimina a urina do corpo.

### A excreção

As atividades celulares produzem substâncias, como gás carbônico e a ureia, que são tóxicas em grande quantidade e precisam ser eliminadas do organismo. O gás carbônico é eliminado do corpo por meio da respiração, mas as outras substâncias precisam ser "filtradas" do sangue para serem eliminadas. Esse processo de eliminação é chamado de **excreção**.

Nos seres humanos, o sistema urinário é formado pelos rins e pelas vias urinárias. Esse sistema é responsável pela eliminação de resíduos tóxicos e pela manutenção do equilíbrio hídrico corporal.

Não se deve confundir evacuação com excreção. Na evacuação, são eliminadas as fezes, formadas principalmente por resíduos não digeridos dos alimentos e bactérias, enquanto a excreção se dá principalmente pela urina, que elimina resíduos provenientes da atividade celular dos tecidos do corpo.

## O que são e o que fazem os rins?

Os rins são dois órgãos com formato de feijão, de cor vermelho-escura, que estão posicionados acima da cintura. Em adultos, cada rim mede aproximadamente 12 cm de comprimento.

São os principais órgãos excretores do corpo. Eles se encarregam de eliminar o excesso de água e substâncias tóxicas do organismo, com a ureia e o ácido úrico, que em altas concentrações matam as células.

Os rins filtram o sangue, extraíndo os resíduos, e reabsorvem para o sangue as substâncias aproveitáveis. O sangue a ser filtrado circula por esses órgãos, entrando pela artéria renal. Uma vez extraídas as substâncias residuais, o sangue filtrado sai do rim e retorna à circulação por meio da veia renal. Apesar do pequeno tamanho, os rins filtram todo sangue do corpo a cada cinco minutos, formando a urina.

### A estrutura do rim

O rim é formado pelas seguintes partes: **o córtex renal**, a **medula renal** é a **pelve renal**.

- **Córtex renal:** É a parte mais externa do rim. Ele tem um aspecto granuloso e coloração clara. Em seu interior encontram-se os néfrons. O néfron é a unidade funcional do rim, filtrando o sangue e produzindo uma pequena quantidade de urina. Mais de um milhão de néfrons são encontrados no córtex de cada rim e filtram o sangue de todo o corpo cerca de trezentas vezes por dia. O produto obtido por todos os néfrons resulta no grande volume de urina que vai para a bexiga urinária.
- **Medula renal:** Tem aspecto estriado, isto é, apresenta sulcos claros, contrastando com um fundo de cor escura. A medula renal contém numerosos túbulos coletores retos de urina.
- **Pelve renal:** É uma cavidade em forma de funil. Ela tem por função coletar a urina formada pelos rins e conduzi-la até os ureteres.

Os rins filtram o sangue, extraindo principalmente a ureia e o ácido úrico, e permitem a reabsorção de outras substâncias úteis ao organismo.

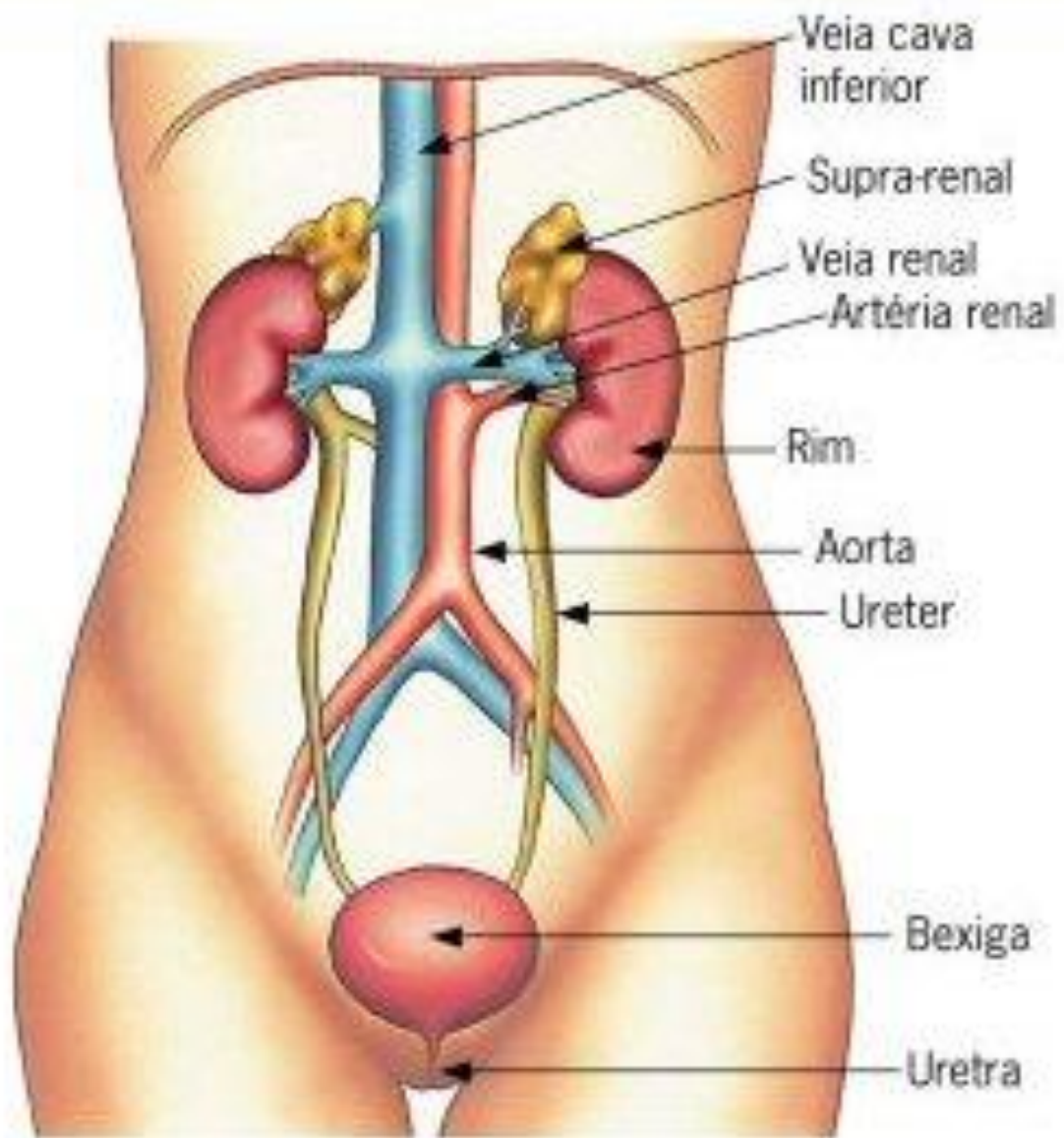
## As vias urinárias

As vias urinárias são formadas pelos **ureteres**, pela **bexiga urinária** e pela **uretra**.

- **Ureteres:** São dois tubos que medem aproximadamente 28 cm de comprimento. Eles conduzem a urina produzida nos rins até a bexiga urinária.
- **Bexiga urinária:** É uma bolsa muscular onde se acumula a urina antes de ser expelida ao exterior. A bexiga aumenta de tamanho à medida que acumula urina. Na parte inferior da bexiga há um músculo circular chamado esfíncter, que fecha a uretra e controla o ato de urinar.
- **Uretra:** É o canal por onde passa a urina da bexiga urinária até o exterior do corpo. Nos homens, esse canal mede aproximadamente 18 cm e nas mulheres, cerca de 6 cm.

Os rins e as vias urinárias formam o sistema urinário; os rins produzem a urina, e as vias urinárias a eliminam do corpo.

Fonte: EDITORA MODERNA. Projeto Araribá Ciências 8º Ano. 3ª Edição. ed. São Paulo: Moderna, 2013. p. 216 e 217.



Fonte: SÓ BIOLOGIA. Acesso em 20 de novembro de 2013, disponível em: <http://www.sobiologia.com.br/conteudos/Corpo/Respiracao.php>

## Sistema reprodutor masculino

O sistema reprodutor masculino produz espermatozóides, os gametas masculinos.

### As partes do sistema reprodutor masculino

A principal função do sistema genital masculino é a produção das células sexuais masculinas (gametas masculinos), os **espermatozóides**. Além disso, o pênis, órgão do sistema genital masculino, também é responsável pela deposição do **esperma** ou sêmen no interior da vagina da mulher, permitindo o encontro do espermatozóide com o ovócito.

O sistema genital masculino é formado por **testículos**, **ductos genitais**, **glândulas sexuais acessórias** e **pênis**.

**Testículos:** São duas glândulas sexuais de forma oval. São protegidos externamente por uma bolsa de pele chamada **escroto**. Dentro de cada testículo, encontram-se numerosos tubos, chamados **túbulos seminíferos**. A partir da puberdade, esses túbulos produzem os espermatozóides. Cada espermatozóide tem uma cauda que garante a sua mobilidade. Nos testículos, além da produção de espermatozóides, há a produção do hormônio sexual masculino, a **testosterona**.

**Ductos genitais:** São tubos que têm a função de conduzir os espermatozóides até o exterior do sistema genital masculino. São ductos genitais o **epidídimo**, o **ducto deferente** e a **uretra**.

O **epidídimo** localiza-se sobre cada testículo. É nele que os espermatozóides ficam armazenados e completam o seu desenvolvimento.

O **ducto deferente** é um tubo com parede muscular que conduz os espermatozóides do epidídimo até a uretra.

A **uretra** conduz os espermatozóides até o meio externo. Ela tem início na bexiga urinária, liga-se aos ductos deferentes, percorre todo pênis e se abre para o meio externo. É um tubo comum a dois sistemas: o sistema genital masculino e o sistema urinário. Porém a expulsão dos espermatozóides e da urina nunca ocorre simultaneamente.

**Glândulas sexuais acessórias:** São as glândulas seminais e a próstata.

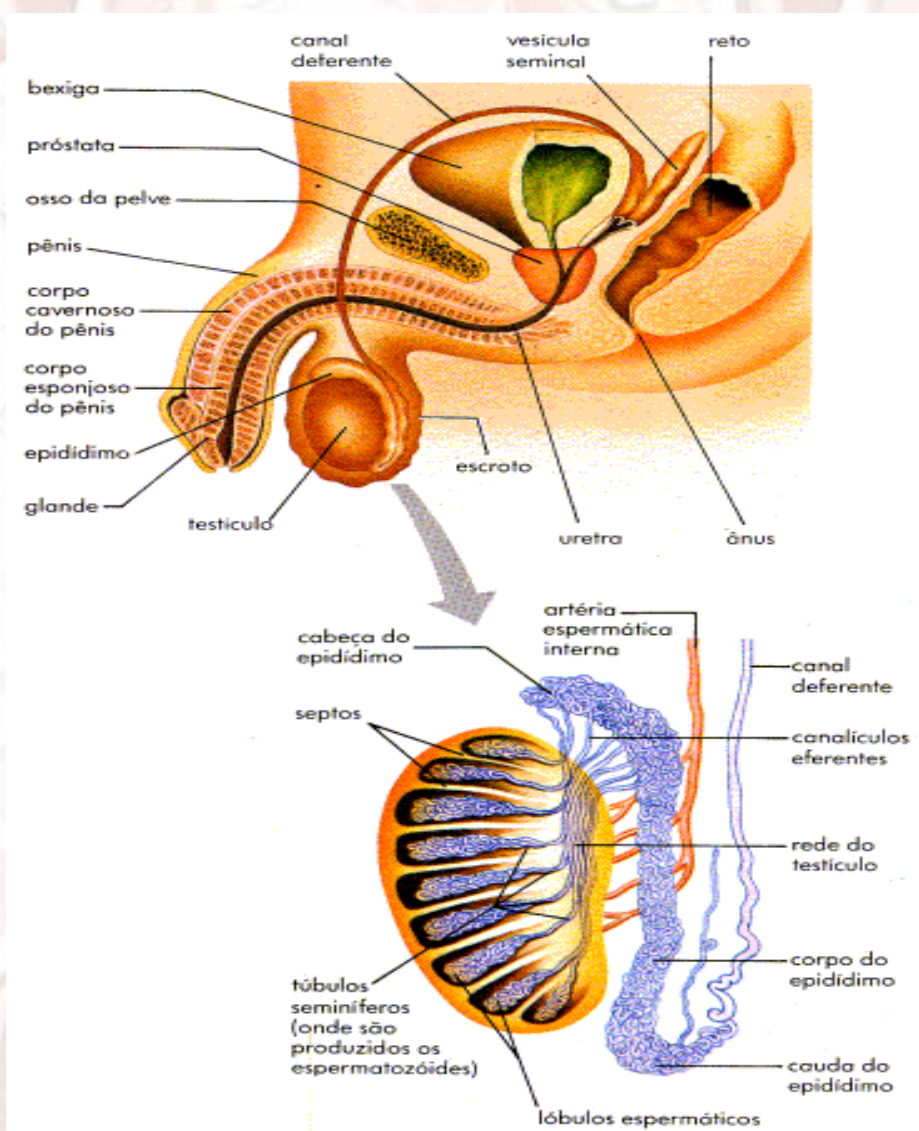
As **glândulas seminais** produzem um líquido viscoso. Esse líquido nutre os espermatozóides e facilita a sua mobilidade.

A **próstata** produz um líquido leitoso que tem a função de neutralizar a acidez da urina residual acumulada na uretra e das secreções vaginais, protegendo os espermatozóides.



Nas glândulas sexuais acessórias são produzidos o líquido seminal e o líquido prostático, que fazem parte do esperma.

**Pênis:** É um órgão de forma cilíndrica. Sua extremidade apresenta uma dilatação. Essa região é chamada de **glânde** e é, geralmente, recoberta por uma pele, **prepúcio**.



Fonte: SÓ BIOLOGIA. Acesso em 20 de novembro de 2013, disponível em: <http://www.sobiologia.com.br/conteudos/Corpo/sistemagenital2.php>

Durante a excitação sexual, o pênis aumenta de tamanho. Isso acontece pela entrada de grande quantidade de sangue no interior do órgão, que se torna rígido e ereto. A **ereção** possibilita que o pênis possa penetrar na vagina.

Durante o ato sexual ou com o aumento de estímulos no pênis, o esperma é expelido do corpo. Esse processo recebe o nome de ejaculação. Em cada **ejaculação** são expelidos cerca de 3 ml de esperma. Cada mililitro de esperma contém aproximadamente 100 milhões de espermatozóides.

Fonte: EDITORA MODERNA. Projeto Araribá Ciências 8º Ano. 3ª Edição. ed. São Paulo: Moderna, 2013. p. 47 e 48.

## Sistema reprodutor feminino

O sistema genital feminino possibilita a fecundação e o desenvolvimento do feto até o seu nascimento.

A função principal sistema reprodutor feminino é a produção das células sexuais femininas. Além disso, esse sistema é responsável pela produção de hormônios e pela nutrição e acomodação do feto até o seu nascimento.

O sistema reprodutor feminino é formado por **ovários, tubas uterinas, útero, vagina e pudendo feminino.**

**Ovários:** São suas glândulas sexuais de formato arredondado. São responsáveis pela produção das células sexuais femininas (gametas femininos), os **ovócitos**. O ovócito só recebe o nome de óvulo após ser fecundado por um espermatozóide.

Desde que nasce a menina já tem em seus ovários milhares de ovócitos. A partir da puberdade, um hormônio estimula o desenvolvimento e a liberação de ovócitos, iniciando o processo de **ovulação**, por meio do qual a mulher libera um ou mais ovócitos, mais ou menos a cada 28 dias.

Os ovários produzem os hormônios sexuais femininos: o **estrógeno** e a **progesterona**, responsáveis pelo desenvolvimento dos caracteres sexuais secundários femininos (mamas, pelos pubianos etc.), controle da menstruação e preparação do útero para receber o futuro embrião.

**Tubas uterinas:** São dois tubos que conduzem o ovócito do ovário ao útero. As paredes das tubas uterinas são revestidas por cílios, que, juntamente com a contração das paredes musculares das tubas, empurram o ovócito até o útero.

No interior da tuba uterina normalmente ocorre a fecundação, nome dado ao encontro do ovócito com espermatozóide.

**Útero:** É um órgão oco com paredes musculares, que apresenta a forma e o tamanho de uma pêra invertida.

O útero abriga o embrião durante o seu desenvolvimento até o momento do parto.

**Vagina:** É o canal que liga o útero ao meio externo e tem, aproximadamente, sete centímetros de comprimento. A abertura da vagina pode ser parcialmente fechada por uma membrana chamada **hímen**.

A vagina apresenta uma grande elasticidade, o que permite a relação sexual e a passagem do bebê durante o parto.

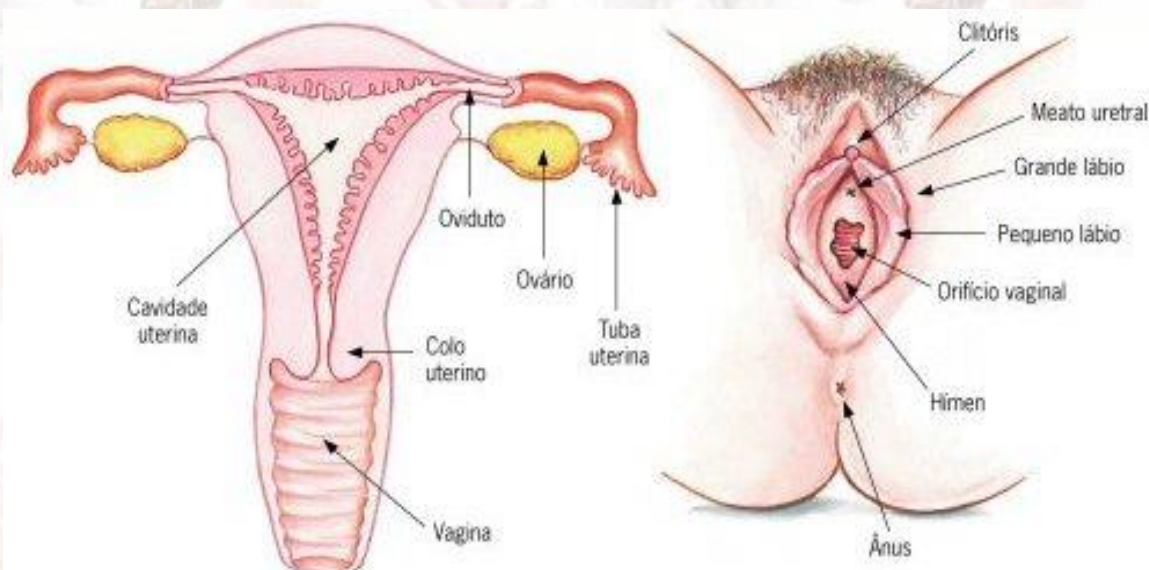
**Pudendo feminino:** Anteriormente denominado vulva, é a parte genital externa, formada pelos **lábios maiores**, pelos **lábios menores** e pelo **clitóris**.

Os **lábios maiores** são duas dobras de pele que recobrem os lábios menores.

Os **lábios menores** são duas dobras de pele que protegem a entrada da vagina.

O **clitóris** é um órgão rico em terminações nervosas. Fica localizado na região anterior das partes externas do sistema genital. O clitóris também se enche de sangue e aumenta de tamanho durante a excitação sexual.

Fonte: EDITORA MODERNA. Projeto Araribá Ciências 8º Ano. 3ª Edição. ed. São Paulo: Moderna, 2013. p. 48 e 49.



Fonte: SÓ BIOLOGIA. Acesso em 20 de novembro de 2013, disponível em: <http://www.sobiologia.com.br/conteudos/Corpo/sistemagenital3.php>