

HENRIQUE AMARAL BINATO

**DIAGNÓSTICO RADIOGRÁFICO DAS PNEUMONIAS NA INFÂNCIA: UM ESTUDO
UTILIZANDO O *MOBILE EYE TRACKING* E TÉCNICAS DE INTELIGÊNCIA
ARTIFICIAL**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Ciências da Saúde, para obtenção do título de *Magister Scientiae*.

VIÇOSA – MINAS GERAIS
2018

**Ficha catalográfica preparada pela Biblioteca Central da Universidade
Federal de Viçosa - Campus Viçosa**

T

B612d
2018

Binato, Henrique Amaral, 1985-

Diagnóstico radiográfico das pneumonias na infância : um estudo utilizando o *mobile eye tracking* e técnicas de inteligência artificial / Henrique Amaral Binato. – Viçosa, MG, 2018.
xiii, 80 f. : il. (algumas color.) ; 29 cm.

Inclui apêndices.

Orientador: Rodrigo Siqueira Batista.

Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Viçosa.

Inclui bibliografia.

1. Pneumonia. 2. Tórax - Radiografia. 3. Rastreamento médico. 4. Inteligência artificial. I. Universidade Federal de Viçosa. Departamento de Medicina e Enfermagem. Programa de Pós-Graduação em Ciências da Saúde. II. Título.

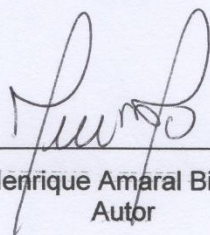
CDD 22. ed. 616.241

HENRIQUE AMARAL BINATO

**DIAGNÓSTICO RADIOGRÁFICO DAS PNEUMONIAS NA INFÂNCIA: UM
ESTUDO UTILIZANDO O *MOBILE EYE TRACKING* E TÉCNICAS DE
INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL**

Dissertação apresentada à
Universidade Federal de Viçosa,
como parte das exigências do
Programa de Pós-Graduação em
Ciências da Saúde, para obtenção do
título de Magister Scientiae.

APROVADA. 31 de julho de 2018.



Henrique Amaral Binato
Autor

Rodrigo Siqueira Batista
Orientador

À Raphaela, o maior amor possível.

AGRADECIMENTOS

Primeira e fundamentalmente agradeço à Raphaela, meu ídolo, minha esposa, amiga, companheira, incentivadora, revisora e fonte de toda a minha inspiração e força para começar, percorrer e terminar esse caminho. Poucos tem a sorte de encontrar no grande amor da vida, a paz e a sabedoria que ela me traz.

Aos meus pais Hugo e Maria Terêsa que compreenderam meus momentos de ausência e poucas palavras e pela certeza inequívoca de que sempre estarão orgulhosos de mim, não importam os resultados.

À Maria Clara, minha irmã, que sempre teve a palavra certa, na hora certa para me mostrar os quão unidos e sintonizados sempre estivemos.

Aos meus avós Amaral (que lá de cima me guia e me orienta), Norma, Hugo e Yone; fontes de carinho e amor inesgotáveis.

À Clarinha, minha filha, que veio me mostrar que a capacidade de amar sempre se renova e; por toda uma vida de amor, respeito, ensinamentos e cumplicidade que teremos!

Aos meus tios, tias, primas e primos, que sempre vibraram com as minhas conquistas, como se deles as fossem!

Ao Professor Rodrigo Siqueira Batista e sua família; mais do que orientador: grande amigo e parceiro. Sem dúvidas um dos seres humanos mais generosos que eu conheço. Me abriu as portas para o estudo da Filosofia, da Inteligência Artificial e, sobretudo, me mostrou, sempre com palavras, ideias e ações, o quanto seria importante investir na minha carreira acadêmica, indicando sempre o caminho da ciência e da ética como instrumentos fundamentais no exercício da Medicina e da docência; muito obrigado, querido amigo!

Ao Rafael e à Fran; meus primos que partilham sonhos, viagens, alegrias, tristezas e de que quebra ainda foram meus conselheiros nos momentos mais importantes dessa dissertação.

Aos meus sogros Andrea e Tadeu e ao meu cunhado Zé; família que eu ganhei e que hoje, não sei mais viver sem eles.

Aos amigos que a vida me trouxe e eu não deixarei jamais escapar, os quais não caberiam nesse agradecimento, mas o faço nas figuras do Moreira, da Nanda,

Tulinho e Camila; Batoré, Dillon, Ghetti e Biroi; refúgios e parcerias nas boas e nas más.

A todos os alunos, da UFV e FADIP com os quais tive o prazer de conviver, a honra de ensinar e a dádiva de aprender.

Ao amigo e colega médico Samuel Pereira, que não só gentilmente forneceu as imagens e participou do estudo, mas também sempre esteve como grande incentivador desse projeto.

Aos queridos amigos Thiany e Marcelo que fizeram das incontáveis idas e vindas a Viçosa um caminho de alegria, sorrisos e mútuo apoio.

Agradeço fraternalmente ao Daniel Fernandes, do Departamento de Informática da UFV pela ajuda imensurável nas análises estatísticas e da Inteligência Artificial; sem ele os resultados do trabalho simplesmente não aconteceriam.

Ao Caíto pela colaboração na coleta e análise dos vídeos e aos estudantes que se dispuseram a ajudar participando do estudo.

Aos professores Eugênio Silva e Israel Teoldo, pelo apoio e co-orientação no trabalho.

À Universidade Federal de Viçosa, mantida com o trabalho do povo brasileiro, ao qual espero devolver alguma coisa do que em mim foi investido.

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES) – Código de Financiamento 001.

*“Coragem, coragem se o que você quer é aquilo que pensa e faz.
Coragem, coragem, eu sei que você pode mais!” (Raul Seixas)*

SUMÁRIO

LISTA DE ABREVIATURAS.....	viii
LISTA DE TABELAS	ix
LISTA DE FIGURAS.....	x
RESUMO	xi
ABSTRACT.....	xii
APRESENTAÇÃO	xiii
CAPÍTULO 1.....	1
INTRODUÇÃO.....	1
Contextualização	1
<i>Mobile Eye Tracking</i>	5
Inteligência Artificial: Conceitos, Paradigmas e Técnicas	7
OBJETIVOS.....	11
Objetivo geral.....	11
Objetivos específicos.....	11
CAPÍTULO 2.....	12
MÉTODOS.....	12
Metodologia da Revisão Bibliográfica	12
Metodologia da Pesquisa Empírica.....	13
Participantes da pesquisa.....	13
Seleção dos exames radiográficos.....	14
Procedimentos de coleta de dados	14
Análise Estatística	16
Análise utilizando técnicas de IA.....	16
Elaboração do produto final	17
Aspectos éticos.....	17
CAPÍTULO 3.....	19
DIAGNÓSTICO RADIOGRÁFICO DAS PNEUMONIAS NA INFÂNCIA	19
Introdução.....	19
Métodos	20
Resultados e discussão.....	21
Considerações finais	28

Referências.....	29
CAPÍTULO 4.....	32
A AVALIAÇÃO RADIOGRÁFICA E O DIAGNÓSTICO DE PNEUMONIA NA INFÂNCIA: UM ESTUDO UTILIZANDO O MOBILE EYE TRACKING E TÉCNICAS DE INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL	32
Introdução.....	32
Métodos	34
Participantes da pesquisa.....	34
Seleção dos exames radiográficos	34
Procedimentos de coleta de dados.....	35
Análise estatística	37
Análise utilizando técnicas de Inteligência Artificial.....	37
Aspectos éticos	39
Resultados e discussão.....	40
Avaliação da qualidade do filme radiográfico	40
Presença de alterações radiográficas compatíveis com pneumonia adquirida na comunidade.....	40
Rastreamento da movimentação ocular.....	41
Pupilometria	42
Resultados da investigação utilizando as técnicas de Inteligência Artificial.....	44
Conclusões e perspectivas futuras	48
Referências.....	49
CAPÍTULO 5.....	52
SUGESTÃO DE ROTEIRO PARA ENSINO DA AVALIAÇÃO DE RADIOGRAFIAS DE TÓRAX.....	52
Referências.....	56
CAPÍTULO 6.....	59
CONSIDERAÇÕES FINAIS	59
Recomendações para pesquisas futuras.....	60
REFERÊNCIAS	62
Referências da Introdução e dos métodos	62
ANEXOS E APÊNDICES	66

LISTA DE ABREVIATURAS

ABP:	Aprendizagem Baseada em Problemas
AIO:	Áreas de Interesse Ocular
AIV:	Áreas de Interesse Visual
AM:	Aprendizagem de Máquina: AM
APS:	Atenção Primária à Saúde
CFS:	<i>Correlation-based Feature Selection</i>
DeCS:	Descritores em Ciências da Saúde
IA:	Inteligência Artificial
IG:	<i>InfoGain</i>
KDD:	<i>Knowledge Discovery in Databasis</i>
MD:	Mineração de Dados
OMS:	Organização Mundial da Saúde
PAC:	Pneumonias Adquiridas na Comunidade
PCR:	Reação de Cadeia de Polimerase
PRISMA:	Principais Itens para Relatar Revisões Sistemáticas e Metanálises
RNA:	Redes Neurais Artificiais
SMO:	<i>Sequential Minimal Optimization</i>
SUS:	Sistema Único de Saúde
SVM:	<i>Support Vector Machine</i>
TCLE:	Termo de Consentimento Livre e Esclarecido
UFV:	Universidade Federal de Viçosa
VPN:	Valor Preditivo Negativo
VPP:	Valor Preditivo Positivo
VSR:	Vírus Sincicial Respiratório
WEKA:	<i>Waikato Environment for Knowledge Analysis</i>

LISTA DE TABELAS

CAPÍTULO 3

TABELA 1 – Descrição das Áreas de Interesse Visual	36
TABELA 2 – Concordância da avaliação radiográfica entre estudantes e especialista.....	40
TABELA 3 – Tempo total de análise das radiografias	41
TABELA 4 – Distribuição do número de fixações, duração total das fixações e média de duração das fixações por imagem dos participantes.....	42
TABELA 5 – Média, desvio-padrão e valores de p na imagem 12.....	42
TABELA 6 – Média do diâmetro pupilar geral dos participantes	43
TABELA 7 – Taxas de acerto dos algoritmos para a imagem 6.....	46
TABELA 8 – Taxas de acerto dos algoritmos para a imagem 3.....	48

PRODUTO FINAL

TABELA 1 - Áreas de interesse visual utilizadas no estudo.....	61
--	----

LISTA DE FIGURAS

CAPÍTULO 1

Figura 1 - Figura 1 - Mobile Eye Tracking-XG® (Applied Science Laboratories, Bedford, MA, EUA).....6

Figura 2 - Frame de cena avaliada com o uso do Mobile Eye Tracking XG®6

Figura 3 - Modelo de Rede Neural Artificial multicamadas, de acordo com Siqueira-Batista et al. (2014) 10

CAPÍTULO 2

Figura 1 - Fluxograma de seleção bibliográfica de acordo com o método PRISMA.....
..... 13

Figura 2 - Estrutura de seleção dos participantes e radiografias 14

CAPÍTULO 3

Figura 1 - Fluxograma de seleção bibliográfica de acordo com o método PRISMA.....
.....21

Figura 2 - Radiografia de tórax evidenciando acentuação bilateral das marcas intersticiais peribroncovasculares, compatíveis com processo pneumônico viral. Imagem gentilmente cedida pelo Professor Samuel Alves Costa Pereira – Departamento de Medicina e Enfermagem – Universidade Federal de Viçosa, MG - Brasil.....26

Figura 3 - Imagem radiográfica revelando múltiplas consolidações alveolares em ambos os campos pleuro-pulmonares. Imagem gentilmente cedida pelo Prof. Samuel Alves Costa Pereira – Departamento de Medicina e Enfermagem – Universidade Federal de Viçosa, MG - Brasil28

CAPÍTULO 4

Figura 1 - Estrutura de seleção dos participantes e radiografias35

Figura 2 - Modelo simplificado do processamento de extração de conhecimento de uma base de dados, proposta por Fernandes (2018)39

Figura 3 - Média do diâmetro pupilar dos participantes - radiografia 144

Figura 4 - Comparação das médias do diâmetro pupilar dos participantes durante a cena 1, de acordo com a classificação entre normal e alterada45

RESUMO

BINATO, Henrique Amaral, M.Sc., Universidade Federal de Vicosa, julho de 2018. **Diagnóstico radiográfico das pneumonias na infância: um estudo utilizando o *mobile eye tracking* e técnicas de inteligência artificial.** Orientador: Rodrigo Siqueira Batista. Coorientadores: Eugênio da Silva e Israel Teoldo da Costa.

As pneumonias são uma das principais causas de morbidade e mortalidade em crianças, especialmente em países em desenvolvimento. Não é incomum que um diagnóstico tardio possa revelar um desfecho trágico. Sinais e sintomas não são sempre suficientes para o diagnóstico correto, portanto, a radiografia de tórax se torna uma ferramenta fundamental em todo o processo. No entanto, não existe um modelo padronizado para análise de radiografias de tórax em crianças, o que pode levar a múltiplas interpretações da mesma imagem, portanto, um possível erro na prescrição de medicamentos antimicrobianos. Este estudo observacional teve como objetivo rastrear os movimentos oculares e o comportamento pupilar de um radiologista e cinco estudantes de medicina que não tinham treinamento em radiologia e comparar os dois grupos. Para a tarefa de rastreamento ocular foi utilizado um dispositivo de rastreamento ocular móvel colocado em todos os participantes que analisaram 12 radiografias previamente selecionadas contendo ou sem características radiográficas compatíveis com pneumonia adquirida na comunidade em crianças entre zero e doze anos de idade. Para a análise foram utilizadas técnicas de inteligência artificial contidas na plataforma WEKA[®]. Os resultados mostram que o comportamento pupilar foi significativo na tomada de decisão diagnóstica e, quando a radiografia estava normal, o padrão de movimento ocular também era estatisticamente significativo. Os algoritmos mostraram uma taxa muito boa em precisão e sensibilidade em dados de aprendizagem, com vista ao diagnóstico correto de pneumonia em crianças.

ABSTRACT

BINATO, Henrique Amaral, M.Sc., Universidade Federal de Vicosa, July, 2018. **Radiographic diagnosis of childhood pneumonia: a study using mobile eye tracking and artificial intelligence techniques.** Adviser: Rodrigo Siqueira Batista. Co-advisors: Eugênio da Silva and Israel Teoldo da Costa.

Pneumonia are a major cause of morbidity and mortality in children, specially in developing countries. It is not uncommon that late or wrong diagnosis may reveal a tragic outcome. Signs and symptoms are not enough to correctly diagnosis, thus the chest radiography becomes a fundamental tool all over the process. However, there is not a standardized model for analysing chest x-rays in children, what may lead to multiple interpretations of the same image, therefore a possible error in prescribing antimicrobial medications. This observational study aimed to track the ocular movements and pupillary behavior of one radiologist and five medical students, wich had no training in radiology and compare both groups. For the eye tracking task was used a mobile eye tracking device placed in all participants who analysed twelve previously selected x-rays containing or nor radiographic features compatible with community-acquired pneumonia in children between zero and twelve-year-old. For the analysis were used artificial intelligence techniques contained at the WEKA[®]. The results show that the pupillary behavior was significant in the diagnostic decision making and, when the radiography was normal, the pattern of ocular movement was also statistically significant. The algorithms showed very good rate in accuracy and sensitivity in learning data with a view to the correct diagnosis of pneumonia in children.

APRESENTAÇÃO

A presente dissertação foi elaborada de acordo com as normas estabelecidas pela Pró-Reitoria de Pesquisa e Pós-Graduação da Universidade Federal de Viçosa – UFV. O corpo do trabalho compreende uma introdução geral, objetivo geral e específicos, dois artigos científicos, um produto final (Proposta revisada de protocolo para auxílio no ensino da análise de radiografias de tórax nos cursos de graduação em Medicina), considerações finais e referências bibliográficas. O artigo intitulado “A Avaliação Radiográfica e o Diagnóstico de Pneumonia na Infância: Um Estudo Utilizando *Mobile Eye Tracking* e Técnicas de Inteligência Artificial” foi submetido ao *International Journal of Medical Informatics* (Qualis B1 – Medicina I).

Capítulo 1

INTRODUÇÃO

Contextualização

As doenças respiratórias são a maior causa de internação hospitalar em crianças de zero a quatro anos, atendidas pelo SUS no Brasil¹. Em um contexto global, no ano de 2013, tais condições responderam por mais de mais de 900 mil mortes infanto-juvenis ao redor do mundo². Ademais, as doenças respiratórias representam o maior fator de impacto nos gastos hospitalares com crianças no Brasil³. Mais de 99% das mortes pediátricas por pneumonia ocorrem em países com baixos índices de desenvolvimento socioeconômico⁴.

Dentre as moléstias respiratórias, merecem destaque as PAC, as quais consistem em um grupo de enfermidades causadas por múltiplos agentes etiológicos, de alta incidência na população pediátrica, desde os recém-nascidos, até os adolescentes⁵. O grupo de doenças respiratórias pediátricas apresenta grande similaridade clínica em sua apresentação inicial, comprometendo, por vezes, o estabelecimento do diagnóstico diferencial. Embora sejam condições mórbidas de grande importância clínico-epidemiológica, o diagnóstico clínico das PAC ainda permanece como um desafio a ser vencido por pediatras, pneumologistas pediátricos, médicos da APS, entre outros, especialmente nos serviços de APS, de urgência e de emergência⁶, haja vista que diagnósticos embasados apenas nos sintomas relatados pelo paciente e/ou cuidadores, bem como em achados de exame clínico, falham em ser suficientemente específicos⁷.

No lactente jovem, muitas vezes, a ausência de febre pode postergar o diagnóstico de PAC, bem como, a associação entre febre, tosse e sintomas de vias aéreas superiores pode levar ao falso diagnóstico da entidade nosológica⁵; essa contextualização é importante, ao se considerar que o diagnóstico precoce correto pode reduzir em até 42% o número de mortes por pneumonia⁴.

Embora os exames microbiológicos sejam capazes de apontar, com precisão, a etiologia da infecção, tais testes apresentam baixas taxas de positividade, além de não estarem disponíveis em todos os níveis de atendimento, especialmente nas unidades de APS e nos serviços de urgência⁸. Recente metanálise mostrou

positividade inferior a 6% nas hemoculturas colhidas em crianças internadas com o diagnóstico de PAC⁹, dado que acorda com outro estudo brasileiro¹⁰.

Metanálise publicada no periódico Lancet, em 2015, evidenciou que nenhuma característica clínica pode ser considerada suficientemente capaz de predizer o diagnóstico de pneumonias que foram radiologicamente confirmadas, tendo a frequência respiratória > 50 irpm sido encontrada como sinal mais correlato com o diagnóstico.¹¹

O exame de escolha na avaliação complementar das PAC, em Pediatria, é a radiografia de tórax, a qual deve ser realizada em todos os pacientes com suspeita clínica da doença^{5,12}. Embora seja um método de excelente valor para o diagnóstico diferencial entre as PAC e outras infecções das vias aéreas inferiores, não há, ainda, um consenso definido acerca da interpretação radiológica dos exames. Um estudo brasileiro do ano de 2003 apontou índice *kappa* de concordância interobservadores (radiologistas pediátricos, pneumologistas pediátricos e pediatras) apenas moderado à avaliação de radiografias de tórax de crianças com infecções de vias aéreas com acometimento pulmonar¹³. Ressalta-se que mesmo em países nos quais há *guidelines* nos quais a recomendação, em linhas gerais, é para a não-realização da radiografia de tórax para a totalidade dos pacientes com suspeita de PAC, o número de exames realizados nestes cenários ultrapassa os 90%¹⁴.

Embora outros métodos radiológicos sejam empregados com frequência e com resultados satisfatórios, tais como a Ultrassonografia e a Tomografia Computadorizada do Tórax, especialmente no diagnóstico e na avaliação de complicações como derrames pleurais e abscesso pulmonares, estes exames requerem não apenas grandes investimentos em infraestrutura, mas também a presença de especialistas em diagnóstico por imagem. Tais demandas acabam por inviabilizar o uso destas tecnologias em larga escala, especialmente em locais com poucos recursos e a não disponibilidade de pessoal adequadamente treinado.^{15,16}

Não obstante, não apenas o diagnóstico das PAC não apresenta critérios precisos, mas também a diferenciação clínico-radiológica entre pneumonias virais e bacterianas se constitui em um grande muro a ser transposto por aqueles que se encontram diante de casos nos quais a conduta terapêutica depende de tal esclarecimento⁸. Nesse sentido, Khapamirad (1987) traz, em artigo seminal, uma proposta de pontuação baseada em critérios clínicos, laboratoriais e radiológicos para

a diferenciação entre pneumonias de etiologia viral e bacteriana, o qual tem sido utilizado na tentativa da padronização do diagnóstico das PAC¹⁷. Alguns estudos científicos procuraram validar critérios objetivos para facilitar a diferenciação etiológica das PAC, porém, apesar de gerarem avanços, foram concordantes em concluir que maiores informações se faziam necessárias para lograr êxito em tal tarefa^{9, 10}.

O fato descrito no estudo de Sarria *et al.* (2003)¹³, o qual abre a primeira via de discussão do assunto na literatura brasileira vem sustentar a necessidade do enfoque, no ensino médico, de novos métodos de avaliação radiológica, a fim de uma tentativa de padronizar a avaliação das radiografias de tórax, não só para as PAC, mas para outras infecções das vias aéreas inferiores, no âmbito de estudo na radiologia do tórax em pediatria.

A falta de padronização na interpretação das radiografias de tórax, dificultando a elucidação diagnóstica das PAC na infância, aumenta o sobre-diagnóstico e, por conseguinte, o número de prescrições desnecessárias de antimicrobianos. Cherian *et al.* (2005), na tentativa de padronizar a interpretação de radiografias de tórax em crianças com pneumonia, com fins de estudos epidemiológicos, obtiveram índices de concordância entre 0.65 e 0.73 quando comparados clínicos e radiologistas. Cabe a ressalva: nesse estudo, o grupo de clínicos diagnosticou maior número de pneumonias quando comparado com radiologistas¹⁸.

O diagnóstico de PAC na ausência da doença é um fator contribuinte para a elevação do número de prescrições desnecessárias de antimicrobianos, se tornando um fator de risco determinante para o aumento dos níveis de resistência bacteriana não só para as PAC, bem como para outras infecções do trato respiratório¹⁹. Mesmo na ausência de um padrão para análise radiográfica e consequente diagnóstico, o uso de escores preditivos pode reduzir o número de prescrições de antimicrobianos²⁰. Nelson *et al.* (2016) reportam em seu estudo publicado no *Pediatric Emergency Care*, em 2016, que naqueles casos em que o profissional assistente planejava prescrever antimicrobianos para crianças com baixo grau de suspeição clínica, a realização da radiografia de tórax reduziu o número de prescrições, reafirmando o papel deste teste na contribuição para a racionalização do uso de tais fármacos²¹.

O diagnóstico radiológico correto passa pelo cumprimento de uma rotina de avaliação que inclui não apenas as qualidades da técnica de realização do exame,

mas também a minuciosa análise da anatomia radiológica do tórax, bem como pela uniformização das descrições dos achados radiológicos²². Tal rotina pode ajudar a reduzir o tempo da dúvida diagnóstica, especialmente em países de baixa renda, locais em que ocorrem – virtualmente – 100% das mortes²³.

A composição dos fatores mencionados nos dois parágrafos acima mostra a necessidade do desenvolvimento de ferramentas para a maior acurácia e efetividade no diagnóstico radiológico das doenças do tórax em pediatria, em especial, das PAC. Ademais, as novas ferramentas podem contribuir para o desenvolvimento de novas estratégias pedagógicas na formação médica.

Nesse domínio, destaca-se que as Diretrizes Curriculares Nacionais do Curso de Graduação em Medicina, publicadas pelo Ministério da Educação em 2014, frisam em sua seção I “Da Atenção à Saúde”, artigo 5º, parágrafo V que o estudante de Medicina deve ter “*segurança na realização de processos e procedimentos, referenciados nos mais altos padrões da prática médica, de modo a evitar riscos, efeitos adversos e danos aos usuários, a si mesmo e aos profissionais do sistema de saúde, com base em reconhecimento clínico-epidemiológico, nos riscos e vulnerabilidades das pessoas e grupos sociais.*”²⁴. Ademais, artigo publicado por Gomes e Rego (2011) propõe uma reflexão profunda sobre os métodos de ensino-aprendizagem na formação médica, o que vem ao encontro da aplicabilidade das novas tecnologias disponíveis²⁵, tais como, o uso de peças cinematográficas (filmes, documentários, e outros), a Aprendizagem Baseada em Problemas (ABP), bem como o uso de tais métodos para a produção e a socialização do conhecimento, estando listados dentre estas, os aparelhos de leitura de movimento ocular, já utilizados em estudos para auxílio de tomada de decisão em bioética²⁶.

A atual literatura traz à tona estudos comprovadores no que tange ao uso da aplicação de técnicas de inteligência artificial (IA) para auxílio no diagnóstico em várias áreas da saúde humana e, conseqüentemente nas doenças respiratórias em pediatria. Isto posto, faz-se mister a busca pela padronização no ensino da interpretação de um método propedêutico do alcance e da relevância da radiografia de tórax, não apenas em Pediatria, mas também em outras áreas do conhecimento médico^{26,27,28}.

Com este fim, pode-se lançar mão dos “*eye trackers*”, dispositivos que, ao serem acoplados ao avaliador, permitem definir – através da leitura dos movimentos

oculares, em direção, sentido e no tempo de permanência do globo ocular em determinada área da imagem exposta –, qual (is) é (são) o(s) foco(s) de maior atenção e percepção visual deste avaliador²⁶. Trata-se de um aparelho utilizado para checar o rastreamento ocular que, através de um conjunto de câmeras acopladas a um par de óculos, afere a focalização visual central do indivíduo. Aferições periódicas em determinados intervalos temporais, normalmente entre 40 e 120 milissegundos fornecem o local preciso da visão central, através das imagens de pupila e córnea refletidas de uma fonte de luz infravermelha na superfície córnea, projetada em uma imagem de vídeo do olho^{26,29,30}.

Este dispositivo tem sido utilizado em campos diversos da pesquisa científica em saúde, incluindo a bioética clínica, enfocando a tomada de decisão em aspectos críticos da vida humana, tais como a eutanásia. De fato, estudo conduzido por Siqueira-Batista *et al.* (2015)²⁶, versando sobre o processo decisório em bioética, utilizando o *Mobile Eye Tracking*, concluiu que observadores com os mesmos padrões de focalização visual identificados pelo aparelho, responderam de maneira muito semelhante quando questionados sobre o mesmo tema²⁶. Esses padrões de focalização podem ser automaticamente identificados por meio de técnicas de aprendizagem de máquina (AM) da área de Inteligência Artificial (IA).

Mobile Eye Tracking

O aparelho visual está entre aqueles com maior estágio de desenvolvimento no organismo humano, logo, a percepção visual é, sem dúvidas, um fator decisivo na aquisição de conhecimento em nossa espécie. A atenção visual permite que tudo que é exposto aos olhos seja devidamente filtrado, seja de maneira consciente ou involuntária, de acordo com a interface ambiental do momento²⁹.

Estudos envolvendo o rastreamento dos movimentos oculares foram inicialmente usados na área de marketing e vendas, com o objetivo de identificar variações nos padrões de comportamento de consumidores em função dos pontos de maior interesse em seus campos visuais³¹. Os aparelhos de rastreamento do movimento ocular permitem, o registro dos pontos de estabilidade (fixações) e dos saltos entre as fixações (sacadas)³⁰. As figuras 2 e 3 trazem respectivamente uma fotografia do *Mobile Eye Tracking XG*[®], utilizado neste estudo e um frame de imagem durante utilização do aparelho.

Já é sabido que os modelos educacionais, especialmente aqueles versando sobre tomada de decisão em ambientes clínicos, podem ser beneficiados com o uso de resultados de estudos utilizando as leituras de movimentação ocular pelo *Mobile Eye Tracking*²⁷. O estudo da movimentação ocular é comprovadamente ferramenta útil na avaliação da atividade cerebral momentânea, especialmente quando se trata de processos cognitivos em leitura, análise de cenas e busca visual³².

Desta forma, o *Mobile Eye Tracking* se mostra como uma ferramenta com grande potencial no ensino médico, e, em especial, no que tange à possibilidade de se padronizar a avaliação das imagens radiográficas.



Figura 3 - *Mobile Eye Tracking-XG*® (Applied Science Laboratories, Bedford, MA, EUA).



Figura 4 - Frame de cena avaliada com o uso do *Mobile Eye Tracking XG*®.

Paralelamente a isto, o uso de técnicas de IA pode contribuir sobremaneira para que a análise dos dados computacionais obtidos pelo *Mobile Eye Tracking* reflita com

maior precisão a realidade de atenção visual e movimentação ocular dos envolvidos na pesquisa.

Inteligência Artificial: Conceitos, Paradigmas e Técnicas

A IA tem como pressuposto básico que máquinas podem ter capacidade de aprendizagem, podendo assim, realizar operações complexas de maneira autônoma, tal qual componentes do sistema nervoso animal. Entende-se por AM, como um braço da ciência de inteligência computacional, cujo objeto de estudo é a construção de métodos capazes de extrair conhecimento a partir de bases de amostras de dados³³.

Para isso, basicamente, é necessária a existência de um histórico representativo de observações (entradas) e, a partir dessas entradas, um processo computacional iterativo (algoritmo) se encarrega de encontrar padrões de comportamento entre as observações³⁴. Por definição, algoritmo é uma sequência finita de etapas, cujo objetivo final é a execução de uma determinada tarefa³⁵. O AM pode ocorrer, basicamente, através de dois paradigmas: supervisionado e não-supervisionado. No paradigma supervisionado, há sempre uma unidade externa – à qual se denomina *professor* – que tem por função oferecer um conhecimento do ambiente de dados através da apresentação de exemplos no formato entrada-saída. O aprendizado, neste modelo, se dá pelo treinamento do algoritmo pela apresentação de rótulos de conjuntos, o que irá levar à obtenção do aprendizado de uma função desejada. Já na forma de aprendizado não-supervisionado, não existe a figura do *professor*, sendo que o algoritmo de AM aprende pelo agrupamento das entradas com base em algum tipo de métrica de similaridade³². É necessária ainda uma fase inicial no processamento dos dados, o pré-processamento, na qual características idênticas (ou redundantes) ou outros tipos de inconsistência dos dados podem ser detectadas e eliminadas, facilitando o processo seguinte de aquisição do conhecimento²⁹.

Como exemplo de técnica de aprendizagem não supervisionada, destaca-se o algoritmo *k-means*, amplamente utilizado em várias áreas do conhecimento para identificar padrões de comportamento em geral. A técnica *k-means* consiste na clusterização, ou seja, na identificação de elementos similares que possuam propriedades comuns com fins ao agrupamento e, por consequência, se portarem como pares na geração de respostas às entradas³⁴.

Esta técnica de reconhecimento de padrões por agrupamento de similaridade é amplamente empregada em Mineração de Dados (MD), que é parte do processo de KDD – *Knowledge Discovery in Databases*. A KDD, como o próprio nome sugere, corresponde ao processo de descoberta de conhecimentos em bases de dados, ou seja, à percepção de relações implícitas entre as informações armazenadas em uma base de dados escolhida³⁴. Essas relações são potencialmente úteis para a tomada de decisão e, em geral, não são facilmente identificadas por meio de análise estatística tradicional³⁴.

A MD compreende duas tarefas principais, divididas em previsivas e descritivas. As tarefas previsivas ainda se dividem em classificação e regressão. Para ambos os casos é utilizado o paradigma de aprendizagem supervisionada onde, para cada observação (entrada), conhece-se a sua resposta desejada. Durante o processo de aprendizagem, para cada entrada, a sua resposta desejada é comparada à resposta emitida pelo algoritmo de aprendizagem e, com isso, tem-se uma referência para promover alterações nos parâmetros internos do algoritmo de aprendizagem a fim de melhorar a qualidade da aprendizagem³⁴. A diferença básica entre a classificação e a regressão é que, no primeiro a resposta desejada é sempre um valor discreto (numérico ou simbólico), enquanto que no segundo, a resposta desejada é necessariamente um valor numérico contínuo. As tarefas descritivas, por sua vez, se dividem em agrupamento, associação e detecção de anomalias. Nesses casos prevalece a utilização do paradigma de aprendizagem não supervisionada no qual, para cada entrada não se conhece a resposta desejada. Portanto, os ajustes nos parâmetros internos do algoritmo são efetuados sem que se tenha a mesma referência de antes para avaliar a qualidade da aprendizagem. Na tarefa de agrupamento o que se busca é a construção de grupos de entradas que se enquadram em um mesmo padrão, ou seja, que se assemelham de alguma forma. No caso da associação, o objetivo é encontrar correlações de comportamento entre entradas, enquanto que na detecção de anomalia busca-se por entradas que destoam de um padrão previamente aprendido³⁴.

As referidas técnicas têm sido utilizadas, de forma exitosa, para geração de conhecimento em Medicina. De fato, estudo observacional publicado por Rother *et al.* (2015)³⁶ mostrou que a aplicação de ferramentas de mineração de dados na análise de informações obtidas em questionários, contribuiu para o auxílio no diagnóstico de

doenças graves como fibrose cística e discinesia ciliar primária³⁰. Outro relevante estudo, publicado por Naydenova (2016)⁴, testou a efetividade da aplicação de técnicas de mineração de dados para diagnóstico de pneumonia na infância, utilizando parâmetros clínicos e laboratoriais, obtendo índices de sensibilidade e especificidade acima de 98%. A predição do agente etiológico neste mesmo estudo foi possível com sensibilidade de 82% e especificidade de 89% quando combinadas cinco variáveis, entre clínicas e laboratoriais⁴.

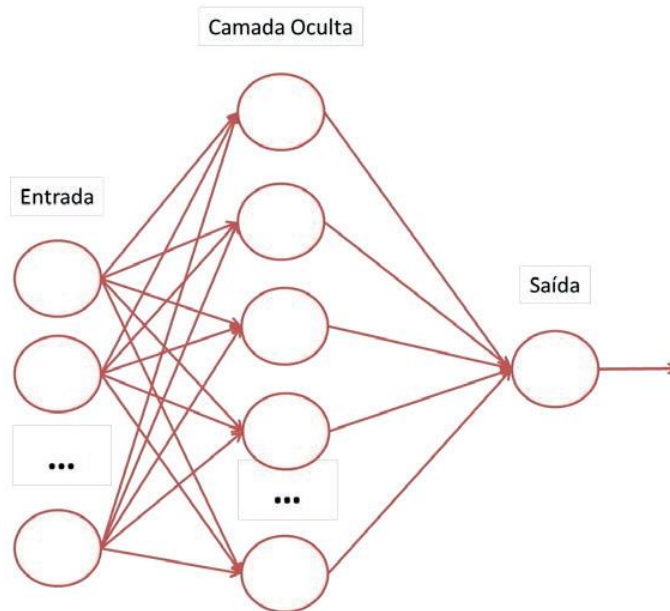
Dentre as técnicas de Aprendizado de Máquina (AM) com aplicabilidade reconhecida nas ciências da saúde, destacam-se as Redes Neurais Artificiais (RNA), que são modelos computacionais cuja estrutura é projetada à semelhança do cérebro humano. As RNA se baseiam em unidades morfofuncionais chamadas neurônios artificiais, dispostos em camadas únicas ou múltiplas e interligados por inúmeras conexões, modelo apresentado na figura 3²⁷.

O que faz possível que as RNA possam contribuir significativamente em situações de dúvidas diagnósticas é sua capacidade de oferecer respostas com bom grau de coerência mediante a apresentação de conjuntos de exemplos, o que é conhecido como generalização²⁷. Isto se dá pela habilidade de uma RNA em, ao receber dados de uma ou mais variáveis (entradas) oferecer respostas (saídas) na forma de possibilidades, ao invés de respostas em classes (positivo/negativo; inclusão/exclusão). Tal característica confere a este modelo a capacidade de ser usado para oferecer possibilidades, riscos, tendências; logo, provando seu valor no uso para auxílio interpretativo em situações clínicas como fatores de risco ou probabilidade de determinada alteração num exame ser compatível com um ou mais diagnósticos²⁷.

Outro modelo computacional largamente utilizado em aprendizagem de máquina são as Máquinas de Vetor de Suporte (SVM). O SVM é um método de AM que tem por características fundamentais separar classes de variáveis através da criação de um hiperplano entre elas³⁷. Para a separação das classes, dados previamente treinados e individualmente assinalados para uma dentre duas categorias são colocados num molde de SVM, o qual encontrará o hiperplano. Este hiperplano é o resultado matemático da transformação dos dados de entrada em um espaço de alta dimensão^{37,38}. Importante característica do SVM é a capacidade de identificação de classes, mesmo numa base amostral curta e com muitas variáveis, o

que o torna deveras útil na resolução de problemas complexos de classificação no campo da bioinformática.

Figura 5- Modelo de Rede Neural Artificial multicamadas, de acordo com Siqueira-Batista et al. (2014)³¹.



Estudos como os de Son *et al.* (2010)³⁸ e Yu *et al.* (2010)³⁷ utilizaram, com sucesso, o SVM como ferramenta de análise e classificação de dados com fins a incluir pacientes em grupos distintos mediante a entrada de variáveis individuais, respectivamente nos campos da cardiologia e endocrinologia^{37,38}.

Atualmente são disponíveis de *softwares* que contem plataformas multi-algoritmos para a realização de testes com fins à obtenção de melhores resultados em mineração de dados e aprendizado de máquinas como a plataforma WEKA[®]³⁹, a qual será mais detalhadamente explicada no capítulo 2.

Afinal; médicos radiologistas e estudantes do curso de graduação em Medicina têm padrões similares de movimentação ocular e atenção visual, quando instados a analisar radiografias de tórax de crianças com provável pneumonia?

Entendemos que há uma variação de padrão de movimentação ocular no que tange a áreas de maior interesse e atenção visual entre estudantes de Medicina, de acordo a imagem a ser apresentada – normal ou alterada.

OBJETIVOS

Objetivo Geral

Investigar o processo de análise do exame radiográfico do tórax para o diagnóstico de pneumonia comunitária (PAC) na infância, tendo em vista sua aplicação na educação médica.

Objetivos Específicos

- Mapear a atenção visual de um médico radiologista – tido como referência – e de estudantes de medicina no processo de análise de radiografias de tórax para diagnóstico de PAC, utilizando o *Mobile Eye Tracking* e técnicas de Inteligência Artificial, com o intuito de explicitar as eventuais diferenças de análise e resposta;
- Avaliar a concordância diagnóstica interobservadores (no grupo dos estudantes) sob o uso do aparelho de rastreamento do movimento ocular na avaliação radiográfica de PAC na Infância;
- Empregar os dados obtidos para o desenvolvimento – como produto final da dissertação – da proposta de um roteiro para avaliação de radiografias de tórax a ser utilizado no ensino médico.

CAPÍTULO 2

MÉTODOS

Metodologia da Revisão Bibliográfica

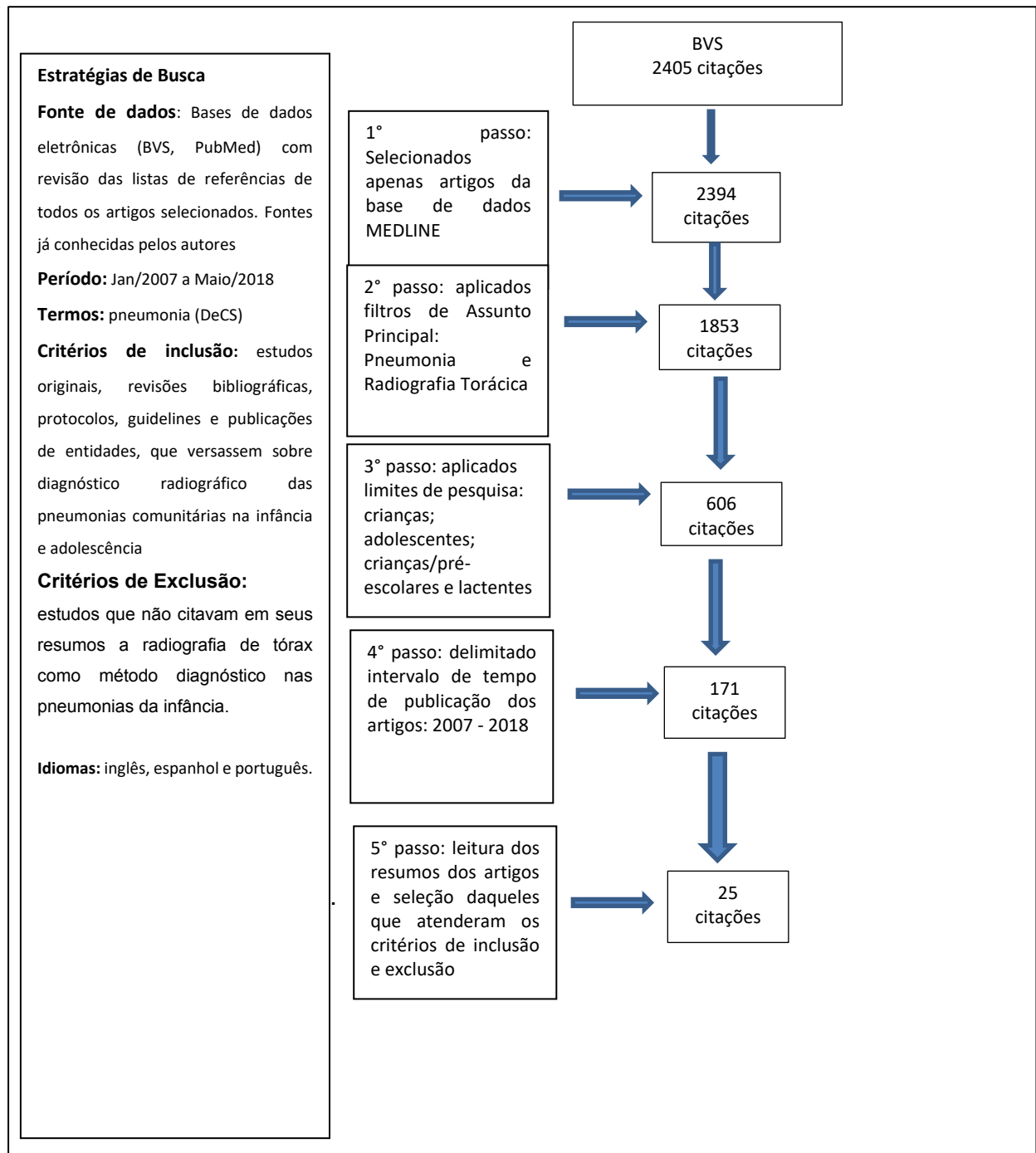
Trata-se de uma revisão bibliográfica utilizando os bancos de dados PubMed/MEDLINE, Scielo e Bireme, utilizando descritores listados no DeCS [Descritores em Ciências da Saúde – <http://decs.bvs.br/>], padronizados pela Biblioteca Virtual em Saúde, derivados do Medical Subject Headings da *U. S. National Library of Medicine* [<https://www.nlm.nih.gov/>] estando assim os termos em consonância nos idiomas inglês e português. As palavras-chave escolhidas, na língua inglesa foram: pneumonia, children, chest radiography, diagnosis.

Após a seleção dos descritores, foi realizada uma revisão de literatura seguindo o método PRISMA (Principais Itens para Relatar Revisões Sistemáticas e Meta-análises)¹¹, como demonstrado na figura 1. O método PRISMA se constitui de uma lista contendo 27 itens além de um fluxograma com 04 etapas, e tem como finalidade auxiliar autores na melhoria dos relatos de meta-análises e revisões sistemáticas¹¹.

As referências foram selecionadas conforme os seguintes critérios de inclusão: i) tratar-se de estudo em população pediátrica; ii) versar sobre diagnóstico das pneumonias na infância; iii) citar dentre os métodos de diagnóstico, a radiografia de tórax.

Após a seleção final das referências, estas foram lidas na íntegra e objetivou-se estabelecer o papel da radiografia de tórax no diagnóstico – sintrômico e etiológico – e conseqüente estratégia terapêutica nas pneumonias comunitárias da infância.

Figura 1 - Fluxograma de seleção bibliográfica de acordo com o método PRISMA.



Metodologia da Pesquisa Empírica

Participantes da pesquisa

Como participantes do estudo foram convidados cinco estudantes do curso de Medicina de uma universidade pública do estado de Minas Gerais e um médico

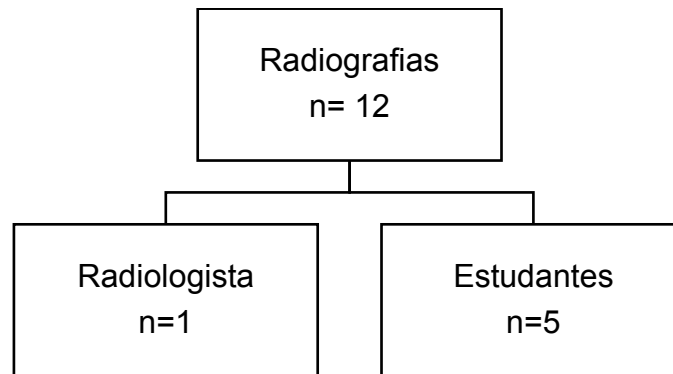
especialista em Radiologia e Diagnóstico por imagem. Todos os discentes, à época do estudo, encontravam-se devidamente matriculados no 2º ano do referido curso e não haviam ainda tido contato com nenhuma disciplina referente à Radiologia.

A participação foi voluntária, o que foi ratificado com a oferta e assinatura do TCLE.

Seleção dos exames radiográficos

A figura 2, a seguir, detalha o processo de seleção das imagens radiográficas.

Figura 2 - Estrutura de seleção dos participantes e radiografias.



Como critérios de inclusão das imagens foram definidos: radiografias com padrão técnico considerado adequado pelo radiologista responsável pela análise e laudo das mesmas, exames de pacientes entre 0 e 12 anos de vida. Definiu-se ainda os critérios de exclusão como sendo: exames que não lograram padrão técnico aceitável e imagens de crianças com idade acima de 12 anos de idade, haja vista que esta faixa de intervalo etário contém a maior parte dos pacientes internados por PAC no Brasil⁴.

Procedimentos de coleta de dados

As coletas individuais dos dados foram realizadas no Núcleo de Pesquisas e Estudos em Futebol, no campus da Universidade Federal de Viçosa, para onde os participantes se dirigiram em ordem aleatória de acordo com pactuação entre os pesquisadores e os responsáveis pelo núcleo. Lá foram devidamente acomodados para a análise visual das imagens selecionadas pelos pesquisadores. As imagens

foram divididas em dois grupos: 1 – laudo compatível com PAC e 2 – laudo não compatível com PAC.

Imediatamente antes do início da análise, os participantes receberam as explicações sobre o dispositivo *Mobile Eye Tracking-XG®* (*Applied Science Laboratories*, Bedford, MA, EUA) que lhes foi acoplado com posterior performance da calibração do aparelho, atendendo às especificações do fabricante. Caso o participante possuísse alguma imperfeição visual conhecida, o aparelho foi submetido a nova calibração para a correção das mesmas.

Foi permitido aos participantes que movimentassem a cabeça livremente, e orientado que mantivessem distância de aproximadamente 50 cm entre os olhos e a tela de projeção das imagens.

As Áreas de Interesse Visual (AIV) foram definidas de acordo com o laudo das radiografias selecionadas pelo pesquisador, e podem ser observadas na Tabela 1 no Capítulo 4, na página 40 desta dissertação.

Ao findarem a análise de cada uma das imagens os participantes foram solicitados a preencherem um questionário contendo três perguntas, sobre: (a) a qualidade técnica do padrão radiográfico, (b) se há alguma alteração que sugira PAC, e (c) fazer a descrição das eventuais alterações por eles encontradas. O questionário encontra-se disponível na seção Apêndices desta dissertação. Após terminarem de analisar uma imagem, não foi permitido aos participantes retornarem os olhos à tela de projeção, devendo olhar somente para o questionário.

Os dados coletados forneceram, de acordo com as AIV, as seguintes variáveis: (i) o número de fixações totais em cada imagem, (ii) o número de fixações em cada AIV em cada imagem, (iii) a duração das fixações em cada imagem, (iv) a duração da fixação em cada AIV em cada imagem, (v) o tempo de cada cena, (vi) o tempo total de análise e (vii) as mensurações do diâmetro pupilar durante toda a análise.

É importante ressaltar que durante a análise visual, os participantes tiveram liberdade para magnificar ou diminuir as imagens, isto se justificou pela possibilidade de simular a realidade da prática clínica diária podendo, assim, aproximar o resultado da análise (normal ou alterada) do real. No entanto, houve a necessidade de proceder recortes nos tempos de análise total de cada participante, para que houvesse uniformidade na análise, tendo sido contabilizados 10 segundos como amostragem do total de tempo despendido em cada imagem.

Análise Estatística

Tomou-se por base, ou seja, como avaliação correta das radiografias apresentadas, as respostas dadas pelo radiologista no questionário, comparando-se, a posteriori com as respostas dos estudantes.

Para a variável Pupilometria, foi calculada a média dos valores encontrados para as dimensões verticais e horizontais do diâmetro pupilar total. A avaliação da normalidade da média foi feita através do teste de Shapiro-Wilk e, como o resultado apontou dados de comportamento não-paramétrico a diferença estatística foi testada pelo método de Mann-Whitney U. Para as métricas oculares (número e duração das fixações nas AIV), foram utilizados testes de hipótese estatística T (paramétrico – caso os dados sejam normais e as variâncias sejam estatisticamente iguais) e de Mann Whitney U (não paramétrico – caso os dados não sejam considerados normais). Foi utilizado o *software R*[®] na versão 3.5 e *p*-valor < 0,05 como nível de significância estatística.

Análise utilizando técnicas de IA

O reconhecimento de padrões, pressuposto básico das técnicas de mineração de dados, depende fundamentalmente da representação numérica das características a serem analisadas. As análises dos vídeos e realizadas pelo *software* do *Mobile Eye Tracking XG*[®] forneceram dados numéricos das métricas óculo-pupilares forneceram dados já neste formato, compondo assim os vetores das características das observações visuais. Foi criado, a princípio um banco de dados contendo doze planilhas em formato Excel[®] (uma para cada uma das doze radiografias analisadas) utilizando os resultados numéricos obtidos pelo *Mobile Eye Tracking*[®] nas quais foram inseridos os dados de cada um dos participantes considerando as métricas pupilares, as fixações nas AIV e a dilatação pupilar média, em função da resposta dos participantes quanto à qualidade técnica da radiografia e se houve percepção de alterações radiográficas ou não. Cada uma das variáveis se constituiu num atributo, ou seja, uma característica a ser fornecida para os algoritmos de aprendizagem. Para que houvesse uma filtração dos atributos a fim de aumentar a possibilidade de acerto e diminuição da possibilidade de erros na avaliação dos algoritmos, foram utilizadas

as técnicas InfoGain (IG) e Correlationbased Feature Selection (CFS) já utilizadas em outros estudos na área médica como citado por Fernandes (2017)²⁹.

Num conjunto de dados de larga extensão, é de se esperar que nem todos esses dados sejam, efetivamente, úteis para a representação do padrão a ele relacionado. Para a eliminação desses dados é necessária a realização de uma etapa de pré-processamento. Técnicas estatísticas como, Análise de Sensibilidade e Análise de Componentes Principais são úteis para esse fim. Essa diminuição na extensão do conjunto de dados otimiza o reconhecimento dos padrões e, por conseguinte, maximiza a qualidade dos resultados obtidos.

Seguinte ao pré-processamento é realizado o processamento dos dados, ou seja, a busca pelo reconhecimento dos padrões. Como suporte e interface para os testes algorítmicos foi utilizada a plataforma WEKA[®] - Waikato Environment for Knowledge Analysis, já validada para utilização em algoritmos nas ciências da saúde como descrito por Eibe (2016)³⁸. Uma descrição mais detalhada da plataforma WEKA[®] encontra-se no capítulo 4 desta dissertação.

Ao serem fornecidas as informações (atributos), os testes realizados verificaram quais algoritmos obtiveram melhores resultados, sendo todos eles do tipo aprendizagem supervisionada, já explicada no capítulo 1 sendo eles do tipo: bayes (BayesNet e NaiveBayes), funções (MultilayerPerceptron (Rede Neural) e Sequential Minimal Optimization (SMO - SVM), guloso (IBk (kNN)), regras (JRIP) e árvores (J48 (C4.5), RandomForest e RandomTree).

Passada a etapa de processamento dos dados, os dados coletados das análises visuais, foram comparados com aqueles fornecidos pelos questionários respondidos pelos dois grupos: radiologista e estudantes, tomando o radiologista como referência.

Elaboração do produto final

Findas as análises radiográficas e dos dados nelas obtidos, será elaborado um protocolo, baseado na análise de movimentação ocular do profissional radiologista, para aplicação como ferramenta de ensino nos cursos de graduação em Medicina.

Aspectos éticos

O presente estudo foi submetido à apreciação do Comitê de Ética em Pesquisa com Seres Humanos da Universidade Federal de Viçosa e foi fornecido e assinado

Termo de Consentimento Livre e Esclarecido aos participantes, em cumprimento à Resolução nº 466/2012 do Conselho Nacional de Saúde¹⁹, conforme consta no parecer nº 2.220.701; CAAE nº 70053517.5.0000.5153. Foi requisitada e obtida dispensa da aplicação do TCLE para a utilização das imagens radiográficas.

Os riscos da pesquisa constituem-se no tempo gasto, no eventual desconforto mediante à utilização do Mobile Eye Tracking e ao preenchimento dos questionários.

Os eventuais benefícios potenciais podem ser destacados o melhor conhecimento sobre as análises de radiografias de tórax, possibilitando uma melhor abordagem das Pneumonias Comunitárias da infância, problema de saúde de grande impacto social; bem como da possibilidade da melhora no ensino médico, formando profissionais de maior arsenal de pensamento e conhecimento.

CAPÍTULO 3

ARTIGO

DIAGNÓSTICO RADIOGRÁFICO DAS PNEUMONIAS NA INFÂNCIA: UMA REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

H.A. Binato¹, R. Paula¹, K. Rocha¹, M.E. Pimentel¹, S.A.C. Pereira¹, A. P. Gomes¹, R. S. Batista¹.

1. Departamento de Medicina e Enfermagem – Universidade Federal de Viçosa, MG

Introdução

As pneumonias adquiridas na comunidade (PAC) são as maiores responsáveis por internações na faixa pediátrica, constituindo causa de extrema relevância na morbidade e mortalidade de pacientes pediátricos, especialmente naqueles abaixo dos cinco anos de vida¹. Dados de 2016 da Organização Mundial de Saúde (OMS), mostram que 13% de todas as mortes pós-neonatais (acima de 28 dias de vida) foram decorrentes de pneumonia². Ademais, grande quantidade de recursos financeiros e de pessoal é aplicada anualmente para o tratamento das PAC e suas complicações, dentre as quais se destacam, o derrame pleural, os abscessos pulmonares e as pneumatoceles^{1,2,3,4}.

Os sinais clínicos de PAC descritos decorrem da inflamação das vias aéreas inferiores – especialmente em vias brônquicas, bronquiolares e alveolares – em consequência da infecção por diversos patógenos, com destaque para os vírus e as bactérias⁵. Dentre os microorganismos mais frequentes, destacam-se o Vírus Sincicial Respiratório, os vírus Influenza A (e seus subtipos) e B, Adenovírus; o *Streptococcus pneumoniae*, o *Staphylococcus aureus* e o *Haemophilus influenzae* não tipável⁴.

A suspeita clínica de PAC deve ser levantada em crianças que apresentam taquipneia – com ou sem tosse, febre ou sinais de esforço ventilatório – adquiridos fora do ambiente nosocomial e que se encontravam previamente hígdas⁶. De fato, revisão bibliográfica sistemática metanalítica publicada por Rambaud-Althus demonstrou que os achados clínicos mais relevantes para o diagnóstico clínico das PAC – o qual, via de regra, subsidiará a tomada de decisão terapêutica – foram a

frequência respiratória acima de 50 incursões por minuto, gemido (ruído adventício advindo do escape de ar mediante aumento da pressão sub-glótica quando a glote está fechada), retração torácica e batimento das aletas nasais⁷. No entanto, o mesmo estudo sugere que nenhuma característica clínica é suficientemente capaz de definir o diagnóstico de pneumonias em crianças menores de cinco anos, evidenciando a necessidade de métodos que auxiliem os profissionais nos pontos de atendimento⁷

O diagnóstico de PAC se baseia em critérios clínicos, laboratoriais e radiográficos, muitos dos quais são de caráter subjetivo, o que dificulta a padronização das análises⁸. Não apenas a dificuldade em estabelecer diagnóstico preciso, mas também a carência de recursos materiais e de pessoal especializado tornam as PAC um novo-antigo desafio para médicos atendentes em serviços de urgência, bem como para pediatras, pneumologistas pediátricos, radiologistas e gestores de saúde⁹.

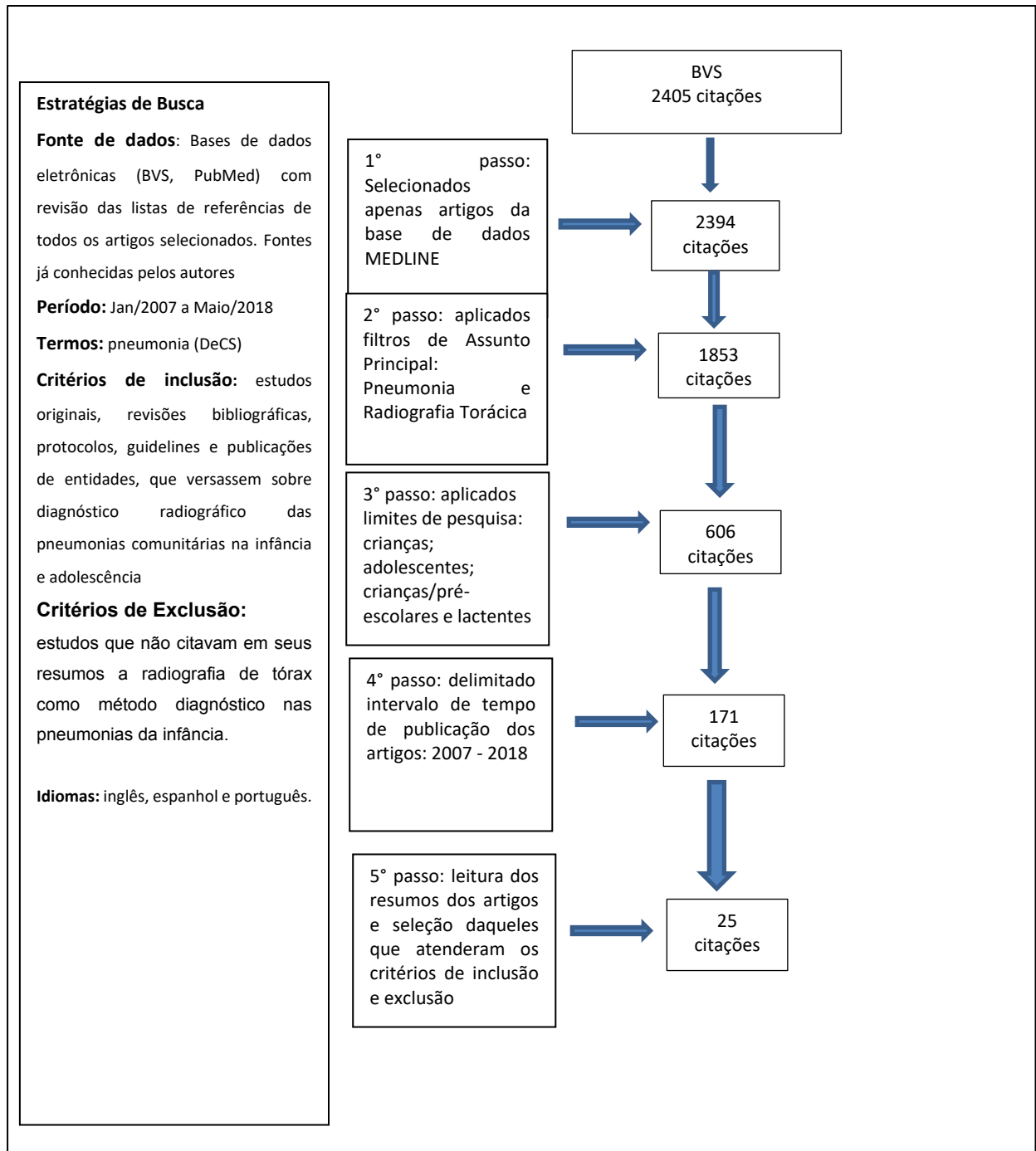
A radiografia de tórax é um método particularmente útil para o diagnóstico de PAC na infância⁴. Todavia, embora seja uma doença de conhecimento difundido em vários aspectos e com impactos sociais e econômicos muito pungentes, o exame radiográfico nas PAC permanece ainda sem um consenso totalmente estabelecido¹⁰.

Inúmeros estudos têm sido realizados objetivando estabelecer e validar critérios para o diagnóstico radiográfico das PAC, bem como para magnificar as possibilidades de diferenciação radiográfica entre etiologias virais, bacterianas e co-infecções. Com base nessas preliminares considerações, o presente artigo tem como objetivo revisar a literatura disponível no que tange ao diagnóstico radiográfico das PAC, focando em sua utilidade, validade, capacidade de diferenciar etiologias, bem como discutir os achados mais relevantes de acordo com os patógenos mais prevalentes.

Métodos

Foi conduzida revisão bibliográfica nos bancos de dados PubMed/MEDLINE, Bireme e Scielo. Os termos utilizados na busca coadunam com os DeCS (Descritores em Ciências da Saúde) e a estratégia de seleção dos artigos obedeceu o método PRISMA¹¹ (Principais Itens para Relatar Revisões Sistemáticas e Meta-análises), o qual tem por objetivo fornecer um *check-list* e construção de fluxograma para auxílio do relato de revisões bibliográficas e metanálises este, demonstrado na figura 2. As palavras-chave escolhidas foram: pneumonia, children, chest radiography, diagnosis.

Figura 1 - Fluxograma de seleção bibliográfica de acordo com o método PRISMA.



Resultados e discussão

Estudos distribuídos por todo o globo vem sendo publicados no intuito de diminuir a subjetividade e, por conseguinte, maximizar a acurácia diagnóstica das PAC. O papel da radiografia de tórax no diagnóstico das PAC já é estabelecido por inúmeros consensos, tal como adotado pelo Ministério da Saúde do Brasil ⁴. No

entanto, publicações europeias, como o Guideline da BTS ainda questionem a validade da realização da radiografia de tórax em todas as crianças com suspeita de PAC^{4,6,10}.

Grande número de pacientes menores de cinco anos com quadro febril sem sinais localizatórios, elevação do número global de leucócitos ao hemograma podem apresentar achados radiográficos compatíveis com pneumonia¹². A realização da radiografia de tórax em todos os casos suspeitos de PAC está indicada para a confirmação do diagnóstico, mas também para a avaliação da topografia da infecção, estabelecer a magnitude do acometimento pleuro-pulmonar e ainda para a identificação de possíveis complicações já no momento do diagnóstico inicial.

Esta última indicação torna a radiografia fundamental, não apenas para o planejamento terapêutico, mas também um fator direcionador para outros testes (hemoculturas, sorologias para agentes virais, pesquisas de germes atípicos, entre outros) e na tomada de decisão para a solicitação de outros exames radiológicos, incluindo a ultrassonografia e tomografia computadorizada de tórax^{4,13}.

Embora em alguns locais a realização de exame radiográfico do tórax não seja encorajada em todos os casos suspeitos, este é largamente utilizado na investigação das PAC. Este fato foi confirmado por um estudo-auditoria realizado pela British Thoracic Society, o qual revelou que, mesmo com a recomendação do *Guideline* da mesma entidade para a não-realização da radiografia tórax para todas as crianças com suspeita de PAC, em 94% dos atendimentos, o exame foi solicitado¹⁴.

Apesar dos esforços aplicados, inclusive pela OMS, na elaboração de protocolos para interpretação radiográfica na avaliação das PAC em pediatria, os resultados de estudos que buscam validar a utilização destes protocolos não são categóricos em afirmar que um dos modelos possa ser ulteriormente utilizado¹⁵. Muito da incerteza dentro do espectro diagnóstico das PAC em pediatria vem da dificuldade – por parte daqueles que estão sujeitos à emissão de opiniões sobre os achados radiográficos – em caracterizar, com reprodutibilidade intra e interobservadores, lesões radiológicas que levem à maior certeza diagnóstica. Um dos fatores contribuintes para a baixa reprodutibilidade entre pares no diagnóstico da consolidação alveolar é, sem dúvidas, a diferença na qualificação dos profissionais médicos¹⁵. Embora seja ponto comum que a presença de consolidação alveolar indique, com boa especificidade o diagnóstico de PAC, a concordância

interobservadores no achado de tais lesões ainda se mostra estatisticamente fraca¹⁵. dado este, confirmado em estudo brasileiro⁵.

Padronização proposta pela OMS (2005)¹⁵ buscou minimizar as discordâncias diagnósticas através da definição de categorias para os achados radiográficos, sendo estes: (1) Pneumonia alveolar, na qual a consolidação alveolar é o achado definidor; (2) Pneumonia não-Alveolar, tendo os infiltrados intersticiais como marca radiográfica; e (3) Ausência de pneumonia, quando havia inexistência de consolidação, infiltrado ou derrame pleural. Os resultados deste estudo da OMS revelam baixa sensibilidade e boa especificidade na avaliação entre grupos distintos, pediatras e radiologistas; no entanto, a concordância inter-observadores foi considerada apenas razoável. Vale a ressalva de que, no mesmo estudo conduzido pela OMS, ao contrário do que se previa, um menor número de imagens foi interpretada como pneumonia por parte dos pediatras em detrimento aos radiologistas.

Estudo publicado por Ben Shimol *et al.* (2012)¹⁶, buscou avaliar os critérios propostos pela OMS para avaliação radiográfica de crianças com suspeita de pneumonia. A avaliação das imagens por radiologistas, pediatras e residentes de pediatria mostrou haver baixa correlação inter-observadores, mesmo quando houve estabelecimento de critérios radiológicos para a definição dos achados radiográficos, coadunando com os dados da OMS.

Em outra pesquisa, publicada com Williams *et al.* (2013)¹⁷ radiologistas, pediatras e especialistas em medicina respiratória foram convidados a analisar radiografias de tórax obtidas de crianças que procuraram serviço de emergência por doença febril aguda. Foi-lhes solicitado que opinassem não quanto ao diagnóstico sintromico, mas sobre a presença ou não de consolidação pulmonar na imagem. As análises feitas foram comparadas entre pares e entre os diferentes grupos de especialistas. Os resultados revelaram percentuais de concordância acima de 80% entre os pares, no entanto, quando a comparação foi realizada inter-grupos, a discordância quanto ao achado radiográfico foi estatisticamente significativa, sendo o índice kappa apenas moderado – entre 0,4 e 0,6¹⁷, dado coadunante com o estudo publicado por Johnson, no qual o índice kappa foi sempre inferior a 0,6¹⁸.

Mesmo quando se comparou especialistas pares – radiologistas – houve discordância estatisticamente significativa, como demonstrado por Neumann e colaboradores. Neste estudo, no qual foram comparadas as análises de 6 radiologistas

o índice kappa variou de 0,14 – quando a variável analisada foi a presença de Infiltrado Intersticial – a 0,69 quando analisada a presença de infiltrado alveolar. Isto demonstra a variabilidade e discordância da opinião diagnóstica, já que classicamente se suspeita de pneumonia de etiologia viral na presença radiográfica de infiltrados intersticiais e pneumonia bacteriana na presença de alterações alveolares ¹⁹.

Um dos pontos centrais na utilização da radiografia de tórax no contexto das pneumonias da infância é a decisão terapêutica e qual a magnitude do impacto da realização ou não do exame na prescrição de antimicrobianos. De fato, sabe-se que o tratamento das pneumonias virais inclui medidas de suporte clínico geral como hidratação e nutrição adequadas, emprego de oxigenioterapia no paciente hipoxêmico e em casos selecionados, como o Influenza A H1N1, o uso de antivirais como o oseltamivir; já nos casos de pneumonia bacteriana o tratamento com antimicrobianos está indicado em todos os casos, de acordo com a faixa etária, estado geral do paciente e achados de exame clínico, provas laboratoriais (hemocultura e antibiograma) ²⁰. A questão central do binômio radiografia-antimicrobiano é: a solicitação da radiografia é significativamente decisiva na escolha do tratamento?

O estudo conduzido por Nelson²¹ (2016) mostra que sim; especialmente na decisão em não iniciar o tratamento medicamentoso antimicrobiano. Esta pesquisa comparou a prescrição de antimicrobianos para pacientes com suspeita clínica de pneumonia antes de depois da realização da radiografia de tórax, em função de um planejamento prévio por parte do médico assistente em recomendar ou não o tratamento farmacológico. Para aqueles casos em que a ideia de prescrever antimicrobianos antes da radiografia já estava presente, a confirmação radiográfica da pneumonia levou a 100% de prescrição de antimicrobianos.

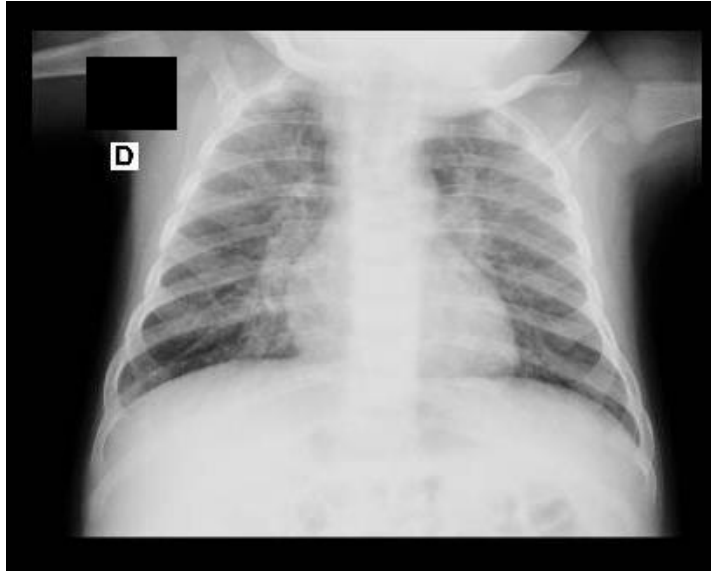
Por outro lado, os resultados comprovaram que, nos casos em que não havia um plano inicial de instaurar terapia antimicrobiana, a radiografia de tórax foi decisiva para a confirmação do não-tratamento, assim contribuindo para a redução da prescrição desnecessária de ATB²¹. Artigo publicado em maio de 2018 reforça a necessidade do foco, especialmente em países com menos recursos, no diagnóstico correto, com vias ao monitoramento e redução da resistência antimicrobiana nas PAC ²².

Os achados radiográficos das PAC na infância são extremamente variados, sendo dependentes da etiologia, do estágio de evolução da doença e das

condições gerais de saúde do paciente. Etiologicamente, os vírus correspondem à classe patogênica mais comum nas PAC, sendo os vírus Influenza A e B, o Vírus Sincicial Respiratório (VSR), o Metapneumovírus e os Parainfluenza Vírus 1, 2 e 3 os de maior prevalência^{23,24}. Estudo chinês avaliou 210 pacientes admitidos em hospital com suspeita clínica de PAC, nos quais foi realizada coleta de secreção nasal para identificação viral, sendo o Influenza A, o VSR, o Parainfluenza-3, o Adenovírus, o Influenza B e o Parainfluenza-1 os mais prevalentes em ordem decrescente. As alterações radiográficas mais comumente encontradas foram as hipotransparências manifestadas como consolidações irregulares, seguidas de alterações no interstício pulmonar e consolidações no espaço aéreo²³. Foi notado ainda, no mesmo estudo, que os lobos inferiores foram mais comumente acometidos quando comparados a áreas mais superiores dos campos pleuro-pulmonares e que a grande maioria dos pacientes (195 vs. 15) apresentou acometimento bilateral²³.

Outro estudo que avaliou pacientes com pneumonia comunitária de etiologia viral derivou seu foco para pacientes com diagnóstico sorológico de infecção pelo Influenza-vírus H5N1 e, nestes pacientes observou-se grande presença de atelectasias – consolidações dos espaços aéreos as quais se tornaram confluentes quando as radiografias foram realizadas serialmente²⁵. Bedran *et al.* em artigo de revisão brasileiro publicado em 2012 reforça os achados encontrados em estudos internacionais no que tange aos achados radiográficos das PAC virais em crianças, citando as hipotransparências de padrão intersticial (figura 2) e interstício-alveolares, além do espessamento da parede brônquica e a hiperinsuflação como os mais comuns²⁰. Pode-se perceber que dentre os quadros virais, as alterações mais comuns são as opacificações para-hilares, seguida de hiperinsuflação e atelectasia. Faz-se mister ressaltar que, embora não seja um achado radiográfico característico das PAC virais, as consolidações também podem estar presentes nas sobrecitadas situações²⁴. Este dado é confirmado por estudo publicado por Guo (2013)²³ que reporta achado de infiltrado alveolar em 49% dos pacientes com diagnóstico confirmado de pneumonia viral. É importante ressaltar que as pneumonias virais têm características clínicas, laboratoriais e radiológicas semelhantes a outras entidades nosológicas muito comuns na prática pediátrica, sendo as bronquites e as bronquiolites virais as mais comuns.

Figura 2 - Radiografia de tórax evidenciando acentuação bilateral das marcas intersticiais peribroncovasculares, compatíveis com processo pneumônico viral. Imagem gentilmente cedida pelo Professor Samuel Alves Costa Pereira – Departamento de Medicina e Enfermagem – UFV.



Outros pacientes que radiologicamente podem apresentar alterações compatíveis com pneumonias virais são os asmáticos – especialmente aqueles em exacerbação infecciosa não-pneumônica – e os portadores de hiperresponsividade brônquica¹².

No período neonatal, as pneumonias virais podem ainda apresentar padrões radiológicos retículos-granulares, fazendo com a doença da membrana hialina seja também um componente no âmbito do diagnóstico diferencial ¹².

Outra característica que deve ser sempre levada em consideração no diagnóstico e manejo radiográfico das pneumonias virais é uma possível dissociação clínico-radiológica a ser encontrada, já que pacientes pouco sintomáticos podem apresentar alterações marcantes na radiografia de tórax, tais como padrão intersticial difuso, espessamentos peribrônquicos importantes e atelectasias, sendo o contrário também verdadeiro, com pacientes muito sintomáticos e films radiográficos revelando alterações discretas nos campos pleuro-pulmonares⁴. Ademais, não é incomum, especialmente quando os pacientes são avaliados nos estágios precoces da doença, que as radiografias de tórax de crianças com PAC não apresentem nenhum tipo de alteração¹².

A presença de consolidação alveolar é aceita pela maioria dos estudos, consensos e especialistas como sendo a o achado radiográfico mais específico de pneumonia bacteriana (figura 3). Cherian *et al.* (2014) definem consolidação alveolar como “*uma opacidade densa ou fofa que ocupa uma porção ou todo um lobo ou de todo o pulmão, que pode ou não conter broncogramas aéreos*”¹⁵. Esta definição de consolidação é utilizada ainda por outros autores como referência na avaliação de pacientes com pneumonia bacteriana, seja para avaliação da gravidade no estudo de Patria (2013)²⁶, como para a Organização Mundial de Saúde quando propõe, em artigo publicado em 2005 com fins à padronização da interpretação de radiografias de tórax em crianças para aplicação em estudos epidemiológicos¹⁵.

É importante salientar que há uma grande variedade de patógenos envolvidos nas infecções pediátricas, sendo o *Streptococcus pneumoniae* o agente mais comum quando se trata das faixas etárias acima de 1 mês de vida.⁴ sendo este, o responsável por mais de 300 000 mortes na faixa etária pediátrica em 2015²⁷. Bedran *et al.* (2012) citam como principais alterações radiográficas causadas por bactérias e pneumonias na infância as lesões mais densas, de aspecto arredondado, com bordos mais definidos e em áreas mais facilmente delimitadas como segmentos ou lobos²⁰. Outra característica marcante das pneumonias bacterianas na infância, diferindo das virais, é a unilateralidade.

Estudo publicado por Ferrero *et al.* mostra que em 78.7% das crianças com PAC severas avaliadas, o acometimento se deu em apenas um dos pulmões²⁷. Ainda nesse estudo, vale ressaltar que mais de 75% das alterações unilaterais foram encontradas no pulmão direito e nos lobos inferiores; isto possivelmente explicado pela anatomia do brônquio principal direito que é mais calibroso e verticalizado quando comparado ao esquerdo²⁷. Não apenas o *Streptococcus pneumoniae* é o agente etiológico bacteriano mais comum das PAC em crianças, mas também se faz presente como aquele que mais frequentemente causa derrames pleurais parapneumônicos, acompanhado por *Staphylococcus aureus*, *Haemophilus influenzae*, *Mycobacterium* spp., *Pseudomonas aeruginosa* e anaeróbios¹². O derrame pleural é definido por Cherian *et al.* (2014) como “a presença de fluido no espaço pleural lateral entre o pulmão e a parede do tórax, na maior parte dos casos visto no ângulo costo-frênico ou como uma camada de fluido adjacente à parede torácica lateral; não incluindo os fluidos eventualmente encontrados nas cisuras horizontais ou oblíquas.”¹⁵. Como a

maioria das PAC bacterianas é causada pelo *S. pneumoniae* é de se esperar que este também seja o maior causador de derrames pleurais parapneumônicos.

Figura 3 - Imagem radiográfica revelando múltiplas consolidações alveolares em ambos os campos pleuro-pulmonares. Imagem gentilmente cedida pelo Prof. Samuel Alves Costa Pereira – Departamento de Medicina e Enfermagem – Universidade Federal de Viçosa, MG - Brasil



No entanto, quando se comparam infecções causados pelo *S. pneumoniae* e pelo *S. aureus* percebe-se uma maior quantidade de Derrames Pleurais Parapneumônicos nestas em relação àquelas ¹².

Outros achados importantes em radiografias de paciente com PAC são os abscessos pulmonares, definidos como cavitações circunscritas, apresentando paredes espessas contendo material líquido purulento em seu interior e as pneumatoceles: cavidades de caráter cístico e de paredes adelgadas ²⁹.

Além dos vírus e bactérias, outro grupo de patógenos de importância clínica e epidemiológica nas PAC são os microrganismos atípicos representados mormente pelo *Mycoplasma pneumoniae*. Apesar de se tartarem de bactérias as manifestações radiográficas das pneumonias causadas por estes patógenos são bastante inespecíficas, estando entre as mais comuns os infiltrados lobares e intersticiais, como mostra estudo publicado por Vervloet *et al.* (2010) ³⁰.

Considerações finais

Este artigo teve como objetivo central revisar o papel da radiografia de tórax no diagnóstico das PAC na faixa etária pediátrica.

Os resultados obtidos mostram que, apesar de ainda haver a necessidade de uma maior padronização e de estratégias que proponham e validem protocolos para

a interpretação das radiografias de tórax, estas são ainda ferramentas de suma importância o processo de tomada de decisão diagnóstica de terapêutica nas Pneumonias Adquiridas na Comunidade em crianças e adolescentes.

Referências

1. OLIVEIRA, B.R.G et al.; Causas de hospitalização no SUS de crianças de zero a quatro anos no Brasil. *Revista Brasileira de Epidemiologia*. São Paulo, vol.13, n. 2, p. 268-7, 2010.
2. UNICEF; United Nations Children’s Fund. *Committing to child survival: a promise renewed. Progress report 2013*. New York, 2013.
3. AIDPI Atenção Integrada às Doenças Prevalentes na Infância: curso de capacitação: introdução: módulo. Ministério da Saúde, Organização Mundial da Saúde, Organização Pan-Americana da Saúde. – 2. ed. rev. – Brasília: Ministério da Saúde, 2002.
4. MINISTÉRIO DA SAÚDE; Diretrizes brasileiras em pneumonia adquirida na comunidade em pediatria. *Jornal Brasileiro de Pneumologia*.; São Paulo, vol. 33, (Supl 1): S 31-S 5, 2007.
5. NASCIMENTO-CARVALHO, C.M., ARAÚJO-NETO, C.A., RUUSKANEN, O. Association Between Bacterial Infection and Radiologically Confirmed Pneumonia Among Children. *The Pediatric Infectious Disease Journal*, vol. 34, n.5, 2015.
6. ANDRONIKOU, S., GOUSSARD P., SORANTIN. E. Computed tomography in children with community-acquired pneumonia. *Pediatric Radiology*, vol.47, p. 1431–1440, 2017.
7. RAMBAUD-ALTHAUS, C., ALTHAUS, F., GENTON, B., D’ACREMONT, V. Clinical features for diagnosis of pneumonia in children younger than 5 years: a systematic review and meta-analysis. *The Lancet Infectious Diseases*, vol. 15, n.4, p439–450, 2015.
8. BAUMANN, P. et al. Procalcitonin for Diagnostics and Treatment Decisions in Pediatric Lower Respiratory Tract Infections. *Frontiers in Pediatrics*, vol. 5, n. 183, 2017.
9. DEKATE, P. S. et al. Acute Community Acquired Pneumonia in Emergency Room. *Indian Journal of Pediatrics*, vol. 78, n. 9, 2011.
10. HARRIS, M. et al. BTS Guidelines for the Management of Community Acquired Pneumonia in Children: Update 2011 Consultation Draft: 18, London, 2011.

11. GALVÃO, T. F.; PANSANI, T. S. A.; HARRAD, D. Principais itens para relatar Revisões sistemáticas e Meta-análises: A recomendação PRISMA. *Epidemiol. Serv. Saúde*, Brasília, v. 24, n. 2, 2015.
12. KENDIG et al. Kendig and Chernick's Disorders of the Respiratory Tract in Children. 8ª ed. Philadelphia: Elsevier, 2012. 1141p.
13. YE X, XIAO H, CHEN B, ZHANG S. Accuracy of Lung Ultrasonography versus Chest Radiography for the Diagnosis of Adult Community-Acquired Pneumonia: Review of the Literature and Meta-Analysis. *PLoS ONE*, vol. 10, n. 6, 2015.
14. BOWEN, S-JM., THOMSON, A.H. British Toracic Society Paediatric Pneumonia Audit: a review of 3 years data. *Chest Clinic*, vol. 68, p. 682-683, 2013.
15. CHERIAN, T. *et al.* Standartized interpretation of paediatric chest radiographs for the diagnosis of pneumonia in epidemiological studies. *Bulletin of The World Health Organization*, 2005.
16. SHIMOL, B.S. *et al.* Evaluation of the World Health Organization criteria for chest radiographs for pneumonia diagnosis in children. *European Journal of Pediatrics*, vol. 171, 2012.
17. WILLIAMS, G.J, *et al.* Variability and Accuracy in Interpretation of COnsolidation on Chest Radiography for Diagnosing Pneumonia in Children Under 5 Years of Age. *Pediatric Pulmonology*, vol. 48, n.12, 2013.
18. JOHNSON, J., KLINE, J,A. Intraobserver and interobserver agreement of the interpretation of pediatric chest radiographs. *Emergency Radiology*, vol.17, n. 4, 2010.
19. NEUMANN, M.I. *et al.* Variability in the Interpretation of Chest Radiographs for the Diagnosis of Pneumonia in Children. *Journal of Hospital Medicine*, vol. 7, n.4, 2012.
20. BEDRAN, R. *et al.* Pneumonias adquiridas na comunidade na infância e adolescência. *Revista Médica de Minas Gerais*, vol.22, sup.7, 2012.
21. NELSON, A.K., *et al.* Impact of Chest Radiography on Antibiotic Treatment for Children With Suspected Pneumonia, *Pediatric Emergency Care*, vol. 32, p. 514-519, 2016.

22. MATHUR, S. *et al.* Antibiotic use for community-acquired pneumonia in neonates and children: WHO evidence review. *Paediatrics and International Child Health*, vol. 38, sup. 1, 2018.
23. GUO, W., *et al.* Radiological findings in 210 paediatric patients with viral pneumonia: a retrospective case study. *The British Journal of Radiology*, vol. 85, n. 1018, 2012.
24. HILMES, M.A., *et al.* Chest radiograph features of human metapneumovirus infection in pediatric patients. *Pediatric Radiology*, vol. 47, n. 13, 2017.
25. BAY, A. *et al.* Radiological and clinical course of pneumonia in patients with avian influenza H5N1. *European Journal of Radiology*, vol. 61, n. 2, 2007.
26. PATRIA, M.F., *et al.* Association between radiological findings and severity of community-acquired pneumonia in children. *Italian Journal of Pediatrics*, vol.39, n. 56, 2013.
27. MAHOMED, N. *et al.* Preliminary report from the World Health Organisation Chest Radiography in Epidemiological Studies Project. *Pediatric Radiology*, vol. 47, n. 11, 2017.
28. FERRERO, F. *et al.* Radiographic findings among children hospitalized with severe community-acquired pneumonia. *Pediatric Pulmonology*, vol. 45, n. 10, 2010.
29. RODRIGUES, J.C., ADDE, F.V., SILVA-FILHO, L.V.R.F. *Doenças Respiratórias*. 1ª ed, São Paulo: Manole, 2008. 606p. (Pediatria,3).
30. VERVLOET, L. *et al.* Clinical, radiographic and hematological characteristics of *Mycoplasma pneumoniae* pneumonia. *Jornal de Pediatria*, vol. 86, n. 6, 2010.

CAPÍTULO 4

ARTIGO

A AVALIAÇÃO RADIOGRÁFICA E O DIAGNÓSTICO DE PNEUMONIA NA INFÂNCIA: UM ESTUDO UTILIZANDO *MOBILE EYE TRACKING* E TÉCNICAS DE INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL

H.A. Binato¹, D.L. Fernandes², S.A.C. Pereira¹, A. P. Gomes¹, E. Silva³, C. Kunrath⁴, F. Cardoso, I. Teoldo⁴, R. S. Batista²

1. Departamento de Medicina e Enfermagem – Universidade Federal de Viçosa, MG

2. Departamento de Informática – Universidade Federal de Viçosa, MG

3. Universidade Estadual da Zona Oeste – Rio de Janeiro, RJ

4. Núcleo de Pesquisas e Estudos em Futebol - Universidade Federal de Viçosa, MG

Introdução

É de conhecimento comum que as Pneumonias Adquiridas na Comunidade (PAC), são causa muito usual de morbidade e mortalidade na infância, representado um grave problema clínico para a faixa etária pediátrica, bem como relevante questão em saúde coletiva, em especial para a saúde pública¹. Especialmente quando falamos de países em desenvolvimento as pneumonias são a maior causa de mortalidade em crianças, com números que se aproximam de 2 milhões de mortes anualmente².

O diagnóstico exclusivamente clínico das PAC pode, muitas vezes, ser desafiador, haja vista não haver um sinal ou sintoma que seja patognomônico desta doença, ademais, muitas outras entidades nosológicas do trato respiratório (superior e/ou inferior) em crianças apresentam manifestações clínicas similares às pneumonias. Revisão sistemática publicada em 2015 traz o aumento da frequência respiratória como achado clínico isolado mais fielmente associado ao diagnóstico da PAC, enquanto os menos específicos foram febre e tosse³. Provas laboratoriais como a Reação de Cadeia de Polimerase (PCR) e hemoculturas, não apenas são pouco disponíveis, bem como não contribuem de imediato na decisão entre iniciar ou não a terapêutica antimicrobiana.

A radiografia de tórax é o exame radiológico de escolha no auxílio diagnóstico das PAC na infância e, no Brasil, seu uso é recomendado para todos os casos suspeitos⁴. Mesmo em países nos quais não há consenso para a realização deste exame na rotina de investigação das PAC, a radiografia de tórax é utilizada em larga

escala⁷. Embora seja um exame de alta disponibilização, custo reduzido e fácil realização, a radiografia de tórax permanece sendo um desafio para médicos atuantes em serviços de urgência e emergência, pediatras, pneumologistas pediátricos e até mesmo radiologistas em um ponto central: a interpretação das imagens obtidas.

Inúmeros estudos têm sido propostos e realizados com fins a encontrar um padrão de análise e interpretação dos achados radiográficos que permitam uniformizar as condutas tomadas frente a uma criança ou adolescente com probabilidade clínica de pneumonia, dentre estes, estudo da Organização Mundial de Saúde, no qual a concordância entre os observadores foi apenas mediana².

Por outro lado, o grande avanço tecnológico das últimas décadas tem lançado perspectivas alvissareiras no que tange ao desenvolvimento de ferramentas que possam auxiliar nas coletas e análises de dados para a realização de estudos que tratem sobre a atenção visual de profissionais potencialmente chamados a tomarem decisões mediante a observação e interpretação de radiografias de tórax. Neste citado contexto aparecem como importantes colaboradores os aparelhos de rastreamento de movimentação ocular – *eye trackers* – como o *Mobile Eye Tracking XG*[®].

Os dispositivos de rastreamento da movimentação ocular são capazes de, objetivamente, mostrar quais são as Áreas de Interesse Ocular (AIO), isto é, delimitar dentro do campo visual do indivíduo, quais são os pontos de maior interesse visual, possibilitando não apenas identificá-los, bem como quantificar quanto tempo o olhar foi direcionado para aquele determinado ponto – o que chamamos de Fixação. Além de determinar o número e a duração das fixações em áreas previamente estabelecidas, os *eye trackers* podem aferir o diâmetro pupilar do indivíduo, conferindo maior fidedignidade ao processo de análise de atenção visual^{8,9}.

O uso de dispositivos de rastreamento do movimento ocular tem sido alvo de inúmeros pesquisadores por todo o mundo e são especialmente úteis em estudos de tomada de decisões clínicas, (bio)éticas e radiológicas em diversas áreas do conhecimento em saúde^{10,11,12}. Um estudo envolvendo médicos colonoscopistas demonstrou que é possível, através do uso de *eye-trackers* comparar, com fidedignidade estatística o padrão do olhar durante a realização de procedimentos colonoscópicos¹³.

Os aparelhos de rastreamento do movimento ocular não fornecem apenas dados em forma de imagem, mas também dados numéricos em grande quantidade, conferindo

assim alto grau de dificuldade em sua computação e análise. Diante disso, a Inteligência Artificial (IA) emerge como ferramenta singular no auxílio da compilação, processamento e análise de dados gerados pelos *eye-trackers*.

Partindo-se do já comprovado princípio de que máquinas são capazes de adquirir conhecimentos quando nelas são introduzidos dados de uma base prévia de conhecimento, é natural que o Aprendizado de Máquina (AM) seja utilizado como método de obtenção de informações nas diversas áreas do conhecimento, em especial nas ciências da saúde¹⁴. Sistemas de IA se comportam como médicos humanos – quando adequadamente treinados, partem de princípios, e regras básicas gerais e utilizam tais informações de maneira individualizada visando resolver um ou mais problemas a eles expostos¹⁵.

Este estudo foi concebido com vistas a utilizar técnicas de IA na análise de dados obtidos por aparelho de rastreamento do movimento ocular de um médico radiologista e de estudantes de medicina quanto convidados a interpretar radiografias de tórax – normais e com alterações compatíveis com PAC – de pacientes pediátricos.

Métodos

Participantes da pesquisa

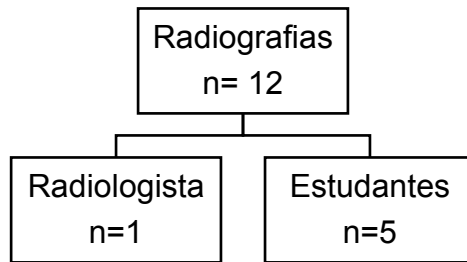
Para participação no estudo, foram convidados: um médico radiologista, com mais de dez anos de experiência profissional, e cinco estudantes regularmente matriculados no 2º ano (3º período) do Curso de Graduação em Medicina de uma instituição pública do Estado de Minas Gerais. Até o final do 2º ano do referido curso os estudantes não cursaram nenhuma disciplina relacionada às áreas de radiologia/diagnóstico por imagem.

Todos os participantes aceitaram colaborar com a pesquisa, o que foi formalizado com a oferta e assinatura do TCLE.

Seleção dos exames radiográficos

O processo de seleção dos exames radiográficos é apresentado na figura 1, a seguir.

Figura 1 - Estrutura de seleção dos participantes e radiografias.



Como critérios de inclusão dos exames foram elencados os seguintes: radiografias com padrão técnico considerado adequado pelo médico radiologista, imagens obtidas de pacientes entre 0 e 12 anos de vida. Definiu-se como critérios de exclusão: exames com artefatos e/ou mau padrão técnico na obtenção de imagens e exames de crianças com idade acima de 12 anos de idade, haja vista que esta faixa de intervalo etário contém a maior parte dos pacientes internados por PAC no Brasil⁴.

Procedimentos de coleta de dados

Os participantes foram individualmente conduzidos ao laboratório de análise de desempenho do Núcleo de Pesquisas e Estudos em Futebol- NUPEF. O NUPEF é um órgão acadêmico, vinculado ao Departamento de Educação Física da UFV e tem, dentro de sua estrutura, o Laboratório de Cognição e Ação Esportiva, o qual foca suas atividades de ensino e pesquisa nos processos e mecanismos de tomada de decisão, especialmente utilizando o *Mobile Eye Tracking-XG*[®], dispositivo capaz de realizar mapeamento da busca visual e esforço cognitivo. Ao acessarem o NUPEF, os participantes foram alocados para a avaliação visual de imagens de radiografias de tórax já selecionadas (conforme descrição no item anterior), previamente laudadas por médico radiologista e com laudos compatíveis com: (1) ausência de alterações radiológicas e (2) com alterações radiológicas sugestivas de PAC.

No momento anterior à análise lhes foi apresentado e acoplado o aparelho de rastreamento ocular *Mobile Eye Tracking-XG*[®] (*Applied Science Laboratories*, Bedford, MA, EUA). Após a colocação do aparelho, em cada participante foi realizada a calibração do *Mobile Eye Tracking* de acordo com a especificação do fabricante, bem como a re-calibração de acordo com eventuais imperfeições visuais dos analisadores participantes.

Para que o movimento ocular fosse o mais aproximado da realidade da prática clínica diária, não foi realizada fixação da cabeça dos participantes, estando esta

passível de livre movimentação. Foi orientado, ainda, que fosse guardada uma distância de aproximadamente 50 cm entre o observador e a tela de projeção das imagens.

As Áreas de Interesse Visual (AIV) foram definidas de acordo com o laudo das radiografias selecionadas pelo pesquisador, e podem ser observadas na Tabela 1.

Tabela 1 - Descrição das Áreas de Interesse Visual

<i>Imagens</i>	<i>Área 1</i>	<i>Área 2</i>	<i>Área 3</i>	<i>Área 4</i>	<i>Área 5</i>
1,2,7,8,9	Lesão descrita e áreas adjacentes	Outras áreas dos campos pleuro-pulmonares	Coração/Mediastino	Extra-torácica	Sem classificação
3	Campos Pleuro-pulmonares à esquerda	Campos Pleuro-pulmonares à direita	Coração/Mediastino	Extra-torácica	Sem classificação
4	Timo	Outras áreas dos campos pleuro-pulmonares	Coração/Mediastino	Extra-torácica	Sem classificação
5,6,10,11,12	Campos Pleuro-pulmonares	Coração/Mediastino	Extra-torácica	Sem classificação	

Nas análises estáticas e de IA da radiografia número três, os dados referentes às AIV 1 e 2 foram combinados para que houvesse uniformidade dos dados com as demais radiografias consideradas normais.

Após a análise individual das imagens expostas, os participantes responderam questionário (ANEXO I) contendo três perguntas versando sobre: (a) a qualidade técnica do padrão radiográfico, (b) se há alguma alteração que sugira PAC, e (c) fazer a descrição das eventuais alterações por eles encontradas. Finda a observação de cada imagem radiográfica, não foi permitido ao participante olhar novamente a tela do computador, devendo olhar somente para o questionário.

Através das análises dos vídeos e dos dados gerados foi possível proceder a apreciação das seguintes variáveis de cada um dos participantes: (i) o número de fixações totais em cada imagem, (ii) o número de fixações em cada AIV em cada

imagem, (iii) a duração das fixações em cada imagem, (iv) a duração da fixação em cada AIV em cada imagem, (v) o tempo de cada cena, (vi) o tempo total de análise e (vii) as mensurações do diâmetro pupilar durante toda a análise.

É importante ressaltar que durante a análise visual, os participantes tiveram liberdade para magnificar ou diminuir as imagens, isto se justificou pela possibilidade de simular a realidade da prática clínica diária podendo, assim, aproximar o resultado da análise (normal ou alterada) do real. No entanto, houve a necessidade de proceder recortes nos tempos de análise total de cada participante, para que houvesse uniformidade na análise, tendo sido contabilizados 10 segundos como amostragem do total de tempo despendido em cada imagem.

Análise Estatística

Para a realização da avaliação comparativa, foi utilizado – como parâmetro referencial – o conjunto de dados obtidos pela análise do radiologista, posteriormente comparados com os dados dos estudantes.

Foram analisados os dados de cada participante e todas as cenas (imagens radiográficas) e deles foram obtidos os números de fixações em cada uma das AIV, bem como a duração das fixações.

Para a variável de Pupilometria, foi obtida a média dos valores encontrados para os vetores verticais e horizontais, bem como para o diâmetro pupilar total. Após a realização do teste de normalidade de Shapiro-Wilk os resultados obtidos se comportaram de maneira não-paramétrica. Dado o comportamento não-paramétrico, a verificação da diferença estatística foi realizada pelo teste de Mann-Whitney U. Para a análise estatística das métricas oculares, ou seja, o número e duração das fixações nas AIV, foram usados os testes de hipótese estatística T (paramétrico – caso os dados sejam normais e as variâncias sejam estatisticamente iguais) e de Mann Whitney U (não paramétrico – caso os dados não sejam considerados normais). Foi utilizado o *software R*® na versão 3.5 e p -valor < 0,05 como nível de significância estatística.

Análise utilizando técnicas de IA

Para que um padrão possa ser computacionalmente reconhecido é necessário que todas as suas características sejam representadas numericamente. Os dados de

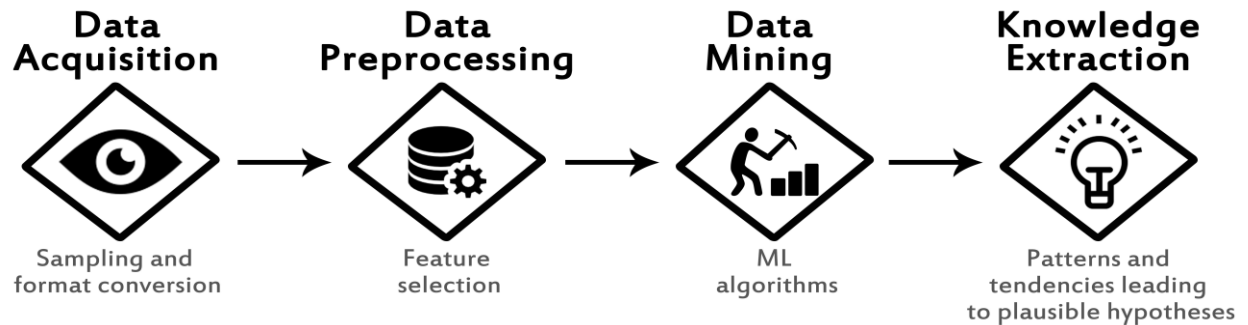
movimentação ocular capturados para cada participante já se apresentam nesse formato e compõem o vetor de características que representa uma observação. Inicialmente foram criadas 12 planilhas em formato Excel® (correspondentes às 12 radiografias analisadas) utilizando os resultados numéricos obtidos pelo *Mobile Eye Tracking*® nas quais foram inseridos os dados de cada um dos participantes considerando as métricas pupilares, as fixações nas AIV e a dilatação pupilar média, em função da resposta dos participantes quanto à qualidade técnica da radiografia e se houve percepção de alterações radiográficas ou não. A seleção dos atributos foi feita através das técnicas InfoGain e Correlationbased Feature Selection já utilizada em outros estudos na área médica como citado por Fernandes (2017)²⁹.

Em geral, nem todos os dados que compõem o vetor de características são relevantes para a descrição do padrão que representa. Por isso, algum tipo de pré-processamento precisa ser aplicado aos dados para que as características menos relevantes, tais como ruídos e valores nulos, sejam descartadas e as mais relevantes sejam preservadas. Técnicas estatísticas como, Análise de Sensibilidade e Análise de Componentes Principais são úteis para esse fim. Essa redução na dimensionalidade contribui para a diminuição da complexidade do modelo computacional a ser utilizado para o reconhecimento dos padrões e, como consequência, resultados melhores podem ser obtidos.

Finda a etapa de pré-processamento, a próxima etapa é a de processamento, ou seja, de reconhecimento dos padrões. Como suporte e interface para os testes algorítmicos foi utilizada a plataforma WEKA® - Waikato Environment for Knowledge Analysis. Trata-se de um *software*, escrito na linguagem computacional Java®, no qual estão agregados inúmeros modelos de algoritmos de aprendizado de máquina e mineração de dados. Eibe (2016)³⁸ cita em artigo explicativo sobre a plataforma WEKA® trata-se de um plano de trabalho que permite a todos os autores acesso ao estado-da-arte em técnicas de aprendizado de máquina. O processo de extração do conhecimento está representado na figura 2. No momento em que as variáveis (atributos) foram inseridas nos algoritmos, foram realizados testes para a verificação acerca de qual algoritmo ofereceria os melhores resultados. A escolha dos algoritmos testados baseou-se em dados da literatura versados no uso de IA nas ciências da saúde ^{29, 35-37}, sendo todos eles do tipo aprendizagem supervisionada, já explicada no capítulo 1 sendo eles do tipo: bayes (BayesNet e NaiveBayes), funções

(MultilayerPerceptron (Rede Neural) e Sequential Minimal Optimization (SMO - SVM), guloso (IBk (kNN)), regras (JRIP) e árvores (J48 (C4.5), RandomForest e RandomTree).

Figura 2 - Modelo simplificado do processamento de extração de conhecimento de uma base de dados, proposta por Fernandes (2018)²⁹.



Superada esta etapa, foram analisados os dados coletados pelo autor do estudo quanto à interpretação radiológica dos participantes e, *a posteriori*, comparadas com as análises de movimentação ocular obtidas pelo *Mobile Eye Tracking* considerando os dois grupos – radiologista e estudantes, tomando o radiologista como referência. A comparação entre os resultados da focalização visual, aliados à interpretação radiográfica dos participantes, tornará possível a obtenção de uma comparação efetiva entre os índices de acerto dos estudantes, radiologistas e dos algoritmos.

Aspectos éticos

O presente estudo foi submetido à apreciação do Comitê de Ética em Pesquisa com Seres Humanos da Universidade Federal de Viçosa e foi fornecido e assinado Termo de Consentimento Livre e Esclarecido aos participantes, cumprindo orientação da Resolução nº 466/2012 do Conselho Nacional de Saúde¹⁹, conforme consta no parecer nº 2.220.701; CAAE nº 70053517.5.0000.5153. Foi solicitada e aceita a dispensa da aplicação do TCLE para a utilização das imagens radiográficas.

Como possíveis riscos pertinentes à participação no estudo tivemos o tempo dispendido, possível desconforto à utilização do *Mobile Eye Tracking XG*[®] e ao preenchimento dos questionários.

Dentre os potenciais benefícios ressalta-se: o melhor conhecimento sobre o padrão de comportamento ocular e pupilar nas análises de radiografias de tórax, possibilitando uma melhor abordagem das Pneumonias Comunitárias da infância,

problema de saúde de grande impacto social; bem como da possibilidade da melhora no ensino médico, formando profissionais de maior arsenal de pensamento e conhecimento.

Resultados e Discussão

Avaliação da Qualidade do Filme Radiográfico

Todas as imagens foram classificadas como tendo padrão técnico adequado – na avaliação do especialista, ao passo que apenas a imagem número oito foi classificada como sendo de adequado padrão técnico para todos os estudantes, ou seja, em onze das doze imagens, ao menos um estudante observou inadequação técnica na obtenção da imagem.

Presença de alterações radiográficas compatíveis com PAC

Na avaliação do especialista, as radiografias n° 1, 2, 7, 8 e 9 apresentaram achados radiográficos compatíveis com PAC. Apenas para um estudante a radiografia n°1 não era compatível com diagnóstico de PAC. A tabela 2 mostra a distribuição da positividade dos achados de PAC. Houve ainda total concordância entre os laudos prévios das imagens e a análise do especialista participante do estudo.

Observou-se que em nenhuma das radiografias analisadas houve 100% de concordância entre estudantes e especialista; bem como não houve concordância na análise quando comparados apenas os estudantes ($\kappa < 0$). Tomando a avaliação do especialista como padrão para o diagnóstico radiográfico correto, obtivemos, os resultados expostos na tabela 2.

Tabela 2 – Concordância da avaliação radiográfica entre estudantes e especialista.

ESTUDANTES	ESPECIALISTA		TOTAL
	ALTERADO	NORMAL	
ALTERADO	13	13	26
NORMAL	7	15	22
TOTAL	20	28	48

Tomando a avaliação do especialista como sendo sinônimo de certeza no diagnóstico radiográfico, obtivemos valores de Sensibilidade e Especificidade respectivamente de 65,0% e 53,6%. Ainda falando sobre a validade do teste diagnóstico – a avaliação dos estudantes, obtivemos Valor Preditivo Positivo (VPP) de 50,0% e Valor Preditivo Negativo (VPN) de 68,2%, valores que estão em consonância com o estudo de McLaughlin¹⁷ (2017), no qual também foi utilizado um dispositivo *eye-tracker* na avaliação de radiografias de tórax por parte de estudantes.

A tabela 3 traz o tempo total de análise dos filmes radiográficos por todos os participantes.

Tabela 3 – Tempo total de análise das radiografias

Participante	Tempo de análise das 12 cenas (s)
<i>Especialista</i>	05:30,71
<i>Estudante 1</i>	07:05,84
<i>Estudante 2</i>	04:11,37
<i>Estudante 3</i>	09:57,83
<i>Estudante 4</i>	06:02,20

Rastreo da Movimentação Ocular

Nos seis vídeos analisados – especialista e cinco estudantes –, obteve-se um tempo médio de vídeo de 06:59.88 minutos, variando entre 04:11.37 e 09:57.83 minutos. Houve a necessidade da exclusão dos dados de um dos participantes na análise das AIV, haja vista este não ter seguido a orientação de olhar para a imagem radiográfica apenas uma vez, alternando seu campo visual diversas vezes entre a tela e o questionário.

A média do número de fixações para o radiologista nas 12 imagens foi de 14,25 e o tempo médio das fixações foi de 19,12 segundos, e para os estudantes os números foram 17,1 fixações e 9,54 segundos a média de fixações por imagem. Os dados individualizados então na tabela 4.

Em nenhuma das radiografias analisadas, dentre aquelas que foram consideradas alteradas pelo radiologista participante do estudo, houve diferença estatística significativa no que tange às médias do número de fixações, verificando-se tal situação apenas em três imagens (6,10 e 12), todas elas avaliadas normais pelo especialista.

A análise dos dados do radiologista, das radiografias avaliadas como normais, mostra que, nas AIV dos campos pleuro-pulmonares, houve uma média de cinco fixações, com duração média de 9080 milissegundos, sendo que estas AIV foram alvo, na média, de 82% de todo o tempo de observação das imagens, sendo que 59% de todas as fixações se concentraram nos campos-pleuro pulmonares.

Tabela 4 - Distribuição do número de fixações, duração total das fixações e média de duração das fixações por imagem dos participantes.

	Nº de fixações	Duração total das fixações (seg)	Média duração fixações/imagem (seg)
Especialista	171	229,4	19,12
Estudante 1	213	112,4	9,36
Estudante 2	188	89,6	7,46
Estudante 3	198	143,3	11,94
Estudante 4	223	112,9	9,41

A tabela 5 exemplifica o que foi acima descrito, expondo os resultados obtidos com a análise da imagem 12.

Tabela 5 – Média, desvio-padrão e valores de *p* na imagem 12.

	Média	Desvio-Padrão	p-valor Especialista x Estudantes
Especialista	2	±0,81	-
Estudante 1	6	±1,82	0,004831
Estudante 2	2	±1,82	0,72
Estudante 3	5,25	±2,21	0,02046
Estudante 4	5,25	±2,87	0,04205

Nas radiografias alteradas, o radiologista focou nas AIV contendo as alterações por ele relatadas em média em 36,4% de todas as AIV e 57,3% nas AIV correspondente às outras regiões dos campos pleuro-pulmonares.

Pupilometria

Faculdades cognitivas como julgamento, raciocínio e atenção são largamente utilizadas durante um processo de tomada de decisão, desencadeando variadas reações em diversos pontos do sistema nervoso humano¹⁶. O comportamento pupilar pode indicar o estado emocional no processo de tomada de decisões do indivíduo. O aumento do diâmetro pupilar total – conhecido como midríase – está intrinsecamente relacionado à ativação do sistema nervoso autônomo simpático e é resultado de uma série de interações neuropsicológicas¹⁶. Tal fato pode explicar os achados de

movimentação ocular não terem revelado diferença estatística significativa já que estes são movimentos voluntários, enquanto o comportamento do diâmetro pupilar reflete maior carga de esforço cognitivo autônomo, gerando uma alteração neuro-muscular involuntária.

Neste estudo o comportamento pupilar dos participantes foi obtido e analisado em função da percepção da presença ou não de achados radiográficos compatíveis com PAC. Foi ainda realizada comparação entre o especialista e os estudantes e entre os estudantes.

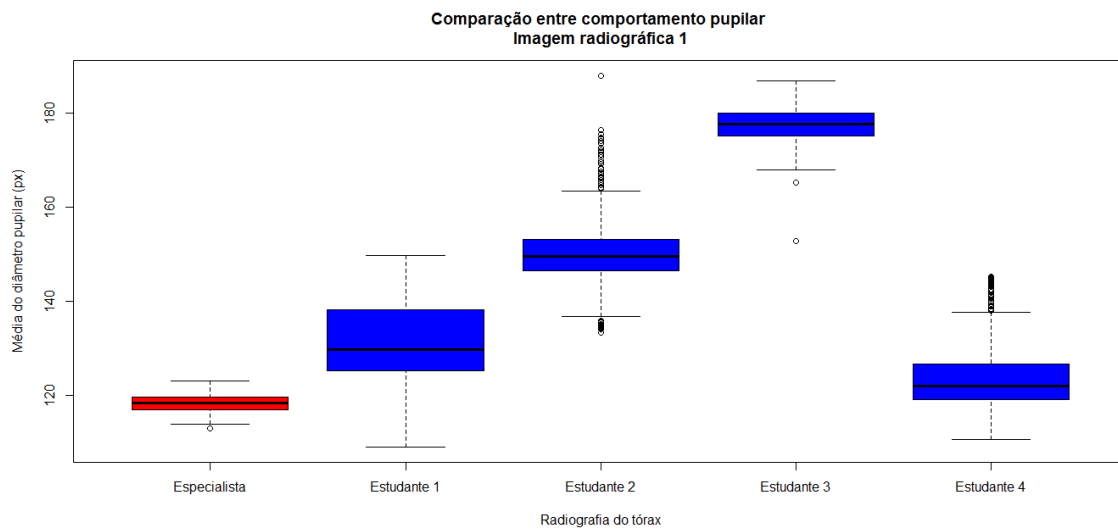
Observou-se que a média do diâmetro pupilar do especialista foi menor do que a dos estudantes, para todas as doze radiografias, como demonstrado nos gráficos abaixo. A média do diâmetro pupilar do especialista foi de 110,19 pixels, e revelou diferença estatística significativa quando comparada às dos estudantes, conforme indicado na tabela abaixo ($p < 0,05$). A figura 3 mostra a distribuição da média do diâmetro pupilar dos participantes durante a análise de uma das imagens radiográficas.

Tabela 6 - Média do diâmetro pupilar geral dos participantes.

	<i>Especialista</i>	<i>Estudante 1</i>	<i>Estudante 2</i>	<i>Estudante 3</i>	<i>Estudante 4</i>
<i>Diâmetro pupilar médio (pxl)</i>	110,19	126,22	149,64	161,13	149,12

Foram ainda comparadas as médias dos diâmetros pupilares dos participantes em função da avaliação das radiografias como normais ou alteradas, isto é, com achados radiográficos compatíveis com PAC, como exemplificado na figura 4.

Figura 3 - Média do diâmetro pupilar dos participantes - radiografia 1.



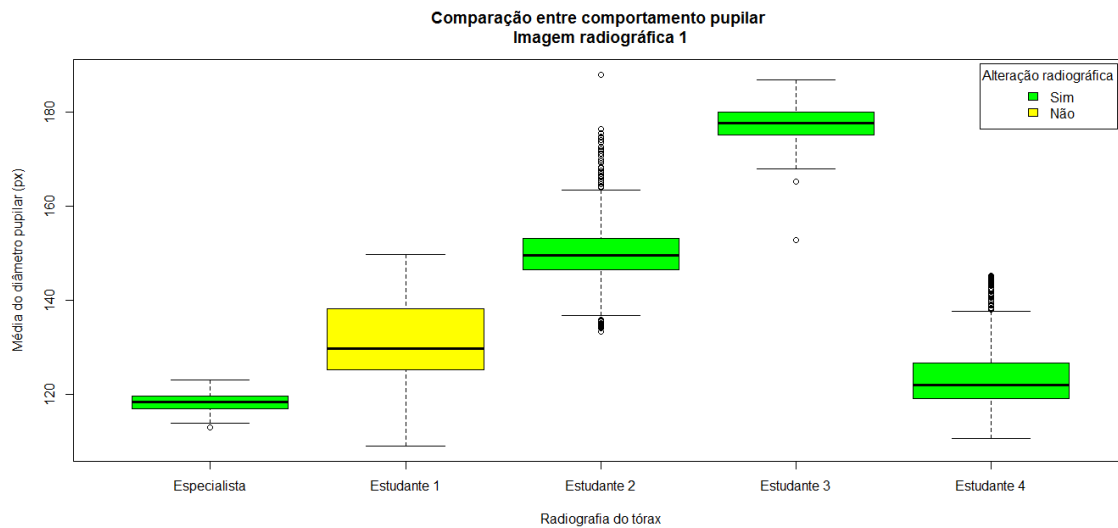
A média do diâmetro pupilar nas imagens alteradas foi de 114,48 mm para o especialista e entre os estudantes foi de 138,80mm ($p < 0,05$). Quando os dados de diâmetro pupilar e as respostas dos questionários sobre se havia ou não alteração radiográfica compatível com PAC, o teste não-paramétrico não revelou diferença estatisticamente significativa em apenas quatro dentre todos os cruzamentos entre o resultado da análise – radiografia normal ou alterada – em função do comportamento do diâmetro pupilar ($p < 0,05$), sendo que nenhum dos quatro cruzamentos envolvia resultados do especialista.

A diferença entre os comportamentos pupilares era previamente esperada, já que a ativação adrenérgica simpática que controla os processos de midríase e miose são faculdades intimamente ligadas a processos que envolvem carga emocional importante, mediados especialmente pelo sistema límbico, como descrito por Fernandes *et al.*¹⁶ (2017).

Resultados da investigação utilizando técnicas de IA

O que se busca quando é realizada uma análise de dados com vistas a obter conhecimento por parte da máquina é, em última instância, estabelecer o poder preditivo de um ou mais algoritmos, podendo, desta forma, contribuir para o processo de tomada de decisão humana¹⁶. Neste estudo obtivemos da máquina (algoritmos de aprendizagem) respostas quanto à presença de achados radiográficos compatíveis com pneumonia em radiografias de crianças de 0 a 12 anos de idade.

Figura 4 - Comparação das médias do diâmetro pupilar dos participantes durante a cena 1, de acordo com a classificação entre normal e alterada.



As variáveis analisadas – atributos – fornecidas aos algoritmos advieram dos dados coletados pelo *Mobile Eye Tracking XG*[®] e estão descritas abaixo.

- Duração total de análise da imagem
- Dilatação geral da pupila
- Número de fixações sobre as aiv
- Quantidade total de fixações na imagem
- Duração das fixações sobre as aiv
- Total das durações
- Média das durações sobre as fixações
- Qualidade técnica da imagem
- Alteração radiográfica (classe)

A avaliação do desempenho de cada imagem se deu através das medidas de acurácia, precisão e sensibilidade e foram baseadas nas respostas fornecidas pelo radiologista ao questionário de avaliação.

Entende-se por acurácia o nível de proximidade de uma estimativa com seu valor verdadeiro, enquanto a precisão reflete a semelhança entre os resultados obtidos quando o processo de mensuração é repetido¹⁸. Já a sensibilidade é definida

como a probabilidade de um indivíduo ter uma determinada doença caso o teste realizado seja positivo¹⁹.

Na tabela 7 estão expostas as taxas de acurácia, precisão e sensibilidade fornecidas pelos algoritmos para uma radiografia normal, sendo esta uma daquelas cuja análise de movimentação ocular revelou diferença estatística significativa entre estudantes e radiologista.

Tabela 7 - Taxas de acerto dos algoritmos para a imagem 6.

CLASSIFICADOR/ALGORITMO	ACC (%)	PR (%)	SN (%)	ROC (%)
SMO (RBFKERNEL)	80	64	80	50
NAIVEBAYES	80	64	80	40
IBK (VIZINHOS = 3)	80	64	80	12,5
JRIP	80	64	80	0
J48	80	64	80	0
RANDOMFOREST	80	64	80	0
BAYESNET	60	60	60	25
RANDOMTREE	40	53	40	25
MULTILAYERPERCEPTRON	20	40	20	25
SMO (SEM KERNEL)	20	40	20	12,5

Pode-se perceber que, para esta imagem, a sensibilidade, ou seja, a ausência de pneumonia, chegou a 80%, sendo maior do que aquela encontrada quando se comparou o grupo de estudantes com o radiologista, dado que converge com o estudo publicado por Naydenova *et al.* (2016)²⁰, no qual a mineração de dados encontrou índices de sensibilidade entre 72% e 98% quando os atributos foram sinais e sintomas clínicos de crianças com pneumonia.

No entanto, ao serem utilizadas técnicas de seleção de atributos, houve aumento, em vários dos algoritmos das taxas de acurácia, precisão e sensibilidade, elevando a sensibilidade média de 62% para 72%.

As técnicas de seleção de atributos são métodos matemáticos para a redução da complexidade das bases de dados, reduzindo sua dimensionalidade, melhorando assim o desempenho do algoritmo¹⁶.

Uma das regras mais destacadamente úteis na análise algorítmica desta imagem foi a duração total da análise da imagem:

→ **Se** duração total de análise da imagem < 22026 ms **então** alteração radiográfica = sim.

Caso contrário, alteração radiográfica = não.

Em todas as imagens selecionadas para o teste, a acurácia dos algoritmos foi \geq a 80%, sendo que na imagem 2 alguns algoritmos como os Random Forest e Random Tree chegaram a 100% de acerto.

Percebemos ainda que as regras mais frequentemente criadas pelos algoritmos foram aquelas relacionadas ao número e à duração das fixações nas AIV, fato que discorda do estudo de Hanley *et al.* (2017)¹², no qual a duração das fixações não apresentou taxas de concordância significativas, embora no estudo citado não tenham sido utilizados algoritmos, mas sim, avaliadores humanos.

Nesta avaliação, observou-se que, após a seleção de atributos dos modelos da imagem 12 (normal), os algoritmos do tipo funções *MultilayerPerceptron* e *SMO com e sem kernel*, tiveram os melhores desempenhos preditivos. Novamente verificando uma regra obtida pela RandomTree que diferente da anterior que destacava a AIV 4, esta envolve os atributos de dilatação da pupila e duração total da imagem:

→ **Se** dilatacao_pupila < 135,35 px **então** alteracao_radiografica = não.

Nas imagens 1, 2 e 9 (todas elas consideradas alteradas pelo radiologista, a área sob a curva ROC, segundo os algoritmos testados foi de 100%, isto é, a associação entre sensibilidade e especificidade altíssima, conferindo, assim a estes entes computacionais alto poder discriminante no que tange ao diagnóstico radiográfico das PAC na infância.

Na avaliação dos modelos do RX10, após a seleção de atributos, observou-se que o algoritmo baseado em redes neurais, MultilayerPerceptron, e os algoritmos baseados em árvores de decisão (RandomTree e RandomForest) se sobressaíram consideravelmente em relação aos demais algoritmos em todas as métricas. Neste caso ainda, o RandomTree gerou a seguinte regra que envolve a AIV 1:

→ **Se** duracao_AOI_1 < 1960 ms **então** alteracao_radiografica = não.

Caso contrário, alteracao_radiografica = sim.

Na análise do desempenho dos algoritmos nessa imagem, percebe-se que os algoritmos BayesNet, RandomForest e RandomTree tiveram os melhores desempenhos em todas as métricas (100%), seguidos pelo MultilayerPerceptron com 80% de ACC mas com 100% de ROC, o que demonstra que mesmo não conseguindo classificar todas as instâncias corretamente, o valor elevado da ROC evidencia um

alto poder preditivo, o que significa que as probabilidades geradas pelo modelo são robustas.

Tabela 8 - Taxas de acerto dos algoritmos para a imagem 3.

CLASSIFICADOR/ALGORITMO	ACC (%)	PR (%)	SN (%)	ROC (%)
BAYESNET	100	100	100	100
RANDOMFOREST	100	100	100	100
RANDOMTREE	100	100	100	100
MULTILAYERPERCEPTRON	80	87	80	100
NAIVEBAYES	60	60	60	83,3
JRIP	60	60	60	0
IBK (VIZINHOS = 2)	40	30	40	66,7
J48	40	30	40	66,7
SMO (SEM KERNEL)	40	30	40	33,3
SMO (RBFKERNEL)	40	30	40	33,3

As regras geradas anteriormente foram mantidas após a seleção dos atributos pelos algoritmos, contudo, escolhe-se a regra gerada pelo J48 por ter sido o algoritmo, entre os três que retornam regras testados, que criou um modelo com maior valor da ROC:

→ Se dilatacao_pupila <= 122,5 px então alteracao_radiografica = não.

Caso contrário, alteracao_radiografica = sim.

Conclusões e perspectivas futuras

Este estudo buscou avaliar, essencialmente, a possibilidade do uso de técnicas de IA no auxílio ao diagnóstico radiográfico de pneumonias na infância, através da análise visual de estudantes de medicina e médico radiologista. As análises resultantes mostram haver índice de concordância interobservadores negativa no grupo dos estudantes. Foi possível concluir, ainda, que não há semelhança significativa no movimento ocular dos dois grupos participantes quando relacionadas à presença de achados radiográficos compatíveis com PAC; ao passo que o comportamento pupilar foi visto como altamente associado com a concordância diagnóstica.

Ulteriormente, os algoritmos utilizados como técnicas de aprendizado de máquina tiveram papel altamente satisfatório no diagnóstico radiográfico quando comparados ao médico radiologista, constituindo assim poderosa ferramenta auxiliar ao humano na tomada de decisão.

Os algoritmos utilizados, especialmente os de modelagem tipo Redes Neurais Artificiais MultilayerPerceptron, os SVM e os baseados na Teoria de Bayes obtiveram resultados bastante satisfatórios no que tange ao processo de aprendizagem, demonstrando taxas de acurácia, precisão e sensibilidade acima de 80%.

Cabe ressaltar que, como limitação desta pesquisa, tivemos uma amostra de avaliadores pouco extensa. Isso faz com que os algoritmos tenham menos informação para promover a generalização, de forma que as taxas de aprendizado obtidas podem ter sido subestimadas, dado o baixo número de instâncias.

Esta pesquisa abre mais um leque de opções e necessita de estudos complementares para que sejam oferecidos argumentos ainda mais robustos para a utilização de técnicas de Inteligência Artificial na facilitação da tomada de decisão de médicos frente a uma radiografia de tórax em pediatria e outras áreas do conhecimento médico.

Referências

1. OLIVEIRA, B.R.G *et al.*; Causas de hospitalização no SUS de crianças de zero a quatro anos no Brasil. *Revista Brasileira de Epidemiologia*. São Paulo, vol.13, n. 2, p. 268-7, 2010.
2. CHERIAN, T. *et al.* Standartized interpretation of paediatric chest radiographs for the diagnosis of pneumonia in epidemiological studies. *Bulletin of The World Health Organization*, 2005.
3. RAMBAUD-ALTHAUS, C., ALTHAUS, F., GENTON, B., D'ACREMONT, V. Clinical features for diagnosis of pneumonia in children younger than 5 years: a systemativ review and meta-analysis. *The Lancet Infectious Diseases*, vol. 15, n.4, p439–450, 2015.
4. THEA, D.M. *et al.* Limited Utility of Polymerase Chain Reaction in Induced Sputum Specimens for Determining the Causes of Childhood Pneumonia in Resource-Poor Settings: Findings From the Pneumonia Etiology Research for Child Health (PERCH) Study. *Clinical Infectious Diseases*, vol. 64, n.3, p S289-S300, 2017.
5. IBIAPINA, C.C. *et al.* Pneumonias comunitárias na infância: etiologia, diagnóstico e tratamento. *Revista Médica de Minas Gerais*, Belo Horizonte, vol. 14 (1 Supl. 1): S19-S25, 2004.

6. MINISTÉRIO DA SAÚDE; Diretrizes brasileiras em pneumonia adquirida na comunidade em pediatria. *Jornal Brasileiro de Pneumologia.*; São Paulo, vol. 33, (Supl 1): S 31-S 5, 2007.
7. BOWEN, S-JM., THOMSON, A.H. British Toracic Society Paediatric Pneumonia Audit: a review of 3 years data. *Chest Clinic*, vol. 68, p. 682-683, 2013
8. K. KURZHALS, *et al.* Visual Analytics for Mobile Eye Tracking, *IEEE Transactions on Visualization and Computer Graphics*, vol. 23, no. 1, p. 301-310, 2017.
9. ASAN, O., YANG, Y. Using Eye Trackers for Usability Evaluation of Health Information Technology: A Systematic Literature Review, *JMIR Hum Factors*, vol.2, n.1, 2015.
10. BROWNING, M. *et al.* The use and limits of eye-tracking in high-fidelity clinical scenarios: A pilot study. *International Emergency Nursing*, vol. 25, p. 43 -47, 2016.
11. SIQUEIRA-BATISTA, Rodrigo *et al.* A Tomada de Decisão (Bio)ética: Estudo Preliminar Utilizando o Mobile Eye Tracking. *Rev. bras. educ. med.*, Rio de Janeiro, v. 39, n. 4, p. 496-501, 2015.
12. HANLEY, J. *et al.* Visual Interpretation Of Plain Radiographs In Orthopaedics Using Eye-Tracking Technology. *Iowa Orthop Journal*, vol. 37, p. 225–231, 2017.
13. DIK, V.K. *et al.* Measuring gaze patterns during colonoscopy: a useful tool to evaluate colon inspection? *Eur J Gastroenterol Hepatol*. Vol. 28, n 12, p. 1400-1406, 2016.
14. GALVÃO, N.D., MARIN, H.F. Técnica de mineração de dados/; uma revisão da literatura. *Acta Paulista De Enfermagem*, vol. 22, n. 5, p. 686-690, 2009.
15. OBERMEYER, Z. EMANUEL, E.E., Predicting the Future — Big Data, Machine Learning, *N Engl J Med*, vol. 375, n.13, 2016.
16. FERNANDES, D.L. *et al.* Investigation of the visual attention role in clinical bioethics decision-making using machine learning algorithms. *Procedia Computer Science*, vol. 108c, 2017.
17. MCLAUGHLIN, L. *et al.* Eye Gaze Metrics for the Automatic Assessment of Radiographer Performance during X-ray Image Interpretation. *International Journal of Medical Informatics*, vol. 15, p. 11-21, 2017.

18. MONICO J.F.G., *et al.* Acurácia e precisão: revendo os conceitos de forma acurada. *Bol. Ciênc. Geod.*, vol. 15, n. 3, p.469-483, 2009.
19. FERREIRA, J.C., PATINO, C.M. Entendendo os testes diagnósticos. Parte 1. *J Bras Pneumol.* vol. 43, n. 5, p. 330-330, 2017.
20. NAYEDOVA E., *et al.* The power of data mining in diagnosis of childhood pneumonia. *Journal of The Royal Society Interface*, London vol. 13, n 120, 2016

CAPÍTULO 5

SUGESTÃO DE ROTEIRO PARA ENSINO DA ANÁLISE DE RADIOGRAFIAS DE TÓRAX

É sabido que as pneumonias adquiridas na comunidade (PAC) são doenças de alto impacto na saúde da criança e do adolescente, sendo causa muito frequente de consultas, internações e mortes nessa faixa etária¹. Embora sejam doenças muito conhecidas e objetos de pesquisas por todo o planeta, as PAC permanecem impactando ferozmente nos números de mortalidade pediátrica². Segundo a Organização Mundial da Saúde (OMS), 878.829 crianças menores de cinco anos de idade morreram em decorrência de infecções respiratórias agudas.

O diagnóstico clínico das PAC nem sempre é fácil haja vista as dificuldades e peculiaridades na realização da anamnese e exame clínico em pediatria. Cuidadores que nem sempre são os informantes da situação clínica do paciente, a criança que não se deixa examinar, dificultando sobremaneira manobras semiotécnicas importantíssimas – em especial a contagem da frequência respiratória e ausculta pulmonar – são alguns dos desafios que pediatras, clínicos e outros especialistas encontram para realizar com maior fidedignidade o diagnóstico de pneumonias.

Não apenas os achados clínicos são, muitas vezes de difícil percepção, mas também são pouco específicos, podendo indicar outras entidades nosológicas que não as pneumonias. A frequência respiratória acima das 50 irpm (incursões respiratórias por minuto) aparece em grande metanálise publicada no periódico Lancet em 2015 como apresentando maior especificidade na avaliação clínica das PAC³.

Provas laboratoriais tais como leucometria total e diferenciada, PCR, VHS e Pro-calcitonina não obtiveram, ainda, respaldo suficiente para formalizar o diagnóstico de PAC^{4,5,6}.

Com base no contexto acima explicitado, a radiografia de tórax se mostra determinante na tomada de decisão quanto ao diagnóstico e à terapêutica nas PAC, especialmente no que tange à não-prescrição de antimicrobianos, como explica artigo publicado por Neumann *et al.* (2012)⁷. Dados publicados pela OMS ressaltam que, nem mesmo a dose ideal de Amoxicilina para o tratamento das PAC pode ainda ser

estabelecida, bem como não é ainda possível precisar quais antimicrobianos estão sendo efetivamente prescritos para esta moléstia ao redor do planeta⁸.

O Ministério da Saúde do Brasil recomenda a realização da radiografia de tórax em todos os casos suspeitos de PAC na infância e adolescência, divergindo do consenso da British Thoracic Society, no entanto, mesmo no Reino Unido a recomendação ser não solicitar o exame em todos os casos, este vem sendo realizado em mais de 95% dos casos^{9,10,11}.

Apesar de sua reconhecida indicação e utilização a radiografia de tórax permanece sendo um desafio para os profissionais médicos em um ponto central: como analisá-la, como interpretá-la?

Inúmeras pesquisas vêm tentando estabelecer normas e orientações com fins à padronização de análise e interpretação destes exames tão simples, de fácil acesso e baixo índice de complicações. Contudo o sucesso na obtenção da concordância entre observadores pares e de grupos distintos ainda aparece como uma realidade pouco tangível^{12,13,14}.

Este documento objetiva propor novas sugestões nos roteiros de avaliação radiográfica do tórax de pacientes pediátricos, com foco ao ensino nos cursos de graduação em Medicina. Foi realizada uma pesquisa na qual um médico radiologista com mais de dez anos de experiência profissional foi solicitado a avaliar doze radiografias de tórax, previamente laudadas¹⁵. Durante todos os momentos da observação dos exames, o radiologista portava o *Mobile Eye Trackin XG*[®], dispositivo que consiste em uma estrutura de óculos com câmeras acopladas, através das quais o movimento ocular é rastreado, bem como é possível aferir o comportamento do diâmetro pupilar, considerado como importante fator implicado na carga cognitiva, especialmente em processos de tomada de decisão.

Das doze radiografias avaliadas, sete foram consideradas normais pelo radiologista, sendo que em uma delas havia proeminente estrutura tímica no tórax do paciente. Nas seis radiografias avaliadas como normais, ou seja, sem achados compatíveis com PAC, foram estabelecidas quatro áreas de interesse visual, descritas na tabela abaixo. Em todas as áreas de interesse visual (AIV) foram computadas as fixações, isto é, se o olhar repousou por mais de 40 milissegundos num mesmo ponto, bem como a duração das fixações.

Tabela 2 - Áreas de interesse visual utilizadas no estudo.

Imagens	Área 1	Área 2	Área 3	Área 4	Área 5
1 2 7 8 9	Lesão descrita e áreas adjacentes	Outras áreas dos campos pleuro-pulmonares	Coração/Mediastino	Extra-torácica	Sem classificação
4	Timo	Outras áreas dos campos pleuro-pulmonares	Coração/Mediastino	Extra-torácica	Sem classificação
3 5 6 10 11 12	Campos Pleuro-pulmonares	Coração/Mediastino	Extra-torácica	Sem classificação	

Foi possível, ainda avaliar o diâmetro pupilar em seus vetores horizontais e verticais, bem como o diâmetro pupilar total.

Pode-se observar que os campos pleuro-pulmonares foram alvo de mais de 82% de todo o tempo de visualização das imagens normais, contendo um total de 58,8% de todas as fixações intratorácicas. Nas radiografias alteradas, o radiologista focou nas AIV contendo as alterações por ele relatadas em média em 36,4% de todas as AIV e 57,3% nas AIV correspondente às outras regiões dos campos pleuro-pulmonares.

Classicamente a sugestão da sistematização da avaliação radiográfica do tórax começa pela avaliação do abdome superior, seguido pela caixa torácica, mediastino, campos pleuro-pulmonares, recessos costofrênicos e diafragma.

A avaliação da movimentação ocular do radiologista participante do estudo não diferiu, significativamente das sugestões normalmente propostas, no entanto trouxe algumas contribuições significativas a seguir descritas.

A focalização visual das áreas contendo alterações radiográficas não deve ser mais extensa do que nas áreas sem alterações, ficando assim evidente que, para fins de ensino da análise das radiografias de tórax nos cursos de Medicina e demais áreas da saúde:

1. É fundamental que as áreas consideradas sem alterações recebam atenção visual adequada;
2. É decisiva, na acurácia diagnóstica, que a focalização visual não se concentre exclusivamente nas áreas alteradas;

3. O encontro de alterações nos campos pleuro-pulmonares não deve excluir análise criteriosa as estruturas mediastinais e extra-torácicas.
4. A percepção de uma alteração não deve encerrar a busca visual;

Desta forma, este documento propõe uma complementação ao consagrado roteiro elaborado pelo professor Afonso Tarantino, citado por Capone¹⁶, contendo vinte e quatro itens fundamentais para uma avaliação adequada de uma radiografia de tórax, o qual segue abaixo descrito:

- | | |
|--|--|
| 1. Você colocou a radiografia na posição correta? | 16. A sombra traqueal está visível e em posição correta? |
| 2. Pertence ao paciente que está sendo examinado? | 17. E como se apresenta a trama broncovascular? |
| 3. É atual? | 18. Alguma cissura está visível? |
| 4. Tecnicamente é de boa qualidade? | 19. Os hilos estão dentro das suas variações normais? |
| 5. O paciente é jovem ou idoso? | 20. A diferença de padrão da trama broncovascular está de acordo com as respectivas regiões? |
| 6. Homem ou mulher? | 21. A redução de vascularização do hilo para a periferia está sendo respeitada? |
| 7. Biotipo? | 22. Comparativamente como estão os dois hemitoraces? |
| 8. Está em posição PA exata? | 23. O grau de luminosidade das várias regiões é normal? |
| 9. Quanto às partes moles? | 24. E você aí que está vendo essa radiografia examinou bem seu doente? |
| 10. Quanto às partes ósseas? | |
| 11. Os limites do mediastino estão bem denidos? | |
| 12. As hemicúpulas estão em sua posição correta? | |
| 13. Os seios costofrênicos estão permeáveis? | |
| 14. A radiografia foi feita em inspiração forçada? | |
| 15. A silhueta cardíaca está de acordo como biotipo? | |

Abaixo seguem nossas sugestões de complementação ao roteiro acima:

- 25. À sua primeira vista, esta é uma radiografia normal? Se sim, preste atenção novamente em toda a imagem, uma nova busca visual pode revelar alterações não percebidas na avaliação inicial.**
- 26. Você viu alguma imagem inconsistente com a normalidade? Se viu, procure outras nas demais regiões do tórax.**
- 27. Os campos pleuro-pulmonares estão normais? Se estão, procure alterações nas outras áreas da radiografia.**
- 28. O encontro da alteração encerrou sua avaliação? Se encerrou, volte à imagem e examine novamente a imagem.**

Entendemos que a criação de um protocolo completamente abrangente e que possa ter índices de sucesso compatíveis com as necessidades e anseios de toda a comunidade científica, bem como de todos os envolvidos na assistência médica a pacientes com doenças do tórax ainda transita no campo das expectativas. Entretanto sabemos que as ferramentas de pesquisa atualmente disponíveis são imensamente úteis no desenvolvimento e condução de novos estudos que venham a suprir esta importante demanda nas ciências médicas e da saúde como um todo; outrossim esperamos contribuir para uma formação médica ainda mais completa, cientes da necessidade de novas contribuições para o campo de estudo das pneumonias na infância, prospectando a era em que estas doenças não tenham o impacto negativo que ora demonstram.

Referências

1. OLIVEIRA, B.R.G *et al.*; Causas de hospitalização no SUS de crianças de zero a quatro anos no Brasil. *Revista Brasileira de Epidemiologia*. São Paulo, vol.13, n. 2, p. 268-7, 2010.
2. UNICEF; United Nations Children’s Fund. Committing to child survival: a promise renewed. *Progress report 2013*. New York, 2013.
3. RAMBAUD-ALTHAUS, C., ALTHAUS, F., GENTON, B., D’ACREMONT, V. Clinical features for diagnosis of pneumonia in children younger than 5 years: a systematic review and meta-analysis. *The Lancet Infectious Diseases*, vol. 15, n.4, p439–450, 2015.

4. PUI-YING, I.T. *et al.* Blood Culture in Evaluation of Pediatric Community-Acquired Pneumonia: A Systematic Review and Meta-analysis. *Hospital Pediatrics*, vol. 5, n. 6, p. 324-336, 2015.
5. VERAS, N.T. *et al.* Perfil epidemiológico de pacientes pediátricos internados com pneumonia. *Scientia Medica*, Porto Alegre, vol. 20, n.4, p. 277-281, 2010.
6. BAUMANN, P. *et al.* Procalcitonin for Diagnostics and Treatment Decisions in Pediatric Lower Respiratory Tract Infections. *Frontiers in Pediatrics*, vol. 5, n. 183, 2017.
7. NEUMANN, M.I. *et al.*, Variability in the Interpretation of Chest Radiographs for the Diagnosis of Pneumonia in Children. *Journal of Hospital Medicine*, vol. 7, n.4, 2012.
8. MATHUR, S. *et al.* Antibiotic use for community-acquired pneumonia in neonates and children: WHO evidence review. *Paediatrics and International Child Health*, vol. 38, sup. 1, 2018.
9. MINISTÉRIO DA SAÚDE; Diretrizes brasileiras em pneumonia adquirida na comunidade em pediatria. *Jornal Brasileiro de Pneumologia.*; São Paulo, vol. 33, (Supl 1): S 31-S 5, 2007.
10. HARRIS, M. *et al.* BTS Guidelines for the Management of Community Acquired Pneumonia in Children: Update 2011 Consultation Draft: 18, London, 2011.
11. BOWEN, S-JM., THOMSON, A.H. British Thoracic Society Paediatric Pneumonia Audit: a review of 3 years data. *Chest Clinic*, vol. 68, p. 682-683, 2013.
12. SHIMOL, B.S. *et al.* Evaluation of the World Health Organization criteria for chest radiographs for pneumonia diagnosis in children. *European Journal of Pediatrics*, vol. 171, 2012.
13. CHERIAN, T. *et al.* Standardized interpretation of paediatric chest radiographs for the diagnosis of pneumonia in epidemiological studies. *Bulletin of The World Health Organization*, 2005.
14. WILLIAMS, G.J, *et al.* Variability and Accuracy in Interpretation of Consolidation on Chest Radiography for Diagnosing Pneumonia in Children Under 5 Years of Age. *Pediatric Pulmonology*, vol. 48, n.12, 2013.
15. BINATO, H.A. *Diagnóstico radiográfico das pneumonias na infância: um estudo utilizando o mobile eye tracking e técnicas de inteligência artificial.* 2018. 85 f. Dissertação (Mestrado Profissional em Ciências da Saúde) – Departamento de Medicina e Enfermagem, Universidade Federal de Viçosa, 2018.

16. CAPONE, D. Affonso Berardinelli Tarantino, por Domenico Capone. *Projeto in memoriam*, *SOPTERJ*. 2018 Disponível em: < <http://www.sopterj.com.br/wp-content/uploads/2018/01/in-memori-am-tarantino.pdf> > , acessado em 21 de julho, 2018.

CAPÍTULO 6

CONSIDERAÇÕES FINAIS

O último capítulo desta dissertação tem como escopo revisitar escolhas feitas ao longo do trabalho, estabelecer algumas conclusões e prospectar sobre estratégias futuras nos campos de pesquisa aqui abordados.

Por tratar-se de um grupo de doenças extremamente relevante nos contextos médico, social e econômicos, as PAC ocupam espaço altamente significativo nas discussões dos eixos de ensino, pesquisa e extensão nos cursos de graduação em Medicina, não apenas no Brasil, mas também por todo o planeta. Entidades não só de ensino, como governamentais e não-governamentais buscam estratégias para a redução do impacto de morbidade e mortalidade causados pelas PAC.

Como a estrutura do sistema de saúde brasileiro ainda tem nos serviços de urgência e emergência uma grande porta de entrada para a população em geral, o número de consultas pediátricas em unidades de saúde deste tipo, com queixas compatíveis com pneumonia é extremamente grande. As naturais dificuldades e particularidades no exame clínico das crianças, somadas à pouca especificidade dos sinais e sintomas de PAC tornam sobremaneira árdua a tarefa de estabelecer o diagnóstico meramente clínico com alto grau de precisão, conferindo à radiografia de tórax papel decisivo na tomada de decisão em tratar ou não tratar o paciente para pneumonia, especialmente no que tange à prescrição de antimicrobianos.

É inegável que a Inteligência Artificial e seus braços, como o Aprendizado de Máquina, são instrumentos de altíssima relevância e utilidade no desenvolvimento científico atual e sua contribuição nos estudos em ciências da saúde, apesar de já bem cimentada, pode ser ainda mais explorada.

Para que os conhecimentos abordados na dissertação pudessem ter a devida articulação foi realizada no Capítulo 1 uma contextualização geral sobre as PAC e oferecida explicação básica sobre a IA e suas técnicas mais utilizadas, em especial no campo das pesquisas médicas e nas ciências da saúde em geral.

Ainda no intento de articular os conhecimentos, no Capítulo 3 é apresentada uma revisão bibliográfica sobre o diagnóstico das PAC na infância, não apenas

revisitando conceitos e descrições, mas também destacando os esforços para a uniformização e padronização das análises com vistas à melhor concordância entre todos aqueles envolvidos nos processos e tomada de decisão frente a situações clínicas com suspeita de PAC em pediatria.

Pode-se observar como resultado da revisão da literatura uma parca existência de concordância entre observadores pares e de grupos distintos, não apenas no que se refere ao diagnóstico de pneumonia *per se*, mas também na diferenciação etiológica, bem como na objetividade das descrições de eventuais alterações encontradas nas radiografias utilizadas nos arquivos selecionados.

Com fins a esclarecer sobre as relações entre movimentação ocular, comportamento pupilar e o diagnóstico radiográfico das PAC, foi conduzida pesquisa empírica exposta no Capítulo 4, a qual teve como principal tarefa avaliar se o grupo de estudantes e o radiologista participantes foram capazes de concordar na avaliação de radiografias de tórax em pediatria.

O grande diferencial desta pesquisa é a utilização das técnicas de IA na avaliação de radiografias de tórax de crianças através de dados obtidos pelo registro do movimento ocular dos participantes, utilizando um aparelho de rastreamento dos movimentos e comportamentos óculo-pupilares. Foi possível, a despeito de uma amostra de avaliadores relativamente pequena, obter taxas acima de 80% de acerto no processo de aprendizagem dos algoritmos, dentre os quais destacaram-se os de modelagem tipo RNA e SVM.

O objetivo central desta pesquisa foi avaliar se, através do rastreamento do comportamento óculo-pupilar de um radiologista, as técnicas de Inteligência Artificial atualmente disponíveis são capazes de contribuir para a otimização do diagnóstico radiográfico correto das PAC. Além disso, objetivamos saber se estudantes de Medicina sem treinamento em Radiologia e Diagnóstico por Imagem guardam semelhança entre seus comportamentos óculo-pupilares com um profissional experiente nesta área do conhecimento médico.

Recomendações para pesquisas futuras

- Aprofundar as análises do comportamento e movimento óculo-pupilares para diferentes populações como estudantes matriculados no Internato Médico,

- médicos residentes nas áreas de pediatria, pneumologia pediátrica, clínica médica, pneumologia e radiologia;
- Expandir o espectro dos exames radiológicos do tórax para outras modalidades tais como ultrassonografia, tomografia computadorizada e ressonância nuclear magnética;
 - Progredir o avanço nas pesquisas envolvendo a Inteligência Artificial, em especial com algoritmos de aprendizado de máquina, podendo assim, em algum ponto futuro, vislumbrar a criação de um banco de dados unificado que, juntamente ao avanço das possibilidades de telecomunicação, otimizar o diagnóstico das pneumonias; seja na infância, vida adulta ou senescência.

REFERÊNCIAS

Referências da Introdução e dos Métodos

1. OLIVEIRA, B.R.G *et al.*; Causas de hospitalização no SUS de crianças de zero a quatro anos no Brasil. *Revista Brasileira de Epidemiologia*. São Paulo, vol.13, n. 2, p. 268-7, 2010.
2. UNICEF; United Nations Children’s Fund. Committing to child survival: a promise renewed. *Progress report 2013*. New York, 2013.
3. AIDPI Atenção Integrada às Doenças Prevalentes na Infância: curso de capacitação: introdução: módulo. Ministério da Saúde, *Organização Mundial da Saúde, Organização Pan-Americana da Saúde*. – 2. ed. rev. – Brasília: Ministério da Saúde, 2002.
4. NAYEDOVA E., *et al.* The power of data mining in diagnosis of childhood pneumonia. *Journal of The Royal Society Interface*, London vol. 13, n 120, 2016
5. MINISTÉRIO DA SAÚDE; Diretrizes brasileiras em pneumonia adquirida na comunidade em pediatria. *Jornal Brasileiro de Pneumologia.*; São Paulo, vol. 33, (Supl 1): S 31-S 5, 2007.
6. McCULLOH, R.J.; Patel, K. Recent Developments in Pediatric Community-Acquired Pneumonia. *Current Infectious Disease Reports*, New York vol. 18, n. 5, 2016.
7. HARRIS, M. *et al.* BTS Guidelines for the Management of Community Acquired Pneumonia in Children: Update 2011 Consultation Draft: 18, London, 2011.
8. MORENO, L. *et al.* Development and validation of a clinical prediction rule to distinguish bacterial from viral pneumonia in children. *Pediatric Pulmonology*, New Jersey, vol. 41, n. 4, p. 331-337, 2006.
9. PUI-YING, I.T. *et al.* Blood Culture in Evaluation of Pediatric Community-Acquired Pneumonia: A Systematic Review and Meta-analysis. *Hospital Pediatrics*, vol. 5, n. 6, p. 324-336, 2015.
10. VERAS, N.T. *et al.* Perfil epidemiológico de pacientes pediátricos internados com pneumonia. *Scientia Medica*, Porto Alegre, vol. 20, n.4, p. 277-281, 2010.
11. RAMBAUD-ALTHAUS, C., ALTHAUS, F., GENTON, B., D’ACREMONT, V. Clinical features for diagnosis of pneumonia in children younger than 5 years: a systematic review and meta-analysis. *The Lancet Infectious Diseases*, vol. 15, n.4, p439–450, 2015.

12. IBIAPINA, C.C. *et al.* Pneumonias comunitárias na infância: etiologia, diagnóstico e tratamento. *Revista Médica de Minas Gerais*, Belo Horizonte, vol. 14 (1 Supl. 1): S19-S25, 2004.
13. SARRIA, Edgar *et al.* Concordância no diagnóstico radiológico das infecções respiratórias agudas baixas em crianças. *Jornal de Pediatria*. Rio de Janeiro, vol. 79, n. 6, p. 497-503, 2003.
14. BOWEN, S-JM., THOMSON, A.H. British Toracic Society Paediatric Pneumonia Audit: a review of 3 years data. *Chest Clinic*, vol. 68, p. 682-683, 2013
15. ANDRONIKOU, S., GOUSSARD P., SORANTIN. E. Computed tomography in children with community-acquired pneumonia. *Pediatric Radiology*, vol.47, p. 1431–1440, 2017.
16. PRINCIPI, N. *et al.* Lung ultrasonography to diagnose community-acquired pneumonia in children. *BMC Pulmonary Medicine*, vol, 17, 2017.
17. KHAMAPIRAD, T., GLAZEN, P. Clinical and radiographic assessment of acute lower respiratory tract disease in infants and children. *Seminars in Respiratory Infections*, vol. 2, p. 130- 144, 1987
18. CHERIAN, T. *et al.* Standartized interpretation of paediatric chest radiographs for the diagnosis of pneumonia in epidemiological studies. *Bulletin of The World Health Organization*, 2005.
19. NASCIMENTO-CARVALHO, C.M.J.; Antibióticos, resistência bacteriana, otite, sinusite, faringoamidalite, pneumonia. *Jornal de Pediatria*, Rio de Janeiro, vol. 82, S146-52, 2006.
20. TORRES, F.A.; Impact Assessment of a Decision Rule for Using Antibiotics in Pneumonia: A Randomized Trial, *Pediatric Pulmonology*, New York, vol. 49, p. 701-706, 2014.
21. NELSON, A.K., *et al.* Impact of Chest Radiography on Antibiotic Treatment for Children With Suspected Pneumonia, *Pediatric Emergency Care*, vol. 32, p. 514-519, 2016
22. IBIAPINA, C.C. *et al.* Padronização na descrição das imagens radiológicas no tórax. *Revista Médica de Minas Gerais*, Belo Horizonte, vol. 17 (Supl. 3), 2007.
23. KELLY, S.M. *et al.*; Chest Radiographic Findings and Outcomes of Pneumonia Among Children in Botswana. *The Pediatric Infectious Diseases Journal*, New York, vol. 35, n. 3, 2016.

24. BRASIL. Ministério da Educação e Cultura. RESOLUÇÃO Nº 3, DE 20 DE JUNHO DE 2014. *Diretrizes Curriculares Nacionais do Curso de Graduação em Medicina*, Brasília, 2014, 14p.
25. GOMES, A.P.; REGO, S. Transformação da Educação Médica: É Possível Formar um Novo Médico a partir de Mudanças no Método de Ensino-Aprendizagem? *Revista Brasileira de Educação Médica*, Rio de Janeiro, vol.35, n.4, p. 557-566, 2011.
26. SIQUEIRA-BATISTA, R. *et al.* A Tomada de Decisão (Bio)ética: Estudo Preliminar Utilizando o Mobile Eye Tracking. *Rev. bras. educ. med.*, Rio de Janeiro, v. 39, n. 4, p. 496-501, 2015.
27. SIQUEIRA-BATISTA, R. *et al.* As Redes Neurais Artificiais e o Ensino da Medicina. *Revista Brasileira de Educação Médica*, vol.38, n.4, p. 548-556, 2014.
28. MCLAUGHLIN, L. *et al.* Eye Gaze Metrics for the Automatic Assessment of Radiographer Performance during X-ray Image Interpretation. *International Journal of Medical Informatics*, vol. 15, p. 11-21, 2017.
29. FERNANDES, D.L. FRAMEWORK DE MINERAÇÃO DE DADOS PARA ANÁLISE DE EXPERIMENTOS COM EYE TRACKING: UMA APLICAÇÃO EM BIOÉTICA. 2017. 123 f. Dissertação (Programa de Pós-Graduação em Ciência da Computação – Departamento de Informática, Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2017.
30. HANLEY, J. *et al.* Visual Interpretation Of Plain Radiographs In Orthopaedics Using Eye-Tracking Technology. *Iowa Orthop Journal*, vol. 37, p. 225–231, 2017.
31. BROWNING, M. *et al.* The use and limits of eye-tracking in high-fidelity clinical scenarios: A pilot study. *International Emergency Nursing*, vol. 25, p. 43 -47, 2016.
32. NIKOLAEV. A.R. *et al.* Eye movement-related brain activity during perceptual and cognitive processing. *Frontiers in Systems Neuroscience*, vol. 8, n. 62, 2014.
33. LORENA, A.C., CARVALHO, A.C.P.L.F. Introdução às Máquinas de Vetores Suporte. *Relatórios Técnicos do ICMC*, 2013.
34. GALVÃO, N.D., MARIN, H.F. Técnica de mineração de dados; uma revisão da literatura. *Acta Paulista De Enfermagem*, vol. 22, n. 5, p. 686-690, 2009.

35. ANDRÉ LUIZ VILLAR FOLLERBONE, HENRI FREDERICO EBERSPÄCHER. Lógica de Programação – A construção de algoritmos e estruturas de dados. 3ª ed. São Paulo: Pearson Education, 2005. p.3. Disponível em: <<http://www.softlog.eti.br/downloads/Livros/L%C3%B3gica%20de%20Programa%C3%A7%C3%A3o%20-%203a%20Edi%C3%A7%C3%A3o.pdf>>. Acessado em 17 jun. 2018.
36. ROTHER, A-K. et al. Diagnostic Support for Selected Paediatric Pulmonary Diseases Using Answer-Pattern Recognition in Questionnaires Based on Combined Data Mining Applications — A Monocentric Observational Pilot Study. *Plos One*, vol. 12, 2015.
37. YU, W. *et al.* Application of support vector machine modeling for prediction of common diseases: the case of diabetes and pre-diabetes. *Medical Informatics and Decision Making*, vol. 10, n. 1, p. 1-7, 2010.
38. SON, Y-J. et al. Application of Support Vector Machine for Prediction of Medication Adherence in Heart Failure Patients. *Health Informatics Research*, vol. 16, n.4, p. 253-259, 2010.
39. FRANK E., HALL M.A., WITTEN, I.H. The WEKA Workbench. *SIGKSS Explorations*, vol. 11, n. 1, 2016.

ANEXOS E APÊNDICES
ANEXO A - PARECER DO CEP/UFV



UNIVERSIDADE FEDERAL DE
VIÇOSA - UFV



PARECER CONSUBSTANCIADO DO CEP

DADOS DO PROJETO DE PESQUISA

Título da Pesquisa: DIAGNÓSTICO RADIOGRÁFICO DAS PNEUMONIAS NA INFÂNCIA: UM ESTUDO UTILIZANDO O MOBILE EYE TRACKING E TÉCNICAS DE INTELIGÊNCIA

Pesquisador: Rodrigo Siqueira Batista

Área Temática:

Versão: 1

CAAE: 70053517.5.0000.5153

Instituição Proponente: Universidade Federal de Viçosa

Patrocinador Principal: Financiamento Próprio

DADOS DO PARECER

Número do Parecer: 2.220.701

Apresentação do Projeto:

Trata-se de uma pesquisa na área da Saúde.

Objetivo da Pesquisa:

De acordo com formulário online: "Objetivo Primário:

Investigar o processo de análise do exame radiográfico do tórax para o diagnóstico de pneumonia comunitária (PAC) na infância, tendo em vista sua aplicação na educação médica."

Avaliação dos Riscos e Benefícios:

De acordo com formulário online: "Riscos:

Os riscos da pesquisa constituem-se no tempo gasto, no eventual desconforto mediante à utilização do Mobile Eye Tracking e ao preenchimento das fichas de avaliação radiográfica.

Benefícios:

Os eventuais benefícios potenciais podem ser destacados o melhor conhecimento sobre as análises de radiografias de tórax, possibilitando uma melhor abordagem das Pneumonias Comunitárias da infância, problema de saúde de grande impacto social; bem como da

Endereço: Universidade Federal de Viçosa, Avenida PH Rolfs s/n, Edifício Arthur Bernardes
Bairro: Campus Universitário **CEP:** 36.570-900
UF: MG **Município:** VICOSA
Telefone: (31)3899-2492 **E-mail:** cep@ufv.br



Continuação do Parecer: 2.220.701

possibilidade da melhora no ensino médico, formando profissionais de maior arsenal de pensamento e conhecimento."

Avaliação: Adequadamente descritos.

Comentários e Considerações sobre a Pesquisa:

Para realização da pesquisa, os participantes serão individualmente conduzidos a ambientes propícios para a avaliação radiográfica de imagens de telerradiografias de tórax previamente selecionadas pelo pesquisador, previamente laudadas por radiologista do Centro de Imagem da cidade de Viçosa/MG e com diferentes laudos. Após a análise individual das imagens expostas, os participantes serão questionados a descrever sobre: (a) qualidade técnica do padrão radiográfico, (b) se há alguma alteração que sugira PAC e, (c) fazer a descrição das eventuais alterações por eles encontradas.

Considerações sobre os Termos de apresentação obrigatória:

O pesquisador apresenta:

- Formulário online
- Folha de rosto
- TCLE
- Justificativa de dispensa para pacientes que fizeram as radiografias
- Projeto

Considerações sobre o termos:

- A justificativa procede desde o ponto de vista ético.
- O TCLE apresentado tem falhas quanto a informações obrigatórias como: em caso de eventual dano o participante, o mesmo tem direito à indenização, que o Comitê deve ser procurado por questões éticas, que o TCLE é apresentado em duas vias.

Conclusões ou Pendências e Lista de Inadequações:

Pendências:

- 1- Atualizar cronograma de atividades para data posterior à avaliação do CEP/UFV.
- 2- No TCLE, apresentar a informação de que o TCLE é apresentado em duas vias (sugestão: "Este termo de consentimento encontra-se impresso em duas vias originais, sendo que uma será arquivada pelo pesquisador responsável, no "INFORMAR O LOCAL DA PESQUISA" e a outra será fornecida ao Sr.(a).")

Endereço: Universidade Federal de Viçosa, Avenida PH Rolfs s/n, Edifício Arthur Bernardes
 Bairro: Campus Universitário CEP: 36.570-900
 UF: MG Município: VICOSA
 Telefone: (31)3899-2492 E-mail: cep@ufv.br



Continuação do Parecer: 2.220.701

3-No TCLE, apresentar a informação de que em caso de eventual dano o participante, o mesmo tem direito à indenização (Sugestão: "Diante de eventuais danos, identificados e comprovados, decorrentes da pesquisa, o Sr.(a) tem assegurado o direito à indenização.")

4- Autorização do Centro de Imagem da cidade de Viçosa/MG, no qual será realizada a pesquisa, em papel timbrado e com carimbo, identificado responsável legal.

Considerações Finais a critério do CEP:

É necessária a apresentação de Carta Resposta às pendências enumeradas em "Conclusões ou Pendências e Lista de Inadequações" no prazo de 30 dias a contar da data de emissão deste parecer. Modelo da Carta Resposta e instruções para envio disponíveis no site www.cep.ufv.br.

Caso as pendências não sejam supridas no prazo, o projeto será arquivado nos termos da Resolução CNS 466/2012.

Necessário o cumprimento das pendências para a emissão do Parecer Consubstanciado de aprovação.

Este parecer foi elaborado baseado nos documentos abaixo relacionados:

Tipo Documento	Arquivo	Postagem	Autor	Situação
Informações Básicas do Projeto	PB_INFORMAÇÕES_BÁSICAS_DO_PROJETO_944173.pdf	20/06/2017 19:05:48		Aceito
Projeto Detalhado / Brochura Investigador	Projeto_Henrique_Binato_Final.docx	20/06/2017 19:05:17	Rodrigo Siqueira Batista	Aceito
TCLE / Termos de Assentimento / Justificativa de Ausência	Justificativa_Dispensa_TCLE.docx	20/06/2017 19:04:43	Rodrigo Siqueira Batista	Aceito
TCLE / Termos de Assentimento / Justificativa de Ausência	TCLE_Henrique.docx	20/06/2017 19:02:54	Rodrigo Siqueira Batista	Aceito
Folha de Rosto	Folha_de_Rosto_Final.pdf	20/06/2017 19:01:32	Rodrigo Siqueira Batista	Aceito

Situação do Parecer:

Pendente

Necessita Apreciação da CONEP:

Não

Endereço: Universidade Federal de Viçosa, Avenida PH Rolfs s/n, Edifício Arthur Bernardes
 Bairro: Campus Universitário CEP: 36.570-900
 UF: MG Município: VICOSA
 Telefone: (31)3899-2492 E-mail: cep@ufv.br



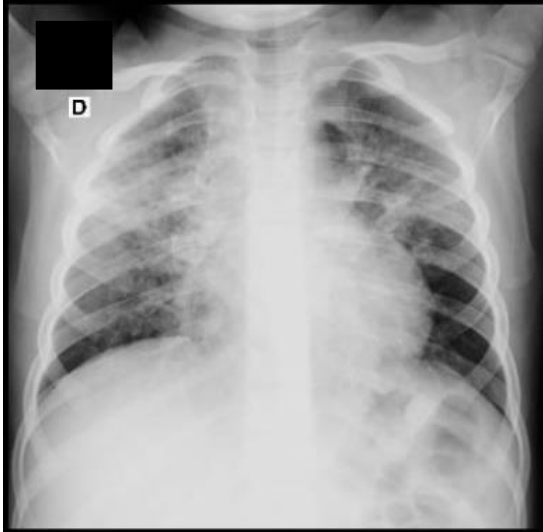
Continuação do Parecer: 2.220.701

VICOSA, 15 de Agosto de 2017

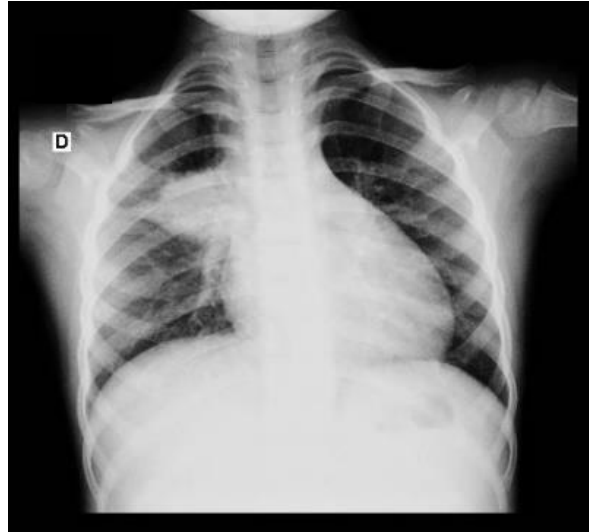
Assinado por:
HELEN HERMANA MIRANDA HERMSDORFF
(Coordenador)

ANEXOS B – RADIOGRAFIAS UTILIZADAS NA PESQUISA

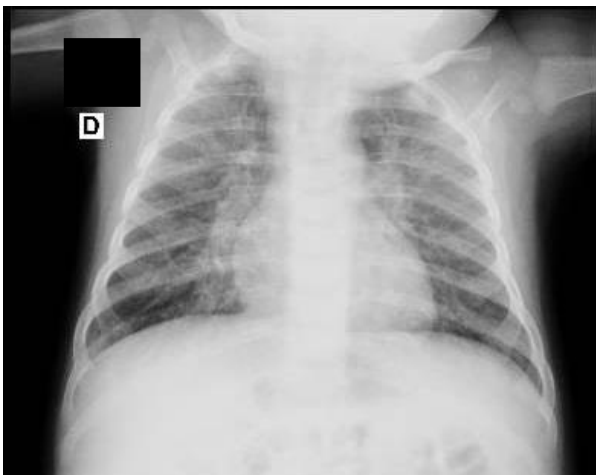
Radiografia 1



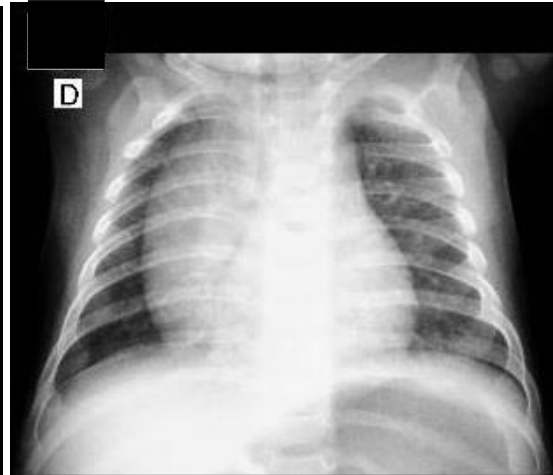
Radiografia 2



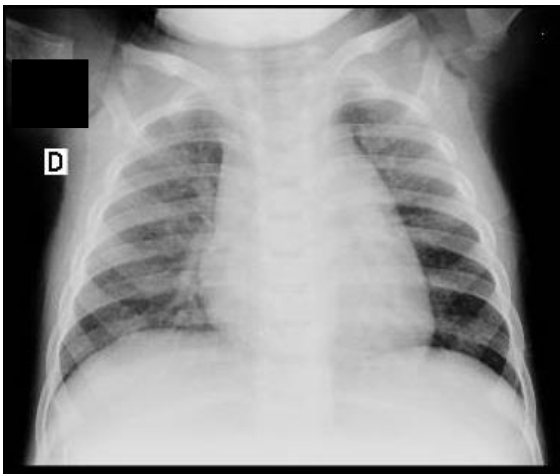
Radiografia 3



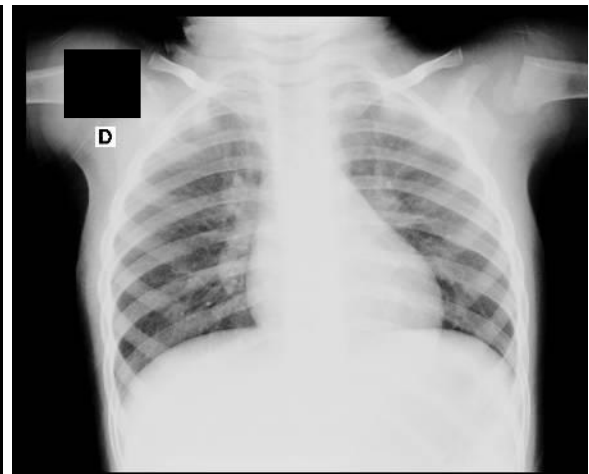
Radiografia 4



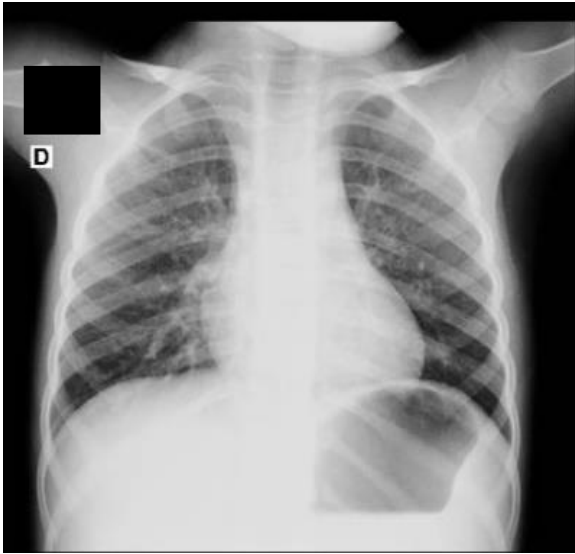
Radiografia 5



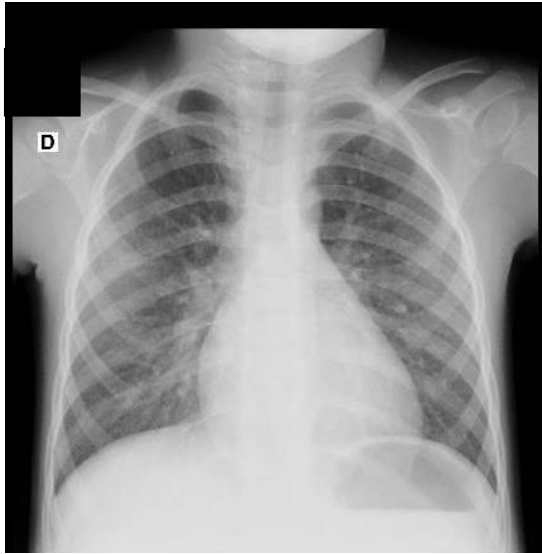
Radiografia 6



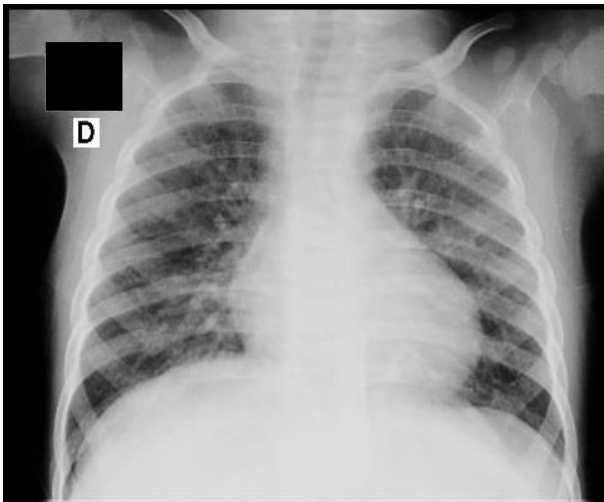
Radiografia 7



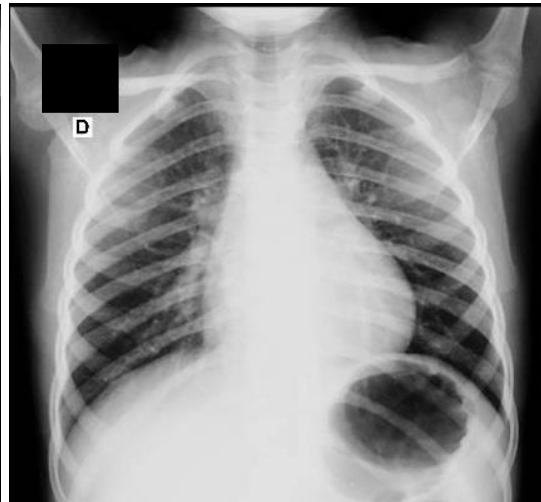
Radiografia 8



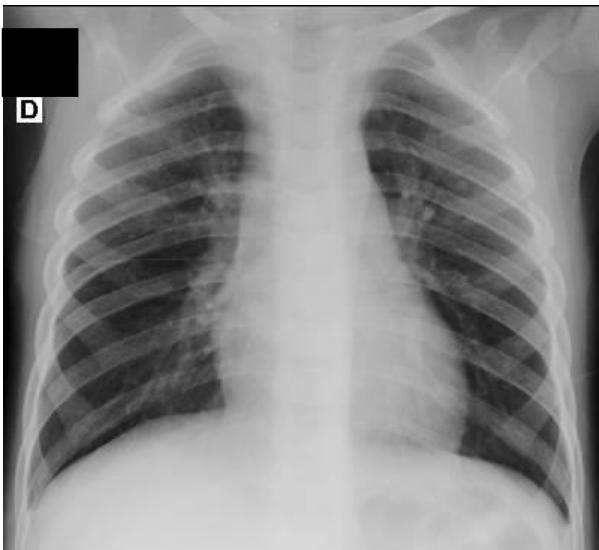
Radiografia 9



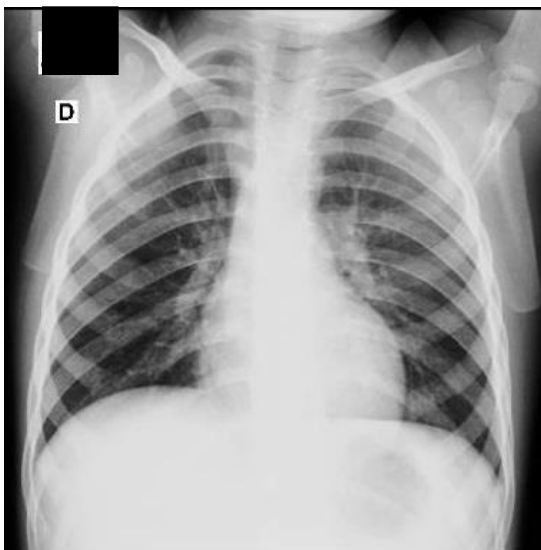
Radiografia 10



Radiografia 11



Radiografia 12



ANEXO C - COMPROVANTE DE SUBMISSÃO DO ARTIGO

22/02/2019

Gmail - Resubmission Requested - IJMI_2018_705 for International Journal of Medical Informatics



Henrique Binato <henriquebinato@gmail.com>

Resubmission Requested - IJMI_2018_705 for International Journal of Medical Informatics

International Journal of Medical Informatics <EvisSupport@elsevier.com>

13 de agosto de 2018 01:05

Responder a: ijmi@elsevier.com

Para: henriquebinato@gmail.com

This message was sent automatically. Please do not reply.

Ref: IJMI_2018_705

Title: RADIOGRAPHIC DIAGNOSIS OF PNEUMONIA IN CHILDREN: A STUDY USING MOBILE EYE TRACKING AND ARTIFICIAL INTELLIGENCE TECHNIQUES

Journal: International Journal of Medical Informatics

Dear Dr. Binato,

On 06/Aug/2018 I sent the above-referenced request for your manuscript, and would kindly like to remind you to respond to this request by 20/Aug/2018.

To view the request, log into EVISE® at: http://www.evise.com/evise/faces/pages/navigation/NavController.jsp?JRNL_ACR=IJMI and click on the title of your manuscript, located under 'My Author Tasks' on your homepage. Complete the required steps and submit the manuscript.

What happens next?

After you submit your manuscript you will receive an email confirmation that your submission is complete. To track the status of your manuscript throughout the editorial process, log into EVISE® at: http://www.evise.com/evise/faces/pages/navigation/NavController.jsp?JRNL_ACR=IJMI and locate your submission under the header 'My Submissions with Journal' on your 'My Author Tasks' view.

Kind regards,

International Journal of Medical Informatics

Have questions or need assistance?

For further assistance, please visit our [Customer Support](#) site. Here you can search for solutions on a range of topics, find answers to frequently asked questions, and learn more about EVISE® via interactive tutorials. You can also talk 24/5 to our customer support team by phone and 24/7 by live chat and email.

Copyright © 2018 Elsevier B.V. | [Privacy Policy](#)

Elsevier B.V., Radarweg 29, 1043 NX Amsterdam, The Netherlands, Reg. No. 33156677.

**APÊNDICE A - QUESTIONÁRIO DE AVALIAÇÃO RADIOGRÁFICA
DIAGNÓSTICO RADIOGRÁFICO DAS PNEUMONIAS NA INFÂNCIA: UM
ESTUDO UTILIZANDO O *MOBILE EYE TRACKING* E TÉCNICAS DE
INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL**

Participante: _____

Data: ____/____/____

Radiografia 01

I – A qualidade técnica do padrão radiográfico que você analisou está:

[] adequado [] inadequado

II – Há alguma alteração que sugira pneumonia adquirida na comunidade (PAC)?

[] SIM [] NÃO QUAL?

III – Descreva as eventuais alterações encontradas nas radiografias.

Radiografia 02

I – A qualidade técnica do padrão radiográfico que você analisou está:

[] adequado [] inadequado

II – Há alguma alteração que sugira pneumonia adquirida na comunidade (PAC)?

[] SIM [] NÃO QUAL?

III – Descreva as eventuais alterações encontradas nas radiografias.

Radiografia 03

I – A qualidade técnica do padrão radiográfico que você analisou está:

[] adequado [] inadequado

II – Há alguma alteração que sugira pneumonia adquirida na comunidade (PAC)?

[] SIM [] NÃO QUAL?

III – Descreva as eventuais alterações encontradas nas radiografias.

Radiografia 04

I – A qualidade técnica do padrão radiográfico que você analisou está:

[] adequado [] inadequado

II – Há alguma alteração que sugira pneumonia adquirida na comunidade (PAC)?

[] SIM [] NÃO QUAL?

III – Descreva as eventuais alterações encontradas nas radiografias.

Radiografia 05

I – A qualidade técnica do padrão radiográfico que você analisou está:

[] adequado [] inadequado

II – Há alguma alteração que sugira pneumonia adquirida na comunidade (PAC)?

[] SIM [] NÃO QUAL?

III – Descreva as eventuais alterações encontradas nas radiografias.

Radiografia 06

I – A qualidade técnica do padrão radiográfico que você analisou está:

[] adequado [] inadequado

II – Há alguma alteração que sugira pneumonia adquirida na comunidade (PAC)?

[] SIM [] NÃO QUAL?

III – Descreva as eventuais alterações encontradas nas radiografias.

Radiografia 07

I – A qualidade técnica do padrão radiográfico que você analisou está:

[] adequado [] inadequado

II – Há alguma alteração que sugira pneumonia adquirida na comunidade (PAC)?

[] SIM [] NÃO QUAL?

III – Descreva as eventuais alterações encontradas nas radiografias.

Radiografia 08

I – A qualidade técnica do padrão radiográfico que você analisou está:

[] adequado [] inadequado

II – Há alguma alteração que sugira pneumonia adquirida na comunidade (PAC)?

[] SIM [] NÃO QUAL?

III – Descreva as eventuais alterações encontradas nas radiografias.

Radiografia 09

I – A qualidade técnica do padrão radiográfico que você analisou está:

[] adequado [] inadequado

II – Há alguma alteração que sugira pneumonia adquirida na comunidade (PAC)?

[] SIM [] NÃO QUAL?

III – Descreva as eventuais alterações encontradas nas radiografias.

Radiografia 10

I – A qualidade técnica do padrão radiográfico que você analisou está:

[] adequado [] inadequado

II – Há alguma alteração que sugira pneumonia adquirida na comunidade (PAC)?
 [] SIM [] NÃO QUAL?

III – Descreva as eventuais alterações encontradas nas radiografias.

Radiografia 11

I – A qualidade técnica do padrão radiográfico que você analisou está:

[] adequado [] inadequado

II – Há alguma alteração que sugira pneumonia adquirida na comunidade (PAC)?

[] SIM [] NÃO QUAL?

III – Descreva as eventuais alterações encontradas nas radiografias.

Radiografia 12

I – A qualidade técnica do padrão radiográfico que você analisou está:

[] adequado [] inadequado

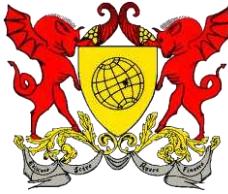
II – Há alguma alteração que sugira pneumonia adquirida na comunidade (PAC)?

[] SIM [] NÃO QUAL?

III – Descreva as eventuais alterações encontradas nas radiografias.

MUITO OBRIGADO POR SUA PRECIOSA COOPERAÇÃO!

APÊNDICE B - TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO



UNIVERSIDADE FEDERAL DE VIÇOSA
CENTRO DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS E DA SAÚDE
DEPARTAMENTO DE MEDICINA E ENFERMAGEM

Av. P.H. Rolfs S/N - Campus Universitário.

Viçosa, MG. – CEP.: 36571.000

TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO

Prezado Participante da Pesquisa,

Convidamos você a participar da pesquisa intitulada “**DIAGNÓSTICO RADIOGRÁFICO DAS PNEUMONIAS NA INFÂNCIA: UM ESTUDO UTILIZANDO O *MOBILE EYE TRACKING* E TÉCNICAS DE INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL**” cujo objetivo principal é descrever os movimentos oculares e de atenção visual de profissionais radiologistas e estudantes do curso de graduação em Medicina da UFV mediante o uso do aparelho *Mobile Eye Tracking* e a análise de radiografias de tórax em crianças

A pesquisa ocorrerá em espaços variados, de acordo com a disponibilidade dos participantes e do *Mobile Eye Tracking* e consistirá na análise de telerradiografias de tórax de crianças de 2 a 12 anos de vida. Você será convidado a opinar sobre o padrão técnico do exame, bem como se há alguma alteração radiográfica e, caso haja, descrevê-la (s).

Você poderá participar, caso deseje, após o devido esclarecimento e assinatura deste documento. Seu consentimento poderá ser retirado a qualquer momento, por comunicação verbal – telefone (31) 984503316 – ou, caso prefira, por endereço eletrônico (henriquebinato@gmail.com), sem que tal decisão, gere qualquer prejuízo à sua pessoa.

Os *riscos* da pesquisa constituem-se no tempo gasto, no eventual desconforto mediante à utilização do *Mobile Eye Tracking* e ao preenchimento das fichas de avaliação radiográfica.

Os eventuais *benefícios* potenciais podem ser destacados o melhor conhecimento sobre as análises de radiografias de tórax, possibilitando uma melhor abordagem das Pneumonias Comunitárias da infância, problema de saúde de grande impacto social; bem como da possibilidade da melhora no ensino médico, formando profissionais de maior arsenal de pensamento e conhecimento.

Os dados serão armazenados, por até cinco anos, pelos pesquisadores, sendo acessados apenas pelos mesmos. Após esse período, os mesmos serão destruídos. Será garantido o sigilo sobre a identidade dos participantes de pesquisa. A divulgação dos resultados obtidos na pesquisa será realizada apenas em meios de comunicação cientificamente reconhecidos.

Este termo de consentimento encontra-se em duas versões idênticas impressas, sendo que, posterior à apresentação e apreciação, uma delas será arquivada no DEM-UFV e outra será fornecida a você.

Outrossim, caso você sofra algum dano comprovadamente decorrente da participação na pesquisa, você tem, assegurado, direito a uma indenização.



Caso você queira entrar em contato com o pesquisador responsável antes de assinar este Termo de Consentimento, poderá utilizar o telefone (31) 98450-33116 ou o e-mail (henriquebinato@gmail.com). Se preferir poderá contatar o Comitê de Ética em Pesquisa em Seres Humanos da Universidade Federal de Viçosa, pelo telefone (31) 3899- 2492 ou pelo e-mail cep@ufv.br.

Atenciosamente,

Henrique Amaral Binato
Tel: (31) 98450-3316
E-mail: henriquebinato@gmail.com

Eu, _____, certifico que tendo lido as informações acima, concordo com o que foi exposto e autorizo a minha participação nesta pesquisa.

Estou ciente de que receberei, do pesquisador supracitado, esclarecimentos e respostas adequadas a quaisquer perguntas que porventura surjam, relacionadas aos assuntos próprios da publicação dos dados. Também está claro para mim que poderei retirar, a qualquer momento, o consentimento para participação da pesquisa, o que não me acarretará nenhum dano. Está igualmente claro que a privacidade será respeitada, ou seja, minha identidade (nomes e sobrenomes) não será divulgada.

Fui informado e esclarecido sobre a base legal deste documento, o qual foi preparado de acordo com as Diretrizes e Normas Regulamentadas de Pesquisa Envolvendo Seres Humanos, em atenção à Resolução nº 466/2012, do Conselho Nacional de Saúde do Ministério de Saúde, Brasília, DF.

Viçosa, ____ de _____ de 20__.

ASSINATURA DO PARTICIPANTE DE PESQUISA



ASSINATURA DO PESQUISADOR RESPONSÁVEL

Henrique Amaral Binato

Tel: (31) 98450-3316

E-mail: henriquebinato@gmail.com