

## 06

# Aplicativo Multiplataforma para Planejar Cirurgias de Estrabismo

Igor T.C. Furtado<sup>1</sup>

Jorge A. M. Teixeira<sup>2</sup>

Geraldo B. Junior<sup>3</sup>

João D. S. de Almeida<sup>4</sup>

Universidade Federal do Maranhão (UFMA)<sup>5</sup>

**Resumo:** O estrabismo é uma patologia que afeta cerca de 4% da população, provocando problemas estéticos (reversíveis a qualquer idade) e alterações sensoriais irreversíveis, modificando o mecanismo da visão. A maioria dos casos de estrabismo exigem tratamento cirúrgico para a sua eliminação. No entanto, as variáveis envolvidas no plano cirúrgico são complexas, envolvendo tanto a participação do conhecimento científico teórico como a experiência do cirurgião, que na maioria das vezes utiliza valores médios baseados em fórmulas e tabelas. Estes valores nem sempre se aplicam a todos os casos. Assim, o presente trabalho apresenta um aplicativo multiplataforma para auxiliar os oftalmologistas a gerenciar e planejar cirurgias de estrabismos. O objetivo desta proposta é fornecer uma interface portátil e de fácil manuseio para que Especialistas e residentes estudantes de oftalmologia possam gerenciar seus planos, colaborar com outros Especialistas e tenham um plano cirúrgico automático sugerido pelo aplicativo.

**Palavras-Chave:** Estrabismo. Plano cirúrgico. Aplicativo.

**Abstract:** Strabismus is a condition that affects about 4% of the population, causing aesthetic problems, reversible at any age, and sensory irreversible change that modify the mechanism of vision. Most strabismus cases require surgical treatment for their elimination. However, variables involved in the surgical plan are complex, involving both participation of theoretical scientific knowledge and surgeon's experience, which most often uses median values based on formulas and tables. These values are not always apply to all cases. Thus, this paper presents a multi-platform application to assist ophthalmologists to manage and indicate strabismus surgery. The purpose of this proposal is to provide a portable and easy to use interface for specialists and residents of ophthalmology can manage their plans, collaborate with other experts and have an automatic surgical plan suggested by the application.

**Keywords:** Strabismus. Surgical plan. Application.

1. ygortalysson@gmail.com

2. jorgemeireles1@gmail.com

3. ge.braz@gmail.com

4. joao.dallyson@ufma.br

5. Núcleo de Computação Aplicada (NCA) - Caixa Postal 65.085-580 – São Luís – MA – Brasil

## 1 Introdução

O estrabismo é uma patologia que consiste na ausência do normal paralelismo entre os eixos visuais (SOUZA-DIAS; ALMEIDA, 1998). Esta patologia resulta de uma alteração óculo-motora que impede a fixação bifoveal. A intervenção cirúrgica está indicada para a maioria dos casos com desvios acima de  $15\Delta$  (quinze dioptrias prismáticas). Existem basicamente dois tipos de procedimentos cirúrgicos. No primeiro tipo, podem ser feitos recuos milimétricos da posição original do músculo ocular, ressecção de uma parte dele ou mesmo suturas. Já no segundo, realizam-se ressecções milimétricas do comprimento do músculo ocular, reposicionamento anterior da inserção e pregueamento do tendão muscular. Estes procedimentos são realizados em um ou mais músculos oculares, dependendo do tipo de estrabismo que o paciente apresenta.

É evidente que os avanços da tecnologia móvel melhoram o acesso e auxiliam os profissionais da saúde no diagnóstico e tratamento das patologias. Já existem diversas aplicações oftalmológicas disponíveis e que transformam os smartphones em dispositivos médicos sofisticados (ZVORNICANIN et. al., 2014), porém, essa não é uma realidade dentro da subespecialidade estrabismo, o que dificulta o diagnóstico precoce e o planejamento de cirurgias de estrabismos.

Entretanto, na literatura é possível encontrar algumas iniciativas. Souza et. al. (2004) modelaram uma rede neural artificial do tipo *backpropagation* para planejar a estratégia cirúrgica em pacientes portadores de estrabismo sensorial com desvio horizontal. Outra ferramenta disponível é o software *Squint Master* (SINGH, 2008), desenvolvido para sugerir o diagnóstico e indicar dose cirúrgica. Diferentemente destas soluções, o aplicativo desenvolvido sugere automaticamente o tipo de procedimento (reco ou ressecção), em qual músculo deve ser realizada a intervenção e o valor em milímetros de reco e/ou ressecção (dose cirúrgica).

O aplicativo oferece, também, a oportunidade de o usuário solicitar a sugestão de plano a outros especialistas, disponibilizando uma terceira opinião, já que o aplicativo fornece a segunda opinião. Por meio dessa colaboração, o aplicativo contribuirá para a melhoria da qualidade do plano cirúrgico elaborado pelos especialistas e, conseqüentemente, para a prevenção de erros do plano previsto, evitando a necessidade de realização de novo procedimento cirúrgico.

Salienta-se informar que o trabalho em questão consiste em uma extensão do artigo anteriormente publicado no Congresso da Sociedade Brasileira de Computação, edição XXXVI (FURTADO et. al., 2016). Apresentamos contribuição, principalmente, na fundamentação teórica e no detalhamento do aplicativo desenvolvido.

Nesse sentido, a seção 2 apresenta uma revisão dos conceitos importantes utilizados. A seção 3 discorre sobre a construção do aplicativo e, finalmente, a seção 4 apresenta as conclusões e os trabalhos futuros.

## 2 Fundamentação Teórica

Esta seção apresenta a fundamentação teórica referente ao enfoque deste trabalho, abordando os conceitos relacionados.

### 2.1 O Estrabismo

O estrabismo pode ser definido como uma interação binocular anormal entre os olhos na qual uma mesma imagem não chega à fóvea<sup>6</sup> de ambos os olhos no mesmo instante de tempo, ou seja, os olhos não fixam a mesma imagem.

O desvio pode permanecer e ser sempre aparente (estrabismo constante), ou pode aparecer e desaparecer (estrabismo intermitente), parecendo normal umas vezes e anormal em outras. Um olho pode olhar em frente enquanto o outro está virado para dentro, para fora, para cima ou para baixo. Em alguns casos, o olho com desvio pode endireitar-se e o olho bom desalinhar-se. O estrabismo é causado pelo desequilíbrio dos músculos oculares ou desalinhamento dos olhos. Sabe-se ainda que pode estar associado a distúrbios neurológicos causados por doenças ou acidentes que alteram o funcionamento dos músculos oculares. Em pelo menos metade dos casos está presente ao nascimento ou surge logo após (LOPES, 2006). Já em adultos, pode estar relacionado à baixa de visão, a problemas vasculares (diabetes e trombose), a traumas musculares e a problemas neurológicos.

O estrabismo pode ser classificado em horizontais: convergente (esotropia) e divergente (exotropia); e verticais: hipertropia e hipotropia. É convergente, quando um olho fixa a imagem e o outro vira para dentro, e di-

6. A fóvea ou mácula é a região de concentração de células cônicas (onde a visão é mais nítida) (JUNQUEIRA, 2000).

vergente, quando se desloca para fora. Na hipertropia, um dos olhos pode girar para cima, e na hipotropia, o olho gira para baixo.

O estrabismo em si não é causa de outros problemas de saúde. Entretanto, em qualquer idade, as pessoas com estrabismos latentes terão queixas de dor de cabeça pelo esforço que fazem para manter os olhos alinhados, quando isso for possível. Outra consequência importante do estrabismo é o torcicolo (chamado de torcicolo ocular), pois, para melhor usar os dois olhos, a pessoa gira ou inclina a cabeça para uma determinada posição.

Existem numerosas técnicas que podem ser aplicadas na correção do estrabismo para estabelecer o equilíbrio muscular e resolver o problema da ambliopia<sup>7</sup>. O tratamento médico comumente utilizado é: prescrição de óculos, realização de exercícios ortóptico e oclusão, obstrução do olho fixador alternando com o outro olho. Quando o tratamento médico não é suficiente, aplica-se o procedimento cirúrgico realizando recuo e/ou ressecções dos músculos oculares alterados.

A grande maioria dos estrabismos exige tratamento cirúrgico para a sua eliminação. Na maior parte das vezes, finalidade deste é apenas estética; isso, entretanto, não diminui a sua importância, visto que a eliminação de um defeito físico, qualquer que seja, especialmente quando localizado nos olhos (principal órgão de relacionamento humano) está intimamente ligada à saúde emocional.

## 2.2 Músculos Oculares

Os músculos oculares são responsáveis pela iniciação, coordenação e conclusão dos movimentos oculares. Em condições normais, os músculos que fazem mover os olhos trabalham de forma coordenada, permitindo uma visão binocular e a noção de profundidade, percepção tridimensional ou estereopsia, uma vez que o cérebro funde as imagens dos dois olhos e as interpreta como uma só.

Já que existem tantas possibilidades para os movimentos oculares, existe um conjunto de músculos, que trabalham de maneira harmoniosa entre si, em um mesmo olho e no seu par conjugado, chamado de músculos oculares extrínsecos, que se dividem em músculos retos e oblíquos.

Em cada olho, os músculos reto medial (RM) e reto lateral (RL) movem o olho para a direita ou esquerda; os músculos reto superior (RS), reto inferior (RI), oblíquo superior (OS) e oblíquo inferior (OI) controlam os movimentos dos olhos para cima e para baixo e de inclinação ou torção dos globos oculares, sendo assim denominados músculos cicloverticais. Para dirigir o olhar para um alvo, é necessário que todos os músculos oculares estejam equilibrados e que trabalhem em conjunto com os músculos do outro olho. Quando estes músculos não funcionam em conjunto, há um desalinhamento, o estrabismo.

A Figura 1 representa o mapa de versões utilizado pelo especialista para avaliar a ação dos músculos oculares nas posições diagnósticas do olhar. As medidas das versões do olho direito (OD) e no esquerdo (OE) são registradas no prontuário do paciente. Para cada olho são aferidas 6 medidas de versões que variam de -4 à +4.

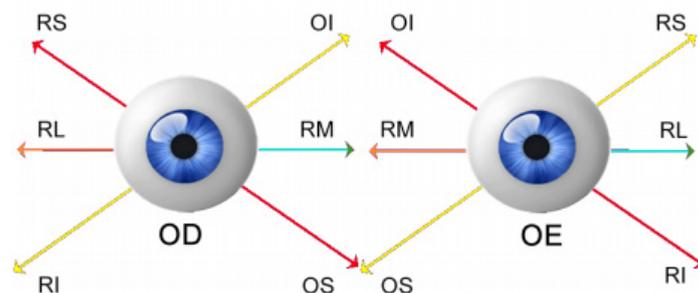


Figura 1 - Mapa de Versões

## 2.3 Plano Cirúrgico

Estabelecer os objetivos prioritários para a cirurgia ajudam na formulação do melhor plano para o paciente. As indicações para um tratamento cirúrgico devem ser baseadas nas necessidades dos pacientes.

A intervenção cirúrgica está indicada para a maioria dos casos com desvios acima de  $15\Delta$ , devido à presença de sinais e sintomas como diplopia<sup>8</sup>, astenopia<sup>9</sup>, torcicolo ocular, nistagmo<sup>10</sup>, redução de campo visual, comprometimento estético estigmatizante e alterações sensoriais (NOEL et. al., 1997).

8. Visão dupla: ocorre quando a imagem de um objeto é formada sobre pontos não correspondentes na retina.

9. Olhos cansados, que ocorrem geralmente quando se realiza um trabalho com olhar fixo a uma distância fixa. Sensação ocular desconfortável.

10. Nistagmo são oscilações repetidas e involuntárias rítmicas de um ou ambos os olhos em algumas ou todas as posições de mirada.

7. Ambliopia, também conhecida como “olhar preguiçoso”, consiste diminuição da acuidade visual de um olho em relação ao outro.

Os fatores envolvidos no planejamento da estratégia cirúrgica em casos de estrabismo são muito complexos, envolvendo tanto a participação do conhecimento científico teórico como a experiência do cirurgião (NOORDEN; CAMPOS, 2001; DIAZ; DIAS, 2002).

Existem basicamente dois tipos de procedimentos cirúrgicos: cirurgias de enfraquecimento dos músculos por meio da diminuição da ação muscular; e cirurgia de aumento da tensão muscular por meio da ressecção do músculo. No primeiro tipo, podem ser feitos recuos da posição original do músculo, ressecção de uma parte dele ou mesmo suturas. Já no segundo, realizam-se ressecções do comprimento do músculo, reposicionamento anterior da inserção e pregueamento do tendão muscular.

Via de regra, no momento da decisão pela operação ou não de um certo músculo do olho, consideram-se os seguintes pontos:

- i. Todo músculo muito fraco ou muito tenso deve ser incluído no planejamento cirúrgico, fazendo-se ressecção (fortalecimento) ou recuo (enfraquecimento);
- ii. Quando há visão boa nos dois olhos, deve-se dividir a cirurgia entre os dois olhos;
- iii. Se não há visão boa, concentra-se a cirurgia em um só olho, na medida do possível.

Para planejar a cirurgia, o especialista normalmente examina o paciente para obter as seguintes informações:

- **Idade;**
- **Tipo de desvio:** ET, XT, HT ou HoT;
- Se já realizou cirurgia de estrabismo anteriormente. É necessário verificar os olhos operados para se considerar no planejamento a quantidade de desvio já operado anteriormente;
- **Acuidade visual (AV).** Este tipo de exame é importante, pois a cirurgia pode ser dividida entre os dois olhos, caso o paciente apresente boa visão;
- **Exame de refração.** Este mede a adequação óptica da retina em relação ao comprimento axial do olho, fornecendo a melhor acuidade visual corrigida para cada paciente. Do exame de refração são obtidas informações sobre o equivalente esférico do grau do paciente;
- **Fixação binocular (FB).** Do exame de fixação binocular o especialista obtém a informação de

qual olho é o fixador. Contudo, o paciente pode, em alguns casos, fixar com ambos os olhos;

- **Exame de fundoscopia (FOI).** Este exame permite a visualização da retina e de seus componentes: vasos, disco óptico e mácula.
- Medida do desvio nas posições primária e secundária do olhar.
- Medida das versões.

O paciente pode apresentar desvios primários ou secundários. A Figura 2 apresenta as posições primária e secundária do olhar.



**Figura 2 - Posições do olhar. Primária: PPO. Secundária: SUPRA, INFRA, DEXTRO, LEVO.**

Fonte: Adaptada de Kirsch (et al., 2007)

O especialista pode tratar desvios horizontais realizando o procedimento cirúrgico em até quatro músculos, nos retos mediais e/ou nos retos laterais. Raramente o especialista opta por operar um ou os quatro músculos. O que normalmente ocorre, na prática, é a cirurgia em dois ou três músculos. Isso ocorre também no tratamento de exotropias. Para decidir quantos músculos serão incluídos no tratamento, o especialista avalia as versões. Ou seja, se um paciente tem um músculo com +4 de versão, provavelmente deverá ser enfraquecido realizando recuo. Outro parâmetro que é avaliado é o tamanho do desvio. Se o paciente possui um desvio muito grande ( $ET \geq 45\Delta$ ), normalmente, operam-se no mínimo três músculos. Existem alguns casos que podem ser resolvidos, por exemplo, operando-se dois ou três músculos. Esta decisão irá depender da experiência ou da escola que o cirurgião segue (GIGANTE et al., 2010).

Para auxiliar o trabalho do especialista durante o planejamento cirúrgico, esta aplicação propõe a indicação automática de planos cirúrgicos através da utilização de técnicas de Aprendizado de Máquina e de Reconhecimento de Padrões.

## 2.4 Reconhecimento de Padrões

As técnicas de Reconhecimento de Padrões (RP) classificam informações (padrões) baseadas ou em conhecimento pré-definido ou em informações estatísticas extraídas dos padrões. Um padrão é tudo aquilo para o qual existe uma entidade nomeável representante, geralmente criada por meio do conhecimento cultural humano (LOONEY, 1997). O objetivo do RP é a classificação (agrupamento das amostras em classes) e o reconhecimento de objetos desconhecidos como pertencentes a uma das classes criadas.

Os sistemas de RP são formados por: um sensor que capta observações a serem classificadas ou descritas; um mecanismo de extração de características que discretiza as observações captadas pelo sensor para formar o vetor de características; e por último um mecanismo de classificação das amostras observadas que depende das características que foram extraídas.

Após a seleção de características de cada objeto da população, a próxima etapa é atribuir um rótulo a cada vetor de características, formando as amostras. Os objetos são rotulados a partir do conhecimento humano. O classificador utiliza as amostras no treinamento. Na fase de treinamento, o classificador tenta gerar assinaturas que melhor distinguem as classes para cada rótulo pertencente ao conjunto de amostras. Esse processo é importante na fase de reconhecimento, que fará uso da assinatura para identificar se novas amostras não treinadas fazem parte de uma população específica.

Este trabalho usa Máquina de Vetor de Suporte para Regressão para realizar a estimativa de um novo plano cirúrgico de acordo com a base de treinamento de planos já classificados.

## 2.5 Máquina de Vetores de Suporte

A Máquina de Vetores de Suporte (SVMs, do Inglês Support Vector Machines), introduzida por Vapnik (VAPNIK, 1998), é um método de aprendizagem supervisionada usado para estimar uma função que classifique dados de entrada em duas classes. A ideia básica por trás das SVMs é construir um hiperplano como superfície de decisão, de tal maneira que a margem de separação entre as classes seja máxima. O objetivo do treinamento por meio das SVMs é a obtenção de hiperplanos que dividam as amostras de tal maneira que sejam otimizados os limites de generalização.

As SVMs são consideradas sistemas de aprendizagem que utilizam um espaço de hipóteses de funções lineares em um espaço de muitas dimensões. Os algoritmos de treinamento das SVMs possuem forte influência da teoria de otimização e de aprendizagem estatística.

A partir de um conjunto de dados cujas classes são conhecidas, algoritmos de AM (Aprendizado de Máquina) podem ser utilizados na indução de um classificador capaz de prever a classe de novos dados do domínio, realizando assim a discriminação desejada.

As SVMs foram desenvolvidas, originalmente, para resolver problemas de classificação, mas Vapnik et al. (1997) as ampliou para solucionar problemas de regressão. Na literatura a terminologia para SVMs pode ser um pouco confusa. O termo SVM é normalmente usado para descrever aplicação de métodos de vetores de suporte para problemas de classificação. Para problemas de regressão, normalmente, utilizam o termo “vetor de suporte para regressão”.

## 2.6 Vetor de Suporte Para Regressão – SVR

O algoritmo do SVR é utilizado para predição de classes numéricas. Em termos práticos, a técnica de regressão é empregada em casos como uma, previsão de volume de vendas de fruta em um supermercado, previsão de temperatura em um dado dia, ou no nosso caso, previsão do valor milimétrico a ser usado na cirurgia.

Diferentemente da proposta utilizada para problemas de classificação, para tratar a regressão o SVR força as amostras a se posicionarem o mais próximo possível do hiperplano ótimo, não importando o lado em que a amostra esteja. Mesmo apresentando propósitos de otimização distintos, seja para classificação ou regressão as SVMs objetivam maximizar a capacidade de generalização. Ou seja, na regressão, o SVR busca construir um hiperplano que melhor se ajuste aos pontos dados, com a definição da função de perda.

O objetivo do SVR é buscar uma função que retorne como saída um valor máximo de desvio  $\epsilon$  em relação aos valores alvos. Ou seja, busca-se uma função com margem de erro. A função de perda insensível introduz variáveis de folga não negativas  $\xi$ , com a finalidade de penalizar dados fora da margem, e é descrita por:

$$|\xi|_{\epsilon} = 0, \quad \text{se } |\xi| \leq \epsilon$$

$$|\xi|_{\epsilon} = |\xi| - \epsilon, \quad \text{caso contrário}$$

Normalmente os problemas a serem resolvidos estão no espaço não linear. Sendo assim, define-se a função de regressão como sendo:

$$f(x) = \sum_{i=1}^l (\alpha_i - \alpha_i^*) K(x, x_i) + b$$

onde  $k(x, x_i) = \phi(x) \cdot \phi(x_i)$ , e os coeficientes  $\alpha_i$ ,  $\alpha_i^*$  e  $b$ , são soluções das equações:

$$\min_{w, b, \xi, \xi^*} \frac{1}{2} \|w\|^2 + C \sum_{i=1}^l (\xi_i + \xi_i^*)$$

sujeito a:

$$y_i - (w \cdot x_i) - b \leq \epsilon + \xi_i$$

$$(w \cdot x_i) + b - y_i \leq \epsilon + \xi_i^*$$

$$\xi_i, \xi_i^* > 0, \forall i = 1 \dots l$$

### 3 Strabismus Mobile

#### 3.1 Metodologia de Desenvolvimento

Para a construção do aplicativo Strabismus Mobile usou-se o modelo de software denominado Desenvolvimento Evolucionário (SOMMERVILLE, 2007). Tal modelo foi escolhido por ser eficaz na produção de sistemas que atendam às necessidades imediatas dos clientes e por proporcionar um *feedback* rápido, por meio de entrega de versões ao cliente durante as etapas de desenvolvimento.

Desse modo, para o desenvolvimento do projeto foram adotadas quatro etapas de maneira iterativa: (1) especificação dos requisitos, (2) modelagem (3) prototipação e (4) validação.

#### 3.2 Especificação dos Requisitos

Os requisitos para o desenvolvimento do aplicativo foram levantados com o médico especialista em estrabismo e ambliopia, que atua no Hospital Universitário da

UFMA. Por meio de perguntas preparadas e/ou espontâneas com as partes interessadas, pode-se avaliar as múltiplas alternativas para chegar a um consenso sobre as ações para a definição do módulo de planejamento cirúrgico.

Conforme o modelo de desenvolvimento utilizado, o levantamento dos requisitos foi realizado a cada entrega de versões (protótipos). De um modo geral, foram definidas as seguintes delimitações:

- A aplicação deverá ser multiplataforma e possuir uma interface intuitiva;
- O método proposto por Almeida et al. (2015) limita-se a pacientes com desvios horizontais (esotropias e exotropias), portanto a indicação automática de um plano será feita apenas para desvios horizontais. Isso não diminui a eficácia da aplicação visto que desvios horizontais são os tipos mais comuns de estrabismos;
- Planos para desvios verticais serão feitos com base na sugestão do próprio especialista;
- Somente o especialista tem o conhecimento necessário para criação de um plano cirúrgico, portanto apenas ele terá acesso à aplicação.

#### 3.3 Arquitetura do Sistema e softwares utilizados

O Aplicativo *Strabismus Mobile* foi desenvolvido com o auxílio da plataforma Qt Creator<sup>11</sup>, usando as Linguagens de Programação QML, JavaScript e C++, com auxílio do suporte de integração fornecido pelo Qt Creator. Usou-se como base, o padrão de projeto de software MVC (SOMMERVILLE, 2007) para garantir qualidade ao produto construído. Além disso, todos os arquivos de imagens, ícones e as definições de cores e métricas foram obtidos do Material Design da Google<sup>12</sup>.

A arquitetura da aplicação está dividida em três camadas, como apresentada na Figura 3. O usuário tem acesso somente à camada de aplicação, onde se encontra o módulo gerenciador do plano cirúrgico, responsável pela manipulação dos planos e organização das informações nas telas da aplicação. A camada de serviços é composta pelos serviços utilizados pelos com-

11. <http://www.qt.io>

12. <https://design.google.com/resources/>

ponentes da camada de aplicação, sendo estes: a ferramenta Qt Creator, o repositório local de arquivos, o módulo de automação e controle do plano cirúrgico e o gerenciador de sincronização. A camada de infraestrutura contém o servidor de banco de dados centralizado e os sistemas operacionais.

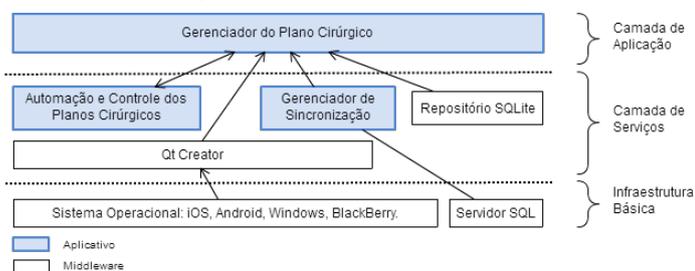


Figura 3 - Diagrama da Arquitetura da Aplicação

Inicialmente, o aplicativo armazena os dados dos planos cirúrgicos gerados em um arquivo local, usando o banco local SQLite<sup>13</sup>. Em versões futuras, esses dados serão armazenados e sincronizados em um único repositório central de dados hospedado em nuvem, utilizando um servidor MySQL<sup>14</sup>, e possibilitando a comunicação e compartilhamento dos planos entre os usuários.

O plano cirúrgico pode ser registrado de duas maneiras: semiautomática, usando a base de planos já realizados; ou manual, baseado na sugestão do próprio especialista. Em ambas, o especialista dependerá dos dados do diagnóstico de cada paciente. Esses dados, provenientes do especialista e do método aqui proposto em Almeida et al. (2015), serão agrupados e submetidos para o algoritmo de aprendizado de máquina supervisionado, cujos regressores estimarão o valor em milímetros de retrocesso (recuo) ou ressecção que se deve operar em cada músculo ocular.

A geração automática dos planos utiliza técnicas de aprendizado de máquina supervisionada. Por conta disso, fez-se necessário obter uma base de dados de prontuários de pacientes que já foram submetidos a procedimentos cirúrgicos. De cada paciente, foram extraídas 23 características: fixação binocular, equivalente esférico direito e esquerdo, desvios das cinco posições diagnósticas, tipo de desvio, acuidade visual e as 12 medidas de versões dos olhos esquerdo e direito. Estas características foram escolhidos conforme relevância da informação para o plano cirúrgico elaborado pelo especialista (ALMEIDA et. al., 2015).

Após passar por um processo de normalização para uma faixa de valores comuns entre -1 e 1, estima-se o plano cirúrgico para cada diagnóstico de paciente utilizando os regressores SVR treinados com os mesmos parâmetros utilizados por Almeida et al. (2015). Esta etapa utiliza a biblioteca LIBSVM<sup>15</sup>.

A Figura 4 apresenta os múltiplos regressores responsáveis pela indicação do plano cirúrgico. No planejamento cirúrgico de desvios horizontais, em cada músculo horizontal o especialista pode realizar recuo ou ressecção. O médico pode escolher de um a quatro tipos de procedimentos, gerando oito possibilidades:

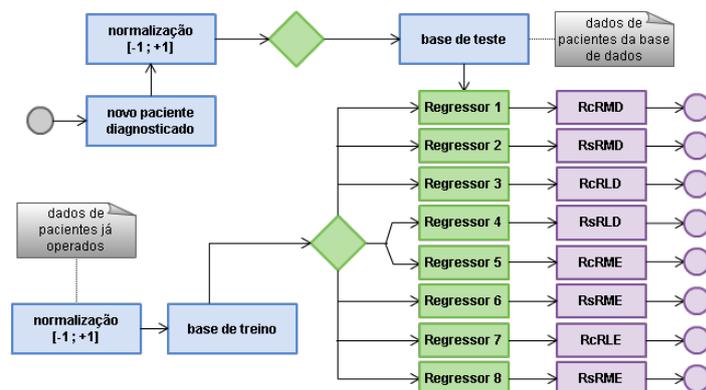


Figura 4 - Arquitetura utilizando múltiplos regressores SVR para estimar o plano cirúrgico.

- recuo do músculo reto medial do olho direito (RcRMD);
- ressecção do músculo reto medial do olho direito (RsRMD);
- recuo do músculo reto lateral do olho direito (RcRLD);
- ressecção do músculo reto lateral do olho direito (RsRLD);
- recuo do músculo reto medial do olho esquerdo (RcRME);
- ressecção do músculo reto medial do olho esquerdo (RsRME);
- recuo do músculo reto lateral do olho esquerdo (RcRLE);
- ressecção do músculo reto lateral do olho esquerdo (RsRLE).

A saída de cada um dos regressores fornece o valor em milímetros de recuo e/ou ressecção que deve ser rea-

13. <https://www.sqlite.org/>

14. <http://dev.mysql.com/>

15. <https://www.csie.ntu.edu.tw/~cjlin/libsvm/>

lizado. Analisando-se todas as saídas, é possível identificar os músculos laterais e mediais de cada um dos olhos que deve ser operado.

A estimação do plano é realizada de forma instantânea.

### 3.4 Descrição do Aplicativo

O *Strabismus Mobile* é um aplicativo desenvolvido com as ferramentas e métodos citados na seção 3.3, de modo a atender aos requisitos da seção 3.2.

Na tela inicial da aplicação, foi definido um botão para controlar o acesso do especialista ao aplicativo (Figura 5a), sendo que, de acordo com os requisitos, o usuário só poderá criar e gerenciar os planos cirúrgicos se estiver devidamente cadastrado (Figura 5b). Caso o especialista já possua um cadastro, basta realizar um *login* que sua sessão ficará salva localmente, não havendo necessidade de um novo *login* toda vez que abrir o aplicativo.

O cadastro é composto por dados básicos do especialista (Figura 5c), como nome, hospital em que atua, CPF, e-mail (que servirá como o *login*) e senha. Qualquer plano gerado no programa estará relacionado ao respectivo usuário.

Após realizar o acesso, o especialista tem a opção de criar um novo plano cirúrgico ou manipular os já armazenados na base local, mesmo para aqueles gerados automaticamente pelo método computacional.



Figura 5 - Telas iniciais da aplicação: (a) Tela inicial, (b) Acesso à aplicação, (c) Cadastro do especialista

A ordem em que os campos são dispostos na tela seguem a mesma ordem que geralmente os especialistas utilizam em seus consultórios, porém, no aplicativo o usuário tem opção de navegar livremente entre as abas “Paciente”, “Exames”, “Posições”, “Versões” e “Plano”, assim como, preencher os campos na ordem desejada. Alguns desses dados já veem pré-selecionados, normalmente são dados *default* armazenados no banco de dados e usados com maior frequência pelos especialistas.

As Figuras 6 e 7 mostram as telas onde são preenchidos os campos do diagnóstico, obrigatórios para a obtenção do plano. Na tela da Figura 6a, o especialista cadastra um novo paciente, ou busca-o caso já tenha realizado o cadastro deste, podendo assim, reutilizar os dados do último diagnóstico e plano do paciente.

Na tela da Figura 6b, o especialista precisa inserir os seguintes dados: a idade do paciente, que pode ser um valor inteiro ou real, por exemplo, uma criança com 1,3 anos (1 ano e 3 meses); selecionar o olho fixador (OD, OE ou ambos); selecionar a fixação binocular que, por *default*, vem com a opção “Alterna bem”, porém, pode assumir outros valores como “Alterna preferindo olho X”, “Prefere olho X podendo alternar” e “Fixa com olho X”; acuidade visual, valor real com uma casa decimal que representa o nível de “nitidez” com que o olho consegue enxergar; e, por fim, os valores de refrações, grau cilíndrico e esférico, valores reais, e eixo visual, valor inteiro que varia de 0 à 360 e por *default* 180.

As medidas das posições do olhar, Figura 7a, são valores inteiros que variam de 0 à 100, possuindo 0 como *default*. Para facilitar, o especialista pode selecionar o tipo de desvio e inserir o valor da posição primária (PPO) e depois repetir para as posições secundárias (SUPRA, INFRA, LEVO E DEXTRO).

As medidas das versões, Figura 7b, são valores já pre-definidos para as versões que variam de -4 à +4.

Na aba “Plano”, apresentada na Figura 8, o usuário preenche as informações adequadas para o procedimento cirúrgico, definindo o músculo ocular, o tipo de cirurgia, a medida e o olho. A quantidade mínima de procedimentos a serem realizados é 1, e a máxima, 4.

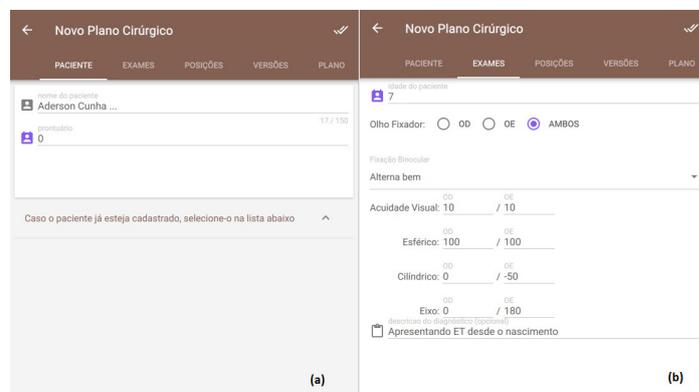


Figura 6 - Telas de cadastro de um novo plano: (a) Dados referentes ao paciente. (b) Dados do diagnóstico composto por exames de refrações, AC etc.

**Figura 7 - Telas de cadastro de um novo plano: (a) Dados das posições do olhar em PPO, INFRA, SUPRA, LEVO e DEX-TRO. (b) Dados das versões do OD e OE.**

Um mesmo paciente pode ter tantos planos cirúrgicos quantos forem necessários para que o especialista tenha certeza de qual intervenção cirúrgica realizar. Em seu auxílio, poderá criar um plano automaticamente, clicando em “Visualizar plano automático” como mostrado na Figura 8, com isso, pode-se comparar se o seu procedimento é parecido com o sugerido pelo aplicativo.

**Figura 8 - Tela dos dados do plano cirúrgico.**

A Figura 9 mostra o resultado estimado pelos regressores por meio do método automático.

Se tudo estiver de acordo, basta salvar o plano cirúrgico clicando no botão de *check* localizado na barra superior, Figura 8.

**Figura 9 - Tela de notificação exibindo os valores estimados pelos regressores.**

## 4 Considerações Finais

Este trabalho apresentou uma ferramenta para gerenciar planos de cirurgia de estrabismo, servindo tanto para auxiliar o especialista como para treinar profissionais da oftalmologia e médicos residentes, uma vez que estes últimos poderão utilizar os planos indicados pelo aplicativo ou o plano sugerido em colaboração por outro especialista como um tira-provas.

Certamente, por ser uma versão inicial, podem-se antever diversas melhorias em versões futuras do aplicativo. Por exemplo, a integração com banco de dados em nuvem e, conseqüentemente, a atualização das informações em tempo real, permitindo, assim, a comunicação entre os especialistas e demais usuários do sistema. Citem-se ainda a inclusão e a integração com módulo de diagnóstico automático do estrabismo em imagens para fornecer as medidas do desvio, tipo de estrabismo e olho fixador.

Por fim, vale destacar que após a realização dos devidos testes qualitativos e de validação do aplicativo, este poderá ser utilizado nos mais diversos centros oftalmológicos. A utilização do aplicativo nestes centros poderá contribuir para uma melhor gestão dos recursos financeiros. Faz-se a ressalva de que o obje-

tivo não é substituir o especialista, mas oferecer-lhe suporte por meio de outras opiniões na elaboração do plano cirúrgico.

## Referências

- DE ALMEIDA, J. D. S. et al. Surgical planning for horizontal strabismus using Support Vector Regression. *Computers in biology and medicine*, v. 63, p. 178-186, 2015.
- SOUZA-DIAS, C. R.; ALMEIDA, H. C. *Estrabismo*. Conselho Brasileiro de Oftalmologia. São Paulo: Rocca, p. 12-128, 1998.
- ZVORNICANIN, E.; ZVORNICANIN, J.; HADZIEFENDIC, B. The use of smart phones in ophthalmology. *Acta Informatica Medica*, v. 22, n. 3, p. 206, 2014.
- JUNQUEIRA, L. C. et al. *Histologia básica*. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2000.
- LOPES, A. C. *Diagnóstico e tratamento*. Barieri/SP: Editora Manole Ltda, 2006.
- NOEL, L. P. et al. Retinal perforation in strabismus surgery. *Journal of pediatric ophthalmology and strabismus*, v. 34, n. 2, p. 115-117, 1997.
- NOORDEN, G. V.; CAMPOS, E. *Binocular vision and ocular motility: theory and management of strabismus*. [S.l.]: Mosby Inc, 2001.
- DIAZ, J. P.; DIAS, C. S. *Cirurgia do estrabismo. Estrabismo*. 4. ed. São Paulo: Livraria Santos Editora, p. 465-514, 2002.
- VAPNIK, V. *Statistical learning theory*. New York: Wiley-Interscience, 1998.
- VAPNIK, V. et al. Support vector method for function approximation, regression estimation, and signal processing. *Advances in neural information processing systems*, p. 281-287, 1997.
- LOONEY, C. G. *Pattern recognition using neural networks: theory and algorithms for engineers and scientists*. Oxford University Press, Inc., 1997.
- SOMMERVILLE, I. *Engenharia de Software*. 8. ed. São Paulo: Pearson Addison-Wesley, v. 22, p. 103, 2007.
- SOUZA, M. B. et al. Uso da rede neural artificial no planejamento cirúrgico da correção do estrabismo. *Arq Bras Oftalmol*, v. 67, n. 5, p. 459-62, 2004.
- SINGH, S. *SquintMaster Software*. 2008. Disponível em: <<http://www.squintmaster.com>>. Acesso em: 08 jun. 2012.
- FURTADO, I. T. C.; DE ALMEIDA, J. D. S.; TEIXEIRA, J. A. M.; BRAZ JUNIOR G., Aplicativo Multiplataforma para Planejar Cirurgias de Estrabismo. In: WORKSHOP DE INFORMÁTICA MÉDICA (WIM 2016). 16., 2016. Porto Alegre. *Anais...* Porto Alegre/RS, 2016. p. 2625-2628.
- KIRSCH, D.; LIMA, C.; YAMAMOTO, M.; ANDRADE, E.; PEREZ, M. Síndrome de brown bilateral associada com hiper mobilidade articular benigna: relato de caso. *Arquivos Brasileiros de Oftalmologia*, SciELO Brasil, v. 70, n. 2, p. 360-2, 2007.
- GIGANTE, E.; EDSON, H.; BICAS, A. Cirurgia monocular para esotropias de grande ângulo: histórico e novos paradigmas. *Arquivos Brasileiros de Oftalmologia*, SciELO Brasil, v. 73, n. 4, p. 379-83, 2010.