

DEZEMBRO 2020

APLICAÇÕES DE INTELIGÊNCIA
ARTIFICIAL EM DIAGNÓSTICOS
MÉDICOS: EXPECTATIVAS PARA
OS PRÓXIMOS DEZ ANOS (2020-
2030)

RELATÓRIO DE PESQUISA

ESTUDOS PROSPECTIVOS
CENTRO DE ESTUDOS ESTRATÉGICOS DA FIOCRUZ

APLICAÇÕES DE INTELIGÊNCIA
ARTIFICIAL EM DIAGNÓSTICOS
MÉDICOS: EXPECTATIVAS PARA
OS PRÓXIMOS DEZ ANOS (2020-
2030)

COLABORAÇÃO:

CENTRO DE ESTUDOS ESTRATÉGICOS
DA FIOCRUZ E COORDENAÇÃO DA
ESTRATÉGIA FIOCRUZ PARA AGENDA
2030



Presidente da Fiocruz

Nísia Trindade Lima

Centro de Estudos Estratégicos da Fiocruz

Antônio Ivo de Carvalho (Coordenador)

Estudos Prospectivos / Centro de Estudos Estratégicos da Fiocruz

Fabio Batista Mota (Coordenador)

Bernardo Pereira Cabral

Luiza Amara Maciel Braga

Leonardo Fernandes Moutinho Rocha

Carlos Gilbert Conte Filho

Samara Alvarez Alves

José Guilherme Mayworm

Ana Gabriela Faria da Silva

Coordenação da Estratégia Fiocruz para Agenda 2030

Paulo Ernani Gadelha Vieira

(Coordenador)

Projeto Implicações das Tecnologias Digitais nos Sistemas de Saúde / Estratégia Fiocruz para Agenda 2030

Marcelo Fornazin

Leonardo Castro

Sandro Luís Freire de Castro Silva

Bruno Elias Penteado

SUMÁRIO EXECUTIVO

- Este estudo foi desenvolvido no âmbito de uma colaboração entre o Centro de Estudos Estratégicos da Fiocruz e a Coordenação da Estratégia Fiocruz para Agenda 2030.
- Este relatório apresenta os resultados de um web-based survey de abrangência mundial sobre o futuro do uso de inteligência artificial em diagnósticos médicos, considerando os próximos dez anos (2020-2030).
- Realizou-se uma revisão de literatura sobre inteligência artificial em medicina diagnóstica. Esta revisão baseou a elaboração do questionário de pesquisa, cujo survey foi conduzido utilizando-se a plataforma de pesquisa online SurveyMonkey. Participaram deste estudo 1.430 pesquisadores com publicações científicas recentes relacionadas ao tema da pesquisa.
- A maioria dos respondentes (68,4%) acredita que, nos próximos 10 anos, a inteligência artificial provavelmente mudará radicalmente a medicina diagnóstica.
- Aplicações de inteligência artificial em diagnósticos médicos provavelmente reduzirão custos de rastreio de doenças (screening cost) (69,3%), permitirão diagnósticos mais confiáveis (68%) e melhorarão a predição da propagação de doenças nos pacientes (64,5%).
- Aplicações de inteligência artificial provavelmente serão integradas a instrumentos de diagnóstico como raio-X (81,0%), interpretação de ritmo cardíaco (80,9%), diagnóstico de malignidade na pele (77,6%) e interpretação de imagem histopatológica (74,7%), proporcionando melhores resultados diagnósticos.
- Dificuldade de incorporação na prática clínica (41%) e problemas regulatórios ou éticos (36,6%) foram considerados como obstáculos mais importantes para o uso de inteligência artificial na medicina diagnóstica.
- Entre os respondentes que indicaram a dificuldade de incorporação na prática clínica, 47,7% considerou como principal obstáculo o alinhamento da inteligência artificial ao contexto específico da prática clínica. Entre os respondentes que reportaram problemas regulatórios ou éticos, 48,1% considerou como principal barreira a incerteza sobre a responsabilidade legal e responsabilização pelas decisões clínicas baseadas em inteligência artificial.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 – Nível de conhecimento autodeclarado dos respondentes (n=1.622).....	11
Figura 2 – Probabilidade de ocorrência de uma mudança radical na medicina diagnóstica a partir da IA (n=1.410).....	11
Figura 3 – Eventos esperados para o futuro a partir do uso de IA na medicina diagnóstica (n=1.364)	13
Figura 4 – Probabilidade de integração entre IA e instrumentos de diagnóstico (n=1.331)	15
Figura 5 – Probabilidade de integração entre IA e instrumentos de diagnóstico (n=1.295)	16
Figura 6 – Possíveis barreiras para uso de IA em medicina diagnóstica (n=1.296).....	17
Figura 7 – Motivos específicos para dificuldades de incorporação de IA na prática clínica (n=535)	18
Figura 8 – Motivos específicos para barreiras éticas ou regulatórias (n=489).....	19
Figura 9 – Grau de escolaridade máximo dos respondentes (n=1.245)	23
Figura 10 – Ocupação profissional dos respondentes (n=1.249)	23
Figura 11 – Local de trabalho dos respondentes (n=1.251)	24
Figura 12 – Anos de experiência dos respondentes em suas áreas de pesquisa (n=1.249)	24
Figura 13 – Localização dos respondentes (n=1.251)	25
Figura 14 – Motivos específicos para impactos da IA na força de trabalho (n=87)	26
Figura 15 – Motivos específicos para falta de melhoria nos resultados diagnósticos (n=109)	26

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO.....	7
MÉTODO.....	8
RESULTADOS.....	10
CONCLUSÃO.....	20
REFERÊNCIAS.....	20
APÊNDICES.....	23

INTRODUÇÃO

A inteligência artificial (IA) abrange um conjunto de tecnologias que incluem, mas não se limitam, à aprendizagem de máquina, processamento da linguagem natural, redes neurais e sistemas especializados baseados em regras (Davenport and Kalakota 2019; Lu 2019). Atualmente, a IA é considerada como um novo paradigma na saúde (Meskó 2019; Yu et al. 2018; Alexander et al. 2020). Na medicina, costuma ser empregada, por exemplo, para avaliar risco de início de doenças e potenciais resultados de tratamento, aliviar ou reduzir complicações médicas, investigação clínica e desenvolvimento de medicamentos e no cuidado ao paciente (Becker 2019). O uso de IA em medicina constitui um negócio em crescimento, com mais de seis bilhões de dólares em investimentos esperados para 2021 (He et al. 2019). Nos EUA, de 2016 a 2020, a *Food and Drug Administration* (FDA) aprovou pelo menos 16 pedidos baseados em IA, sendo 14 nos últimos dois anos. As aplicações de IA variam desde algoritmos proprietários para interpretação de imagens até à detecção de fibrilação atrial através do *Apple Watch* (Alexander et al. 2020; Topol 2019).

Mais especificamente no que tange à medicina diagnóstica, espera-se que a IA promova grandes mudanças num futuro próximo (Miller and Brown 2018; Biot 2019). Espera-se, por exemplo, que possam vir a substituir os médicos na realização de diagnósticos (Chockley and Emanuel 2016; Obermeyer et al. 2016). Vantagens esperadas da adoção de IA incluem diagnósticos mais confiáveis, redução do custo de screening, melhora no acesso a atenção a saúde e redução na carga de trabalho de médicos (Blum and Zins 2017; Yu et al. 2018; Powell 2020). Esta última é bastante esperada, uma vez que, há décadas, a demanda por diagnósticos por imagem vem aumentando a taxas crescentes, mas sem um aumento equivalente no número de médicos (Blum and Zins 2017; Biot 2019; Makridakis 2017; Martín Noguerol et al. 2019; Miller and Brown 2018; Powell 2020; Recht and Bryan 2017; Savadjiev et al. 2019; Alexander et al. 2019). Diversos fatores podem, contudo, influenciar a direção e a velocidade dessas mudanças. Entre eles, os de natureza ética e regulatória (Davenport and Kalakota 2019; Pesapane et al. 2018; Safdar et al. 2020), que incluem, e.g., dificuldades de acessar e compartilhar bases de dados com informações de pacientes, validação e auditoria de dados, incerteza sobre responsabilidade legal do uso dos algoritmos e viés de sub-representação algorítmica (Pesapane et al. 2018).

Pode-se dizer, portanto, que o futuro do uso de IA na medicina diagnóstica é ainda bastante incerto. Assim, este estudo tem por objetivo antecipar possibilidades futuras de aplicações de IA em diagnósticos médicos. Para tanto, realizou um web-based survey de abrangência mundial com especialistas no tema – autores de publicações científicas recentes relacionadas a IA e medicina diagnóstica, indexadas na *Web of Science Core Collection* (WoS). Estudos anteriores ofereceram revisões de literatura (Alexander et al. 2020; Becker 2019; Comaniciu et al. 2016; Davenport and Kalakota 2019; Hamet and Tremblay 2017; He et al. 2019; Kulkarni et al. 2020; van Hoek et al. 2019; Yu et al. 2018) e previsões envolvendo IA e medicina diagnóstica (Blum and Zins 2017; Biot 2019; Makridakis 2017; Martín Noguerol et al. 2019; Miller and Brown 2018; Powell 2020; Recht and Bryan 2017; Savadjiev et al. 2019; Jiang et al. 2017). Porém, nenhum deles abordou este assunto de forma compreensiva. O nosso estudo avalia a opinião de 1.430 pesquisadores de todo o mundo sobre (i) a probabilidade de ocorrência de eventos esperados para o futuro, apontados pela literatura científica, (ii) a integração entre IA e

vários tipos de diagnóstico médico e (iii) os principais obstáculos para a sua utilização na medicina diagnóstica.

MÉTODO

Realizou-se uma revisão de literatura orientada à identificação de questões relevantes sobre o futuro do uso de IA na medicina diagnóstica. Para tanto, utilizamos artigos, editoriais e artigos de revisão publicados recentemente em periódicos indexados na WoS. Os documentos foram identificados utilizando-se a seguinte estratégia de busca:

ts=(Artificial intelligence OR Computational Intelligence or Machine Intelligence or Computer Reasoning or AI or Computer Vision System*) and ts=(future* or foresight* or forthcoming* or prospective* or imminent*) and ts=(diagnostics or medicine or clinical practice)

AND LANGUAGE: (English) AND DOCUMENT TYPES: (Article OR Editorial Material OR Review)

Indexes=SCI-EXPANDED Timespan=2015-2020

A estratégia de busca combinou termos relacionados a inteligência artificial e diagnóstico médico, obtidos no *Medical Subject Headings* (MeSH) da *U.S. National Library of Medicine* (ncbi.nlm.nih.gov/mesh), bem como palavras-chave relativas a futuro, selecionadas livremente (*free text words*). Para a identificação de registros que contivessem esses termos, utilizamos, no modo de pesquisa avançada WoS, a tag *Topic* (ts), que realiza buscas nos campos título, resumo e palavras-chave das publicações. Utilizamos apenas o índice de citações *Science Citation Index Expanded* (SCI-EXPANDED) para recuperar artigos, editoriais e artigos de revisão publicados em periódicos de ciências. O período foi restrito aos últimos cinco anos (2015 a maio de 2020) para que se pudesse obter informações recente sobre aplicações de IA em medicina diagnóstica.

A busca foi realizada em maio de 2020 e recuperou 536 registros de publicações, importadas no formato *plain text* para o software de mineração de dados/texto *VantagePoint* 11.0. Após leitura dos títulos e resumos, selecionamos 65 registros de publicações para uma análise mais aprofundada. Esses registros foram então importados para o software de gestão de referências *Citavi* 6.1, onde fizemos a leitura dos textos completos, em formato PDF. Após a leitura dos trabalhos, selecionamos as 27 publicações científicas que formaram a base da revisão de literatura e do questionário de pesquisa (Alexander et al. 2019; Becker 2019; Biot 2019; Blum and Zins 2017; Chockley and Emanuel 2016; Comaniciu et al. 2016; Davenport and Kalakota 2019; Hamet and Tremblay 2017; He et al. 2019; Jiang et al. 2017; Kulkarni et al. 2020; Lu 2019; Makridakis 2017; Martín Nogueroles et al. 2019; Meskó 2019; Miller and Brown 2018; Nakata 2019; Obermeyer et al. 2016; Pesapane et al. 2018; Powell 2020; Recht and Bryan 2017; Safdar et al. 2020; Savadjiev et al. 2019; Topol 2019; van Hoek et al. 2019; Yu et al. 2018)

Foram convidados a participar deste estudo autores de publicações científicas recentes relacionadas a IA e diagnóstico médico, indexadas na WoS. Os respondentes deste survey foram identificados utilizando-se a seguinte estratégia de busca:

ts=("Artificial intelligence" OR "Computational Intelligence" OR "Machine Intelligence" OR "Computer Reasoning" OR "Computer Vision System*" OR "Machine Learning" OR "Deep Learning") AND ts=(Diagnos* OR Medicine OR Medical OR Ultrasound* OR Ultrasonograph* OR "Ultrasonic Diagnos*" OR Echotomograph* OR Echograph* OR "Radionuclide Imaging" OR "Radioisotope Scanning" OR radiograph* OR Roentgenograph* OR "X-ray")
 Refined by: DOCUMENT TYPES: (ARTICLE OR REVIEW)
 Indexes=SCI-EXPANDED Timespan=2015-2020

No campo de busca avançada da WoS, utilizamos a tag Topic e descritores de IA e diagnóstico médico obtidos no MeSH. Restringiu-se o período para cinco anos (2015 a setembro de 2020), os 'tipos de documentos' para artigos ou artigos de revisão e utilizou-se somente o SCI-EXPANDED para que se pudesse identificar pesquisadores que publicaram artigos recentes em periódicos de ciências revisados por pares (*peer-reviewed journals*).

A busca foi realizada em setembro de 2020 e recuperou 15.084 registros de publicações científicas, o que corresponde a 18,57% de todas as publicações relacionadas à IA (81.224 publicações) indexadas na WoS. Importamos estes registros para o *VantagePoint* 11.0, onde foram recuperados 23.053 e-mails de autores. Em seguida, criamos um arquivo CSV com dados dos autores (e-mail, nome e título da publicação). Utilizando-se um código Python desenvolvido internamente, vinculamos 18.469 (84,45%) destes e-mails aos seus proprietários. A lista de respondentes (contendo todos os 23.053 e-mails) foi então importada para a plataforma de pesquisa online SurveyMonkey, onde o questionário foi elaborado e o survey foi conduzido. Após uploading, o número de e-mails foi reduzido para 20.952 devido a e-mails desativados e devolvidos (bounced emails) e respondentes opt-out (que optaram por não participar de surveys anteriores realizados via SurveyMonkey).

O questionário considerou um horizonte futuro de 10 anos (2020-2030) e foi dividido em seis partes. A primeira parte é uma introdução à pesquisa, informando aos respondentes o objetivo do estudo, bem como aspectos relacionados à coleta e tratamento dos dados, anonimidade, participação voluntária e solicitação de consentimento informado. A segunda parte perguntou o nível de conhecimento dos respondentes sobre medicina diagnóstica. Aqueles que se autodeclararam com bom ou algum conhecimento foram qualificados para o survey, enquanto os que afirmaram não ter conhecimento foram desqualificados e não responderam o questionário. A terceira parte perguntou sobre a probabilidade da IA (i) mudar radicalmente a medicina diagnóstica, (ii) realizar eventos esperados para o futuro (como, e.g., a redução da carga de trabalho dos médicos) e (iii) integrar-se a instrumentos de diagnóstico médico (interpretação do cérebro por ressonância magnética, por exemplo). A quarta parte perguntou qual seria, entre quatro opções dadas, o obstáculo mais provável para a utilização da IA na medicina diagnóstica (e.g., dificuldade de incorporação na prática clínica). Os respondentes tiveram que selecionar uma das quatro opções, para, então, seguirem para uma questão vinculada, específica sobre a opção selecionada. Nesta questão, considerando algumas opções dadas, os respondentes foram chamados a escolher aquela que melhor representaria o porquê de terem indicado um dado obstáculo como o mais importante para a utilização da IA na medicina diagnóstica (por exemplo, conflitos entre a inteligência artificial e outras estratégias clínicas).

A quinta e sexta partes eram opcionais, não pertencendo ao *core* da pesquisa. Desta forma, os dados coletados não foram incluídos no cálculo do número de questionários completos obtidos. A quinta parte consiste em um espaço dado aos respondentes para comentarem algo mais sobre o tema da pesquisa ou encaminharem feedback. A última parte consiste em cinco questões demográficas. Uma vez que os resultados deste estudo não são influenciados pela demografia dos respondentes, estas questões foram incluídas no questionário para que se pudesse apresentar um overview dos respondentes, como titulação acadêmica, experiência profissional e área de atuação.

Antes do estudo formal, o questionário foi validado através de um estudo piloto com uma amostra aleatória de 2.000 pesquisadores (8,68% do total de e-mails). Nesta fase, avaliou-se o questionário (rotina de aplicação, consistência, lógica interna, taxa de conclusão, tempo de preenchimento etc.) e coletou-se comentários dos respondentes. Os 91 pesquisadores que participaram do estudo piloto não sugeriram quaisquer mudanças no questionário. Desta forma, nem o questionário e nem a rotina de aplicação foram modificados e os dados coletados foram então incluídos na análise dos resultados. Após o envio do e-mail convite, o questionário ficou disponível para preenchimento por oito dias consecutivos. Neste período, até três e-mails lembrete foram enviados para não-respondentes.

O piloto e o estudo formal foram realizados em setembro de 2020. Tanto o questionário quanto os e-mails convite e lembrete informaram os respondentes sobre a pesquisa. Antes de responderem o questionário, foram informados que o survey estava sendo realizado unicamente para fins de pesquisa, dados pessoais ou sensíveis não seriam coletados, as respostas não seriam identificadas nos resultados, e o consentimento informado seria dado ao responderem o questionário. Assim, todos os pesquisadores que participaram deste estudo nos deram o seu consentimento informado para a utilização dos dados coletados. Dada a participação voluntária, anonimidade nos resultados e ausência de questões sensíveis ou pessoais, um exame por um comitê de ética não foi necessário.

RESULTADOS

A **Figura 1** apresenta a distribuição, por nível autodeclarado de conhecimento, dos pesquisadores que aceitaram participar da pesquisa. Dos 20.952 pesquisadores convidados (tamanho da população), 1.622 aceitaram participar do estudo. Destes, 192 (11,8%) afirmaram não ter conhecimento sobre medicina diagnóstica e foram desqualificados.

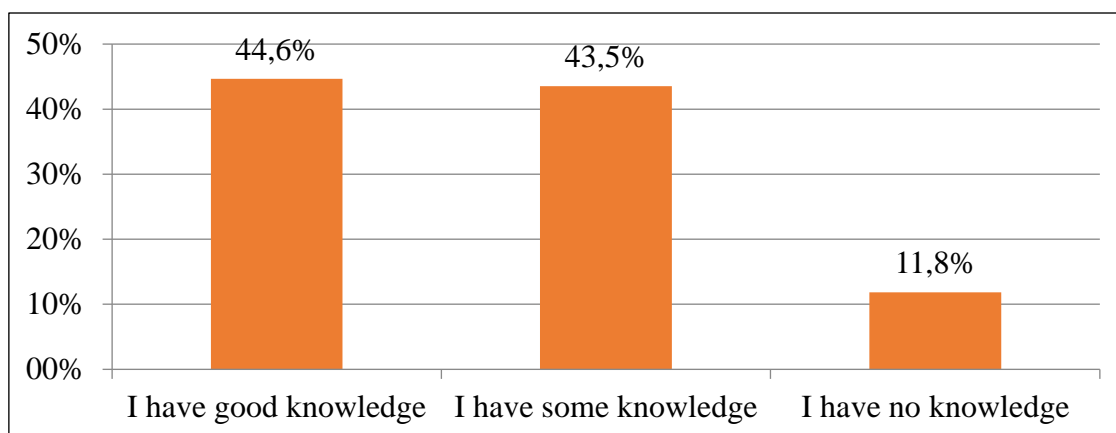


Figura 1 – Nível de conhecimento autodeclarado dos respondentes (n=1.622)

Das 1.430 respostas válidas, 50,6% (724) e 49,4% (706) referem-se, respectivamente, a respondentes com bom e algum conhecimento. Foram obtidos 1.263 (88,4%) questionários completamente preenchidos (tamanho da amostra), o que é compatível com um nível de confiança de 95,0% e margem de erro de 2,5%. A demografia dos respondentes está apresentada no Apêndice A.

Mais de dois terços dos respondentes (68,4%) consideraram que a IA provavelmente mudará radicalmente a medicina diagnóstica até 2030, enquanto 29,8% considerou que isso deverá ocorrer em um prazo mais longo. Apenas 1,8% considerou improvável a ocorrência de uma mudança radical (**Figura 2**).

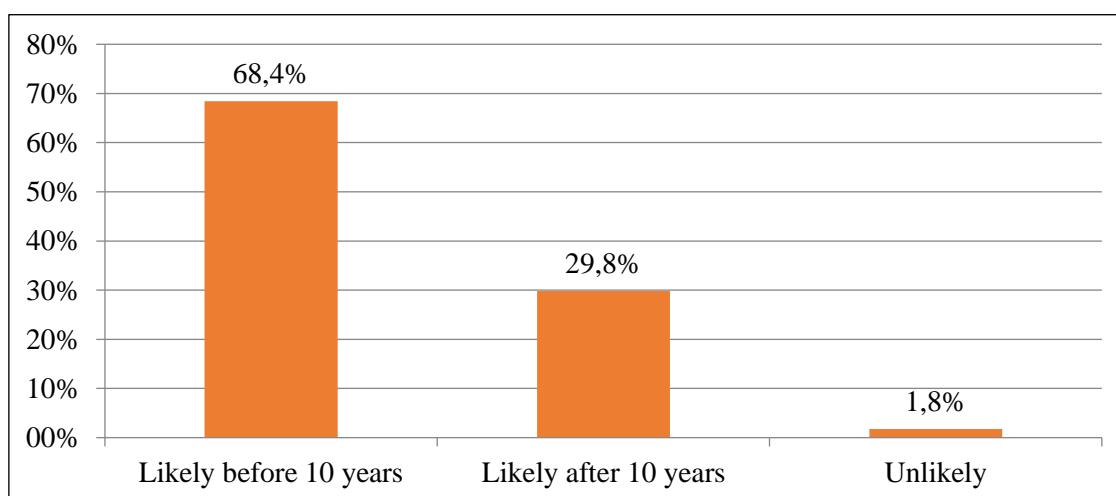


Figura 2 – Probabilidade de ocorrência de uma mudança radical na medicina diagnóstica a partir da IA (n=1.410)

A **Figura 3** mostra a probabilidade de ocorrência de sete eventos esperados para o futuro, derivados do uso de IA em medicina diagnóstica. Salvo redução no tempo de hospitalização dos pacientes (49,4%), a maior parte dos respondentes acredita que esses eventos provavelmente ocorrerão em até 10 anos. De acordo com eles, os dois eventos mais prováveis de ocorrerem nesse período seriam redução nos custos de screening (69,3%) e obtenção de diagnósticos mais confiáveis (68,0%). A obtenção de diagnósticos mais confiáveis mostra-se, contudo, como o evento mais factível, uma vez que apenas 2,7% dos respondentes consideraram improvável que este evento ocorra no futuro – contra 8,7% na redução nos custos de screening. Por sua vez, melhorias na conformidade com o

tratamento e redução no tempo de hospitalização dos pacientes foram os dois eventos que receberam os maiores percentuais de improvável, 14,2% e 13,7%, respectivamente.

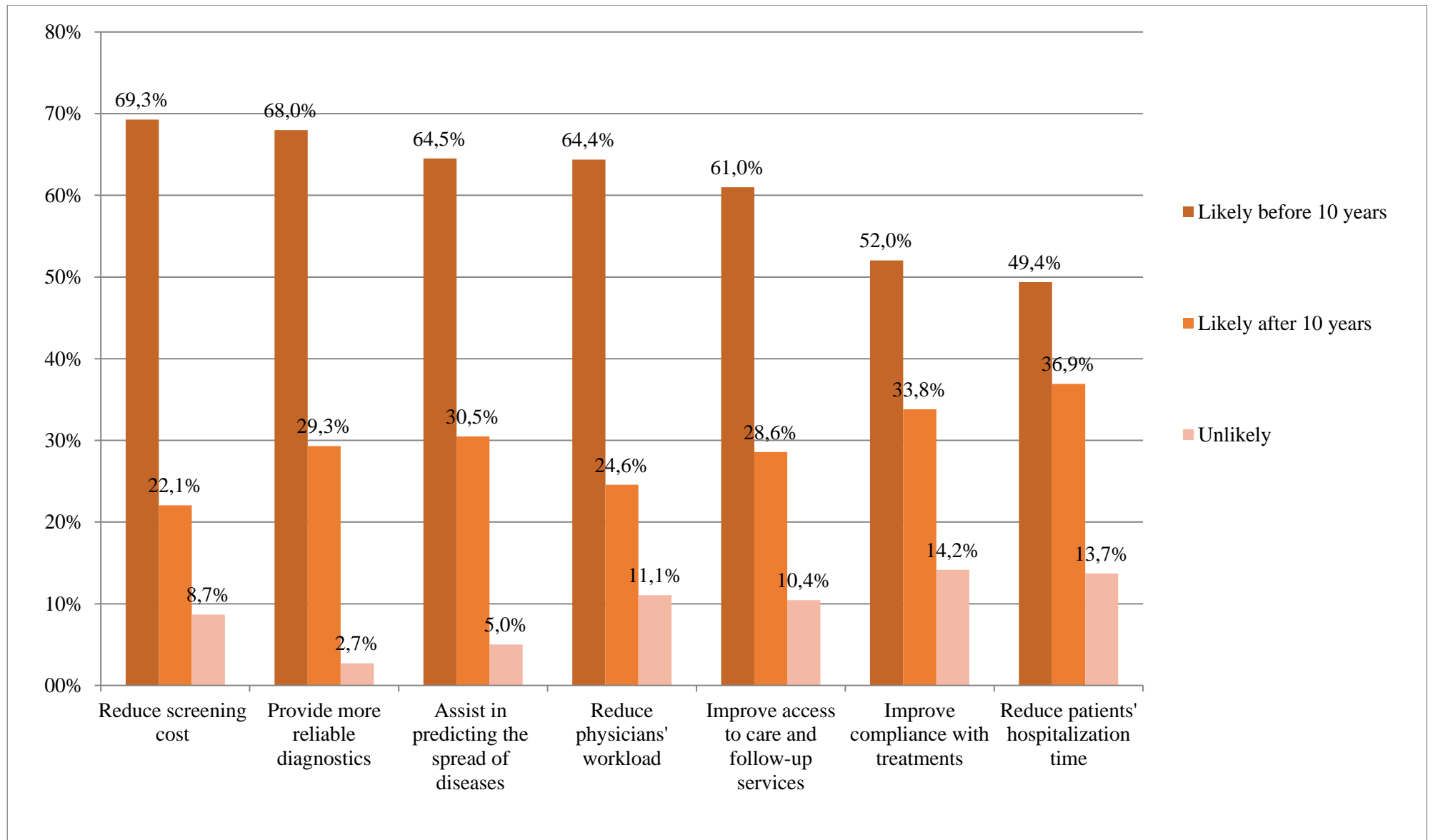


Figura 3 – Eventos esperados para o futuro a partir do uso de IA na medicina diagnóstica (n=1.364)

As Figuras 4 e 5 mostram a probabilidade de integração entre IA e instrumentos de diagnóstico selecionados, considerando a capacidade de produzirem resultados melhores do que os instrumentos de diagnóstico atualmente disponíveis. Salvo monitoramento intraparto (46,7%), a maioria dos respondentes espera que a integração entre IA e os instrumentos selecionados entreguem melhores resultados diagnósticos em até 10 anos (**Figura 5**). Os três mais prováveis de ocorrerem neste período seriam raio-X (81%), interpretação de ritmo cardíaco (80,9%) e diagnóstico de malignidade na pele (77,6%) (**Figura 4**). Por outro lado, monitoramento intraparto e identificação de sintomas de sepse receberam os maiores percentuais de improvável, 7,5% e 7,2%, respectivamente (**Figura 5**).

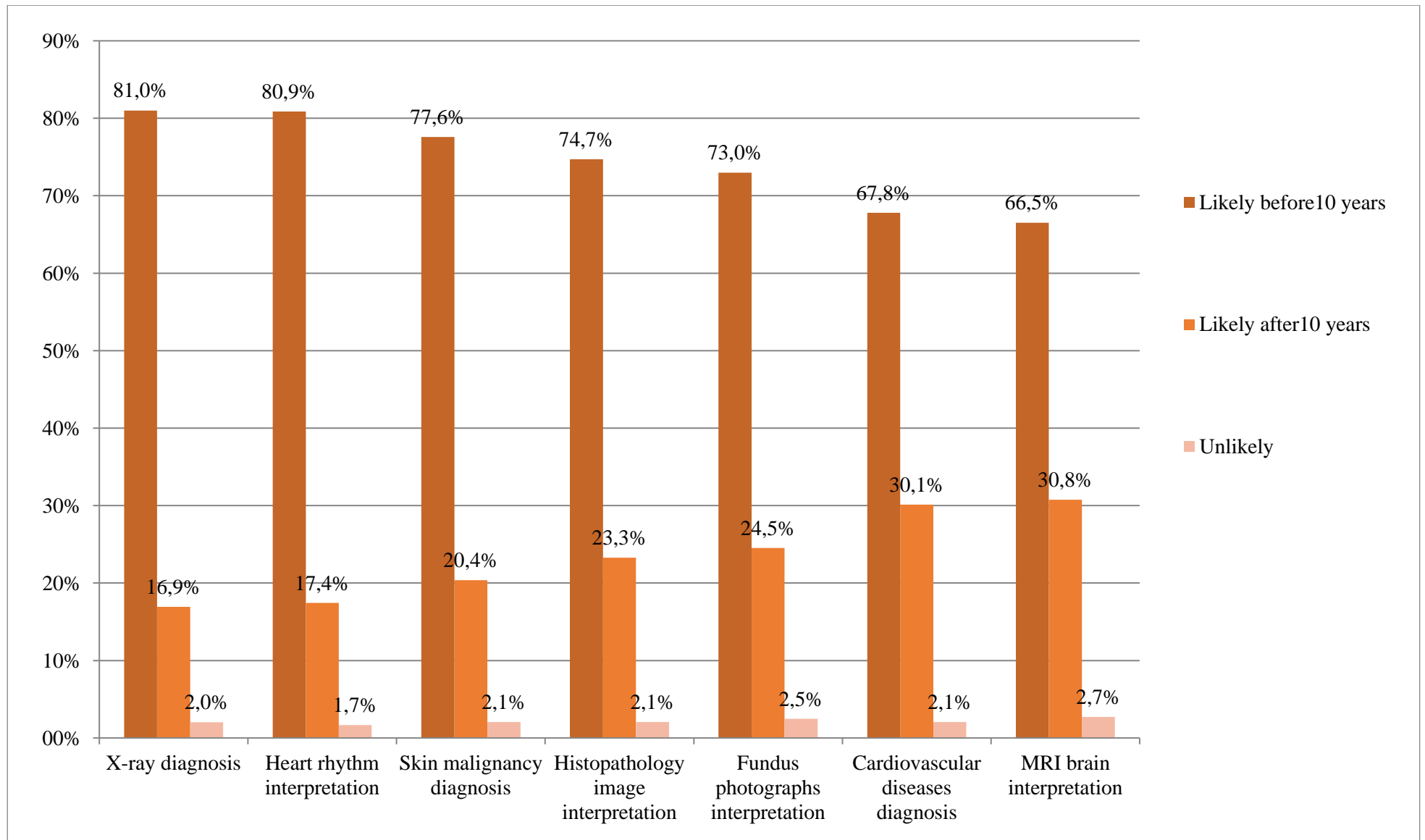


Figura 4 – Probabilidade de integração entre IA e instrumentos de diagnóstico (n=1.331)

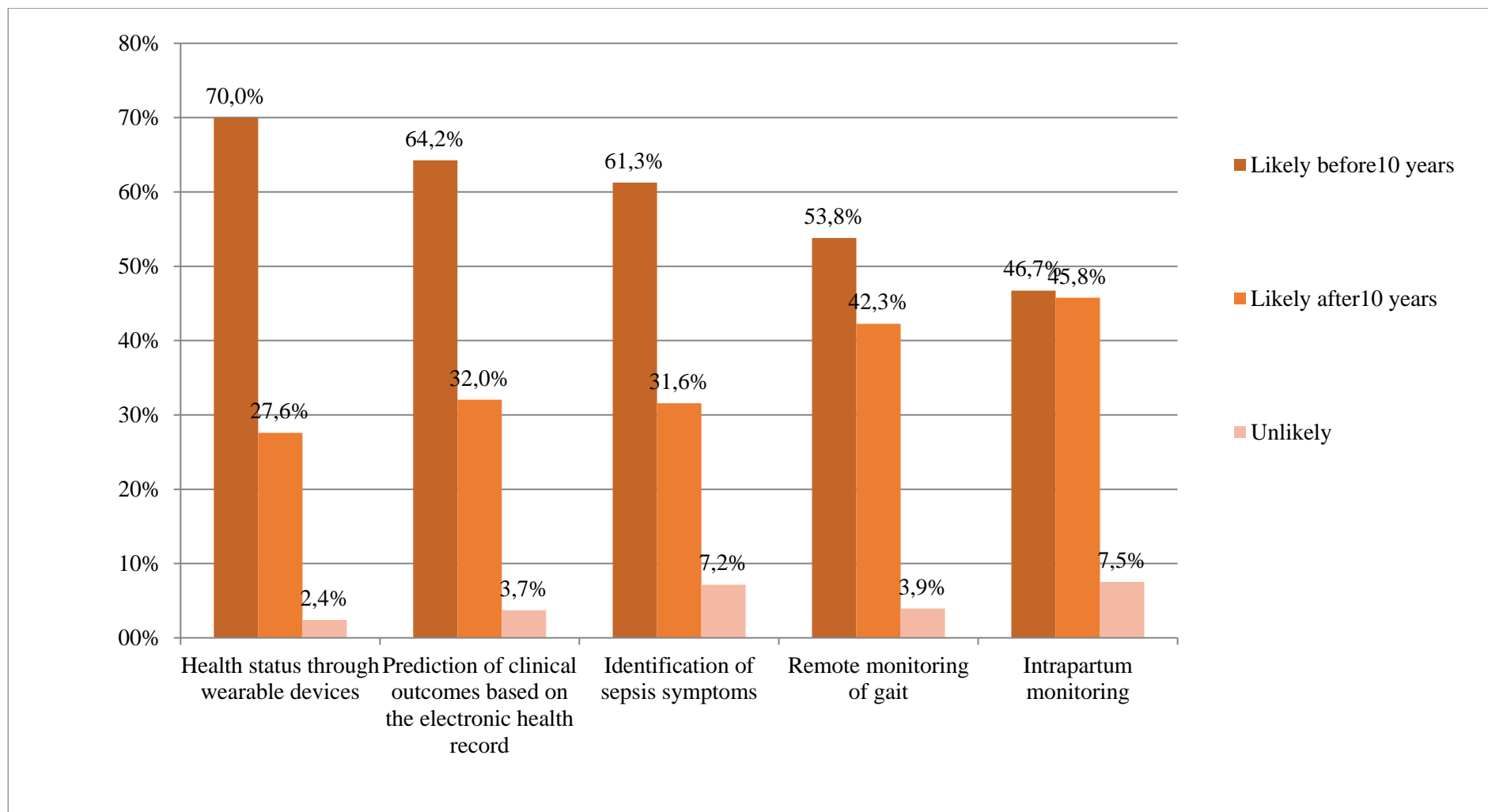


Figura 5 – Probabilidade de integração entre IA e instrumentos de diagnóstico (n=1.295)

Dificuldades de incorporação da IA na prática clínica (41,0%) e questões éticas ou regulatórias (36,6%) foram considerados os obstáculos mais prováveis à utilização de IA na medicina diagnóstica (**Figura 6**). Juntos, os demais obstáculos foram escolhidos por 21,5% dos respondentes (incluindo a opção ‘Outro’).

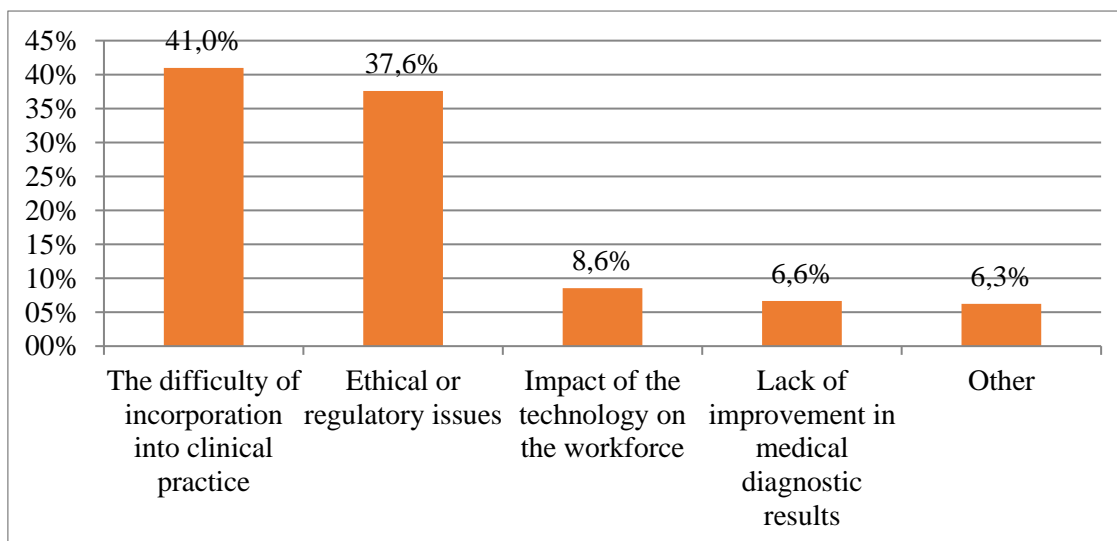


Figura 6 – Possíveis barreiras para uso de IA em medicina diagnóstica (n=1.296)

Após selecionar uma das quatro opções apresentadas na **Figura 6** (excluindo ‘Other’), os respondentes foram dirigidos para uma pergunta específica sobre a opção escolhida. Nesta questão, os respondentes foram convidados a indicar, entre algumas opções dadas, aquela que provavelmente mais dificultaria a utilização de IA na medicina diagnóstica. As respostas específicas para os dois obstáculos selecionados pela maioria dos respondentes estão apresentadas nas Figuras 7 e 8. As respostas específicas para as barreiras relacionadas a impactos da IA na força de trabalho e falta de melhoria nos resultados do diagnóstico médico (**Figura 6**) estão apresentadas no Apêndice B.

Dos respondentes que selecionaram dificuldade de incorporação de IA na prática clínica, 47,7% apontou o alinhamento da tecnologia ao contexto específico da prática clínica como principal obstáculo para a utilização de IA na medicina de diagnóstico. Ignorância das variáveis responsáveis pelas decisões da IA e possíveis conflitos entre IA e outras estratégias clínicas foram escolhidos por, respectivamente, 23,2% e 22,2% dos respondentes (Figura 7).

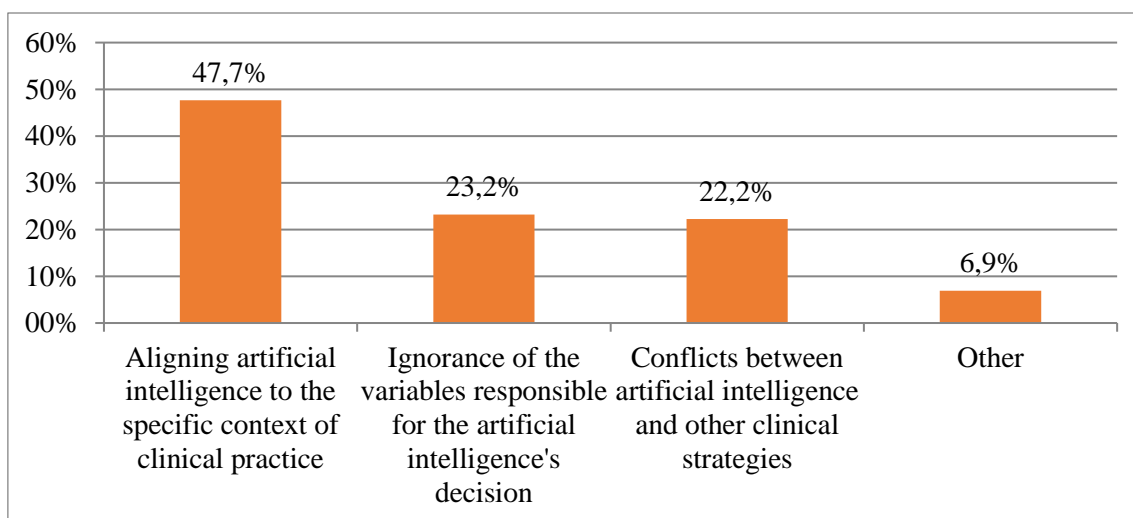


Figura 7 – Motivos específicos para dificuldades de incorporação de IA na prática clínica (n=535)

Dos respondentes que indicaram questões éticas ou regulatórias, 48,1% considerou incerteza sobre a responsabilidade legal e responsabilização para as decisões tomadas com base em IA como principal obstáculo para o uso desta tecnologia em diagnósticos médicos. Dificuldades para acessar, compartilhar e armazenar grandes bancos de dados de pacientes e dificuldades para testar, validar, certificar e auditar algoritmos e sistemas de IA foram considerados como principal obstáculo por, respectivamente, 22,7% e 17,4% dos respondentes. Os demais obstáculos, juntos, foram indicados por apenas 11,8% dos pesquisadores (

Figura 8).

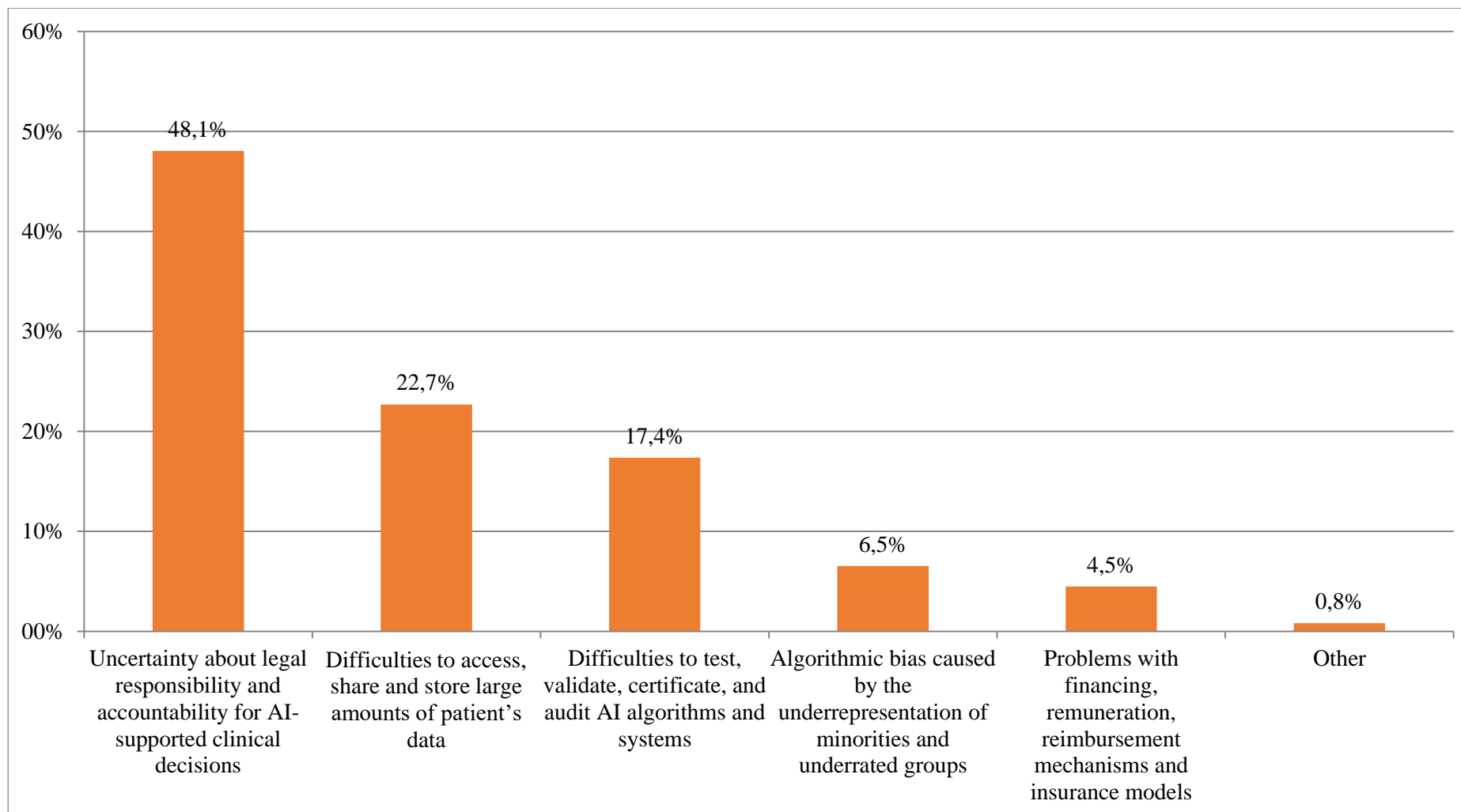


Figura 8 – Motivos específicos para barreiras éticas ou regulatórias (n=489)

CONCLUSÃO

Este relatório apresentou os resultados de um web-based survey de abrangência mundial realizado com 1.430 autores de artigos científicos relacionados à IA e medicina diagnóstica. De forma geral, de acordo com a maior parte dos respondentes, provavelmente o uso de IA mudará radicalmente a medicina diagnóstica em até 10 anos. Aplicações de IA em diagnósticos médicos provavelmente reduzirão custos de screening de doenças e melhorarão tanto a confiabilidade dos diagnósticos quanto a predição da propagação de doenças nos pacientes. A IA provavelmente será integrada a instrumentos de diagnóstico como raio-X, interpretação de ritmo cardíaco, diagnóstico de malignidade na pele e interpretação de imagem histopatológica, proporcionando melhores resultados que os instrumentos de diagnóstico atualmente disponíveis. Dificuldades de incorporação na prática clínica – especialmente devido à dificuldade de alinhamento da IA ao contexto específico da prática clínica – e questões éticas ou regulatórias – especialmente a incerteza sobre a responsabilidade legal e responsabilização pelas decisões clínicas baseadas em IA – foram considerados os obstáculos mais importantes para o uso de inteligência artificial na medicina diagnóstica.

REFERÊNCIAS

- Alexander, Alan; Jiang, Adam; Ferreira, Cara; Zurkiya, Delphine (2020): An Intelligent Future for Medical Imaging: A Market Outlook on Artificial Intelligence for Medical Imaging. In *Journal of the American College of Radiology : JACR* 17 (1 Pt B), pp. 165–170. DOI: 10.1016/j.jacr.2019.07.019.
- Alexander, Alan; McGill, Megan; Tarasova, Anna; Ferreira, Cara; Zurkiya, Delphine (2019): Scanning the Future of Medical Imaging. In *Journal of the American College of Radiology : JACR* 16 (4 Pt A), pp. 501–507. DOI: 10.1016/j.jacr.2018.09.050.
- Becker, Aliza (2019): Artificial intelligence in medicine: What is it doing for us today? In *Health Policy and Technology* 8 (2), pp. 198–205.
- Biot, Jacques (2019): How will clinical practice be impacted by artificial intelligence? In *European journal of dermatology : EJD* 29 (S1), pp. 8–10.
- Blum, A.; Zins, M. (2017): Radiology: Is its future bright? In *Diagnostic and interventional imaging* 98 (5), pp. 369–371. DOI: 10.1016/j.diii.2017.04.002.
- Chockley, Katie; Emanuel, Ezekiel (2016): The End of Radiology? Three Threats to the Future Practice of Radiology. In *Journal of the American College of Radiology : JACR* 13 (12 Pt A), pp. 1415–1420. DOI: 10.1016/j.jacr.2016.07.010.
- Comaniciu, Dorin; Engel, Klaus; Georgescu, Bogdan; Mansi, Tommaso (2016): Shaping the future through innovations: From medical imaging to precision medicine. In *Medical image analysis* 33, pp. 19–26. DOI: 10.1016/j.media.2016.06.016.
- Davenport, Thomas; Kalakota, Ravi (2019): The potential for artificial intelligence in healthcare. In *Future Health Journal*.
- Hamet, Pavel; Tremblay, Johanne (2017): Artificial intelligence in medicine. In *Metabolism: clinical and experimental* 69S, S36–S40.

- He, Jianxing; Baxter, Sally L.; Xu, Jie; Xu, Jiming; Zhou, Xingtao; Zhang, Kang (2019): The practical implementation of artificial intelligence technologies in medicine. In *Nature medicine* 25 (1), pp. 30–36.
- Jiang, Fei; Jiang, Yong; Zhi, Hui; Dong, Yi; Li, Hao; Ma, Sufeng et al. (2017): Artificial intelligence in healthcare: past, present and future. In *Stroke and vascular neurology* 2 (4), pp. 230–243.
- Kulkarni, Sagar; Seneviratne, Nuran; Baig, Mirza Shaheer; Khan, Ameer Hamid Ahmed (2020): Artificial Intelligence in Medicine: Where Are We Now? In *Academic radiology* 27 (1), pp. 62–70.
- Lu, Yang (2019): Artificial intelligence: a survey on evolution, models, applications and future trends. In *Journal of Management Analytics* 6 (1), pp. 1–29.
- Makridakis, Spyros (2017): The forthcoming Artificial Intelligence (AI) revolution: Its impact on society and firms. In *Futures* 90, pp. 46–60.
- Martín Noguerol, Teodoro; Paulano-Godino, Félix; Martín-Valdivia, María Teresa; Menias, Christine O.; Luna, Antonio (2019): Strengths, Weaknesses, Opportunities, and Threats Analysis of Artificial Intelligence and Machine Learning Applications in Radiology. In *Journal of the American College of Radiology : JACR* 16 (9 Pt B), pp. 1239–1247. DOI: 10.1016/j.jacr.2019.05.047.
- Meskó, Bertalan (2019): The Real Era of the Art of Medicine Begins with Artificial Intelligence. In *Journal of medical Internet research* 21 (11), e16295. DOI: 10.2196/16295.
- Miller, D. Douglas; Brown, Eric W. (2018): Artificial Intelligence in Medical Practice: The Question to the Answer? In *The American journal of medicine* 131 (2), pp. 129–133.
- Nakata, Norio (2019): Recent technical development of artificial intelligence for diagnostic medical imaging. In *Japanese journal of radiology* 37 (2), pp. 103–108. DOI: 10.1007/s11604-018-0804-6.
- Obermeyer, Ziad; Emanuel, Ezekiel; Emanuel, Ezekiel J. (2016): Predicting the Future — Big Data, Machine Learning, and Clinical Medicine // Predicting the Future - Big Data, Machine Learning, and Clinical Medicine. In *The New England journal of medicine* 375 (13), pp. 1216–1219. DOI: 10.1056/NEJMp1606181.
- Pesapane, Filippo; Volonté, Caterina; Codari, Marina; Sardanelli, Francesco (2018): Artificial intelligence as a medical device in radiology: ethical and regulatory issues in Europe and the United States. In *Insights into imaging* 9 (5), pp. 745–753. DOI: 10.1007/s13244-018-0645-y.
- Powell, Adam C. (2020): Impact of the Artificial Nudge. In *Academic radiology* 27 (1), pp. 143–146. DOI: 10.1016/j.acra.2019.09.010.
- Recht, Michael; Bryan, R. Nick (2017): Artificial Intelligence: Threat or Boon to Radiologists? In *Journal of the American College of Radiology : JACR* 14 (11), pp. 1476–1480. DOI: 10.1016/j.jacr.2017.07.007.
- Safdar, Nabile M.; Banja, John D.; Meltzer, Carolyn C. (2020): Ethical considerations in artificial intelligence. In *European journal of radiology* 122, p. 108768. DOI: 10.1016/j.ejrad.2019.108768.

Savadjiev, Peter; Chong, Jaron; Dohan, Anthony; Vakalopoulou, Maria; Reinhold, Caroline; Paragios, Nikos; Gallix, Benoit (2019): Demystification of AI-driven medical image interpretation: past, present and future. In *European radiology* 29 (3), pp. 1616–1624. DOI: 10.1007/s00330-018-5674-x.

Topol, Eric J. (2019): High-performance medicine: the convergence of human and artificial intelligence. In *Nature medicine* 25 (1), pp. 44–56.

van Hoek, Jasper; Huber, Adrian; Leichtle, Alexander; Härmä, Kirsi; Hilt, Daniella; Tengg-Kobligk, Hendrik von et al. (2019): A survey on the future of radiology among radiologists, medical students and surgeons: Students and surgeons tend to be more skeptical about artificial intelligence and radiologists may fear that other disciplines take over. In *European journal of radiology* 121, p. 108742. DOI: 10.1016/j.ejrad.2019.108742.

Yu, Kun-Hsing; Beam, Andrew L.; Kohane, Isaac S. (2018): Artificial intelligence in healthcare. In *Nature biomedical engineering* 2 (10), pp. 719–731.

APÊNDICES

Apêndice A – Demografia dos respondentes

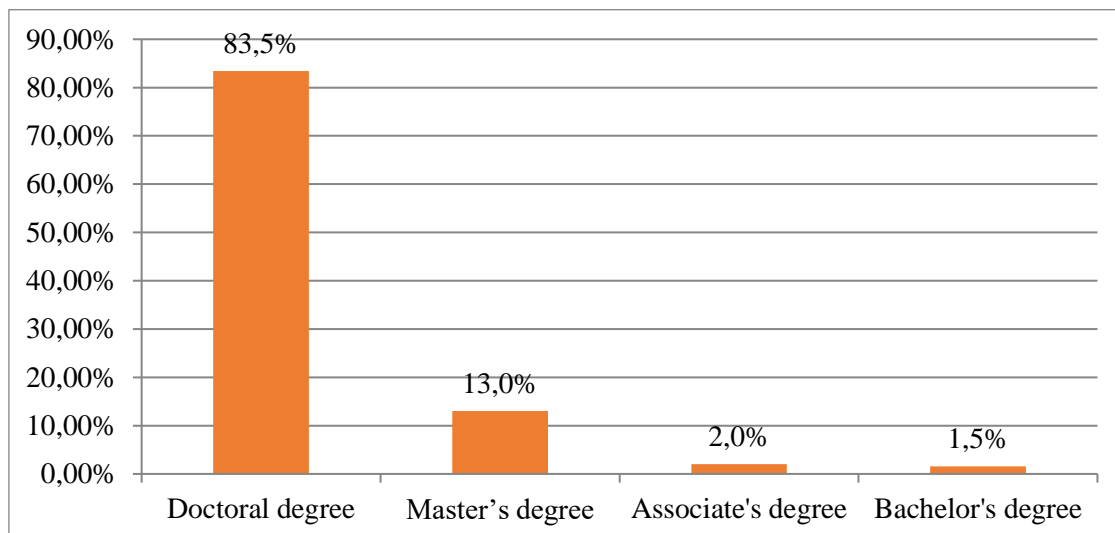


Figura 9 – Grau de escolaridade máximo dos respondentes (n=1.245)

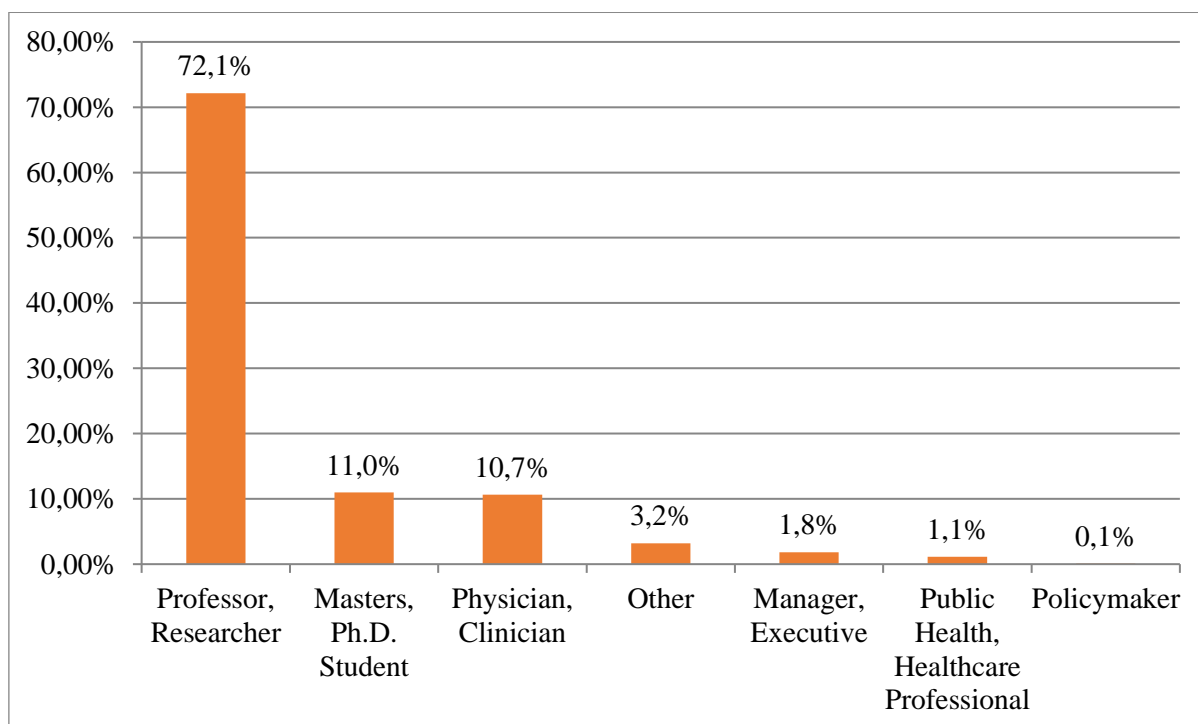


Figura 10 – Ocupação profissional dos respondentes (n=1.249)

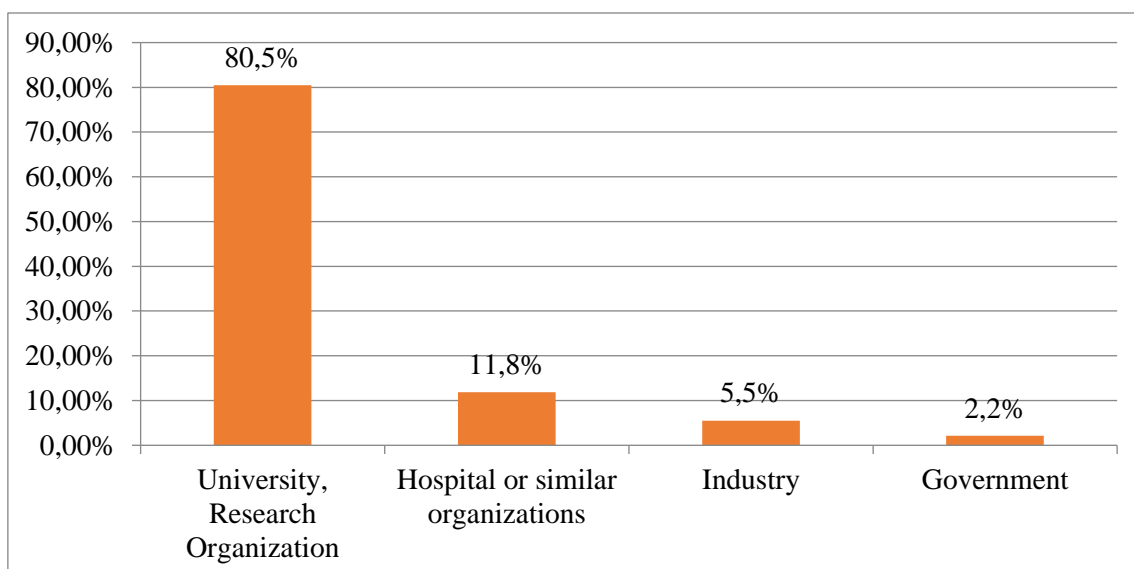


Figura 11 – Local de trabalho dos respondentes (n=1.251)

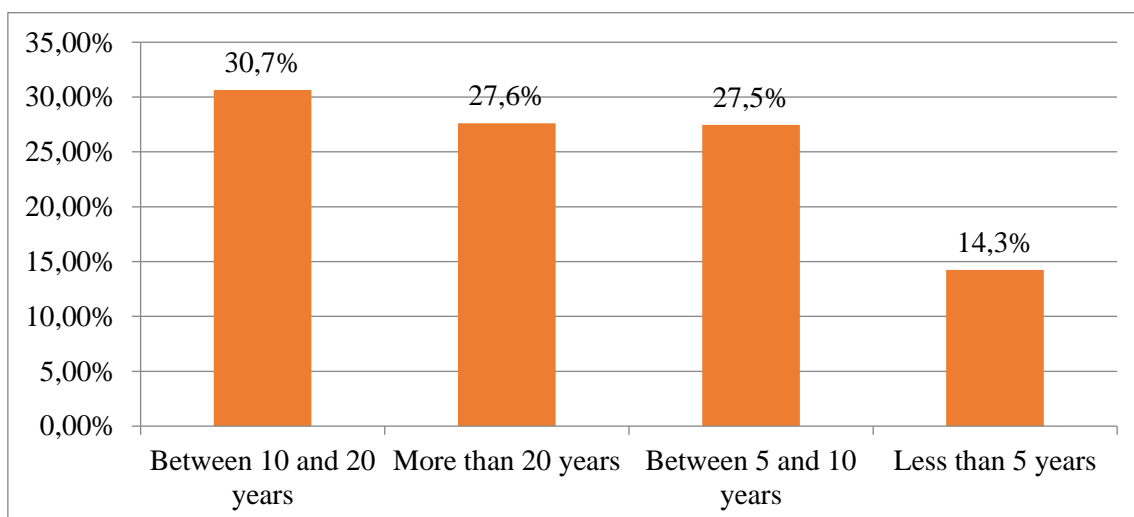


Figura 12 – Anos de experiência dos respondentes em suas áreas de pesquisa (n=1.249)

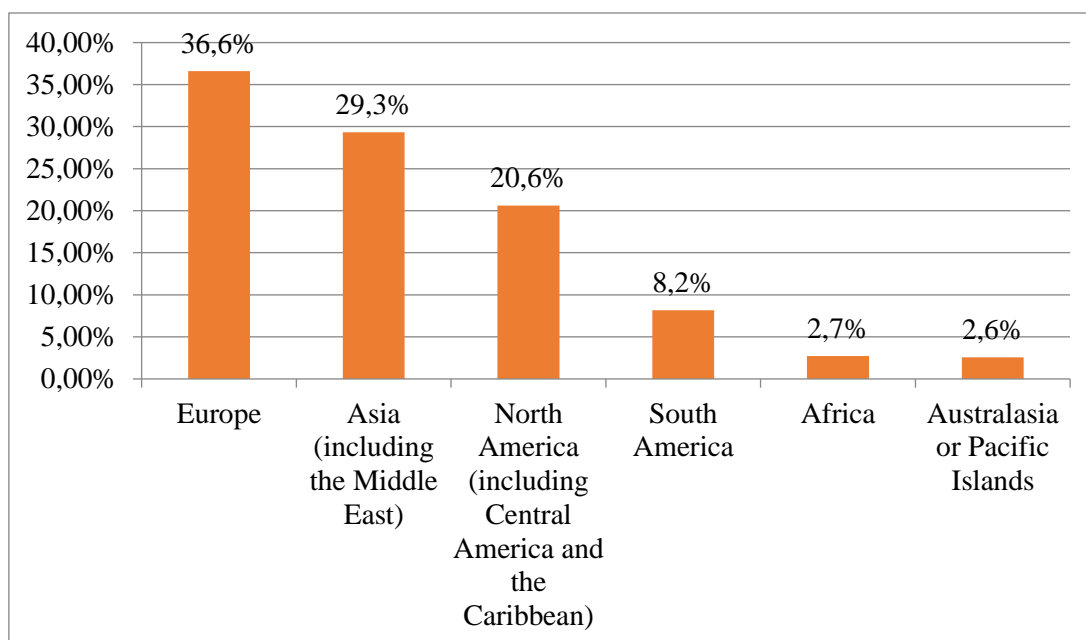


Figura 13 – Localização dos respondentes (n=1.251)

Apêndice B - Respostas específicas para (i) impactos da IA na força de trabalho e (ii) falta de melhoria nos resultados do diagnóstico médico

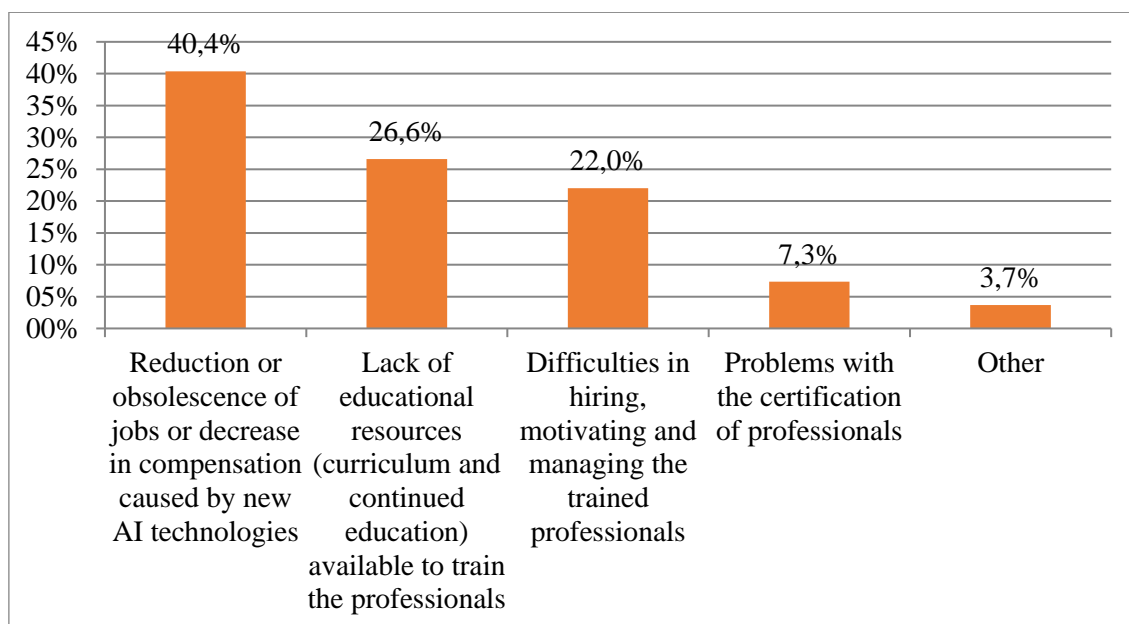


Figura 14 – Motivos específicos para impactos da IA na força de trabalho (n=87)

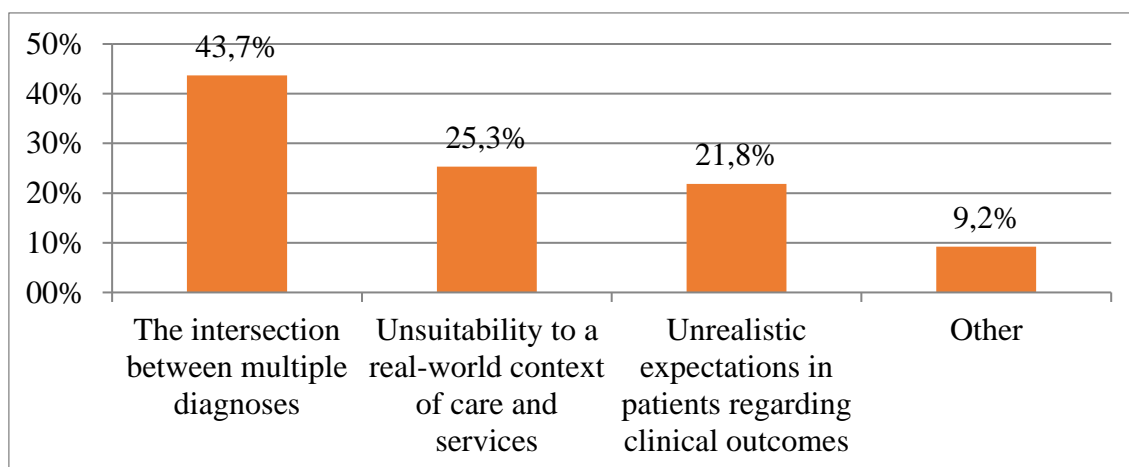


Figura 15 – Motivos específicos para falta de melhoria nos resultados diagnósticos (n=109)