

Automação da Oxigenoterapia: uma análise de patentes e de avanços emergentes

Automation of Oxygen Therapy: an analysis of patents and emerging advances

Camila Rickli¹

Daniel de Paula¹

Fábio Rocha¹

Valdirlei Fernandes Freitas¹

¹Universidade Estadual do Centro-Oeste, Guarapuava, PR, Brasil

Resumo

A oxigenoterapia, essencial em diversas patologias, evidencia aumento notável de patentes e de pesquisas, especialmente na pandemia de COVID-19. Baseada em PaO_2 e SpO_2 , sua aplicação em UTIs e em domicílios reflete impacto global na saúde pública. Este estudo investigou inovações na oxigenoterapia, usando depósitos de patentes como indicador de inovação. Utilizando as bases Questel Orbit[®] e Pubmed (2013-2023), as buscas abrangeram termos como “Automation oxygen therapy” e “Oxygen Flow automatic control”. Foram identificadas 6.364 patentes em 50 anos, com pico em 2021. A inovação é liderada pela China (1.988 patentes) e seguida pelos EUA (1.307 patentes). Empresas consolidadas, como Covidien e Philips, dominam os registros, destacando a concentração do mercado em inovações tecnológicas para suporte ventilatório. Os avanços tecnológicos demandam automação, colaboração interdisciplinar e futuramente enfatizam algoritmos de aprendizado de máquina, sensores avançados, telemedicina e sustentabilidade, apontando para um futuro promissor na otimização do tratamento.

Palavras-chave: Oxigenoterapia; Inovações Tecnológicas; COVID-19.

Abstract

Oxygen therapy, which is essential for many diseases, has seen a notable increase in patents and research, especially during the COVID-19 pandemic. Based on PaO_2 and SpO_2 , its application in ICUs and at home has a global impact on public health. This study investigated innovations in oxygen therapy, using patent databases as an indicator of innovation. Using the Questel Orbit[®] and Pubmed databases (2013-2023), the search covered terms such as “Automation oxygen therapy” and “Oxygen Flow automatic control”. 6364 patents were identified over 50 years, with a peak in 2021. Innovation is led by China (1988 patents), followed by the USA (1307 patents). Consolidated companies such as Covidien and Philips dominate the registrations, highlighting the concentration of the market in technological innovations for ventilatory support. Technological advances demand automation, and interdisciplinary collaboration and in the future emphasize machine learning algorithms, advanced sensors, telemedicine, and sustainability, pointing to a promising future in optimizing treatment.

Keywords: Oxygen therapy; Technological Innovations; COVID-19.

Área Tecnológica: Prospecção Tecnológica. Saúde.



1 Introdução

A utilização de oxigênio (O) como gás terapêutico (oxigenoterapia) no tratamento de diversas patologias é conhecida e amplamente utilizada nos serviços de atendimento hospitalar e domiciliar para o uso prolongado. A indicação da terapia com oxigênio é verificada inicialmente com base na Pressão Parcial de Oxigênio (PaO_2) por meio da gasometria arterial. Já o fluxo de oxigênio necessário é inicialmente determinado por avaliação com o profissional que prescreve a terapia, o qual tem por base a Saturação Periférica de Oxigênio (SpO_2) medida com oxímetro de pulso (Camargo *et al.*, 2008), com indicação para correção da hipoxemia, que é quando a PaO_2 está abaixo de 60mmHg ou SpO_2 menor que 88% (Assobrafir Ciência, 2020).

Pacientes internados em Unidades de Terapia Intensiva (UTI) são comumente os maiores usuários dessa terapia. No entanto, também há indicação de uso domiciliar para pacientes com doenças pulmonares crônicas, o que demonstra o impacto na saúde pública pela melhor assistência e acompanhamento dos pacientes que utilizam a oxigenoterapia (Camargo *et al.*, 2008; Silva; Foronda; Troster, 2003).

A Organização Mundial da Saúde (OMS) (WHO, 2020) revelou que, entre 2000-2019, as doenças respiratórias figuraram no rol das principais 10 causas de óbito global. Isso engloba a doença pulmonar obstrutiva crônica (DPOC), infecções respiratórias, condições neonatais, além de cânceres nos órgãos respiratórios, como traqueia, brônquios e pulmões. Essas enfermidades também se destacaram entre as 10 principais causas de morte prematura e incapacidade, conforme medido pelos Anos de Vida Ajustados por Incapacidade (*Disability-Adjusted Life Years – DALY*), a nível mundial, exceto no caso do câncer de traqueia, brônquios e pulmão. No contexto brasileiro, as condições neonatais (1090.09 DALYs por cada 100.000 habitantes) e as infecções respiratórias (898.12 DALYs por cada 100.000 habitantes) destacaram-se como significativas causadoras de morte prematura ou incapacidade, conforme relatado pela OMS (WHO, 2020).

A adequação do fluxo de oxigênio durante a administração da suplementação é de vital importância para o progresso terapêutico. Embora o valor de referência seja de 92% de SpO_2 , é crucial reconhecer que os pacientes podem experimentar flutuações na saturação ao longo do tratamento. Se houver uma diminuição na saturação, é imperativo aumentar o fluxo de oxigênio para evitar uma deterioração do estado clínico ou outros fatores interferentes. O cenário oposto é esperado para uma evolução positiva do quadro de saúde. Em situações de oxigenoterapia prolongada ou em ambientes hospitalares, essas variações podem ocorrer com maior frequência. Embora os pacientes hospitalizados recebam suporte de vários profissionais para o controle da oxigenoterapia, é importante notar que esses profissionais geralmente lidam com múltiplos pacientes em ambientes diversos, o que pode comprometer a precisão do monitoramento. De maneira ainda mais crítica, alguns pacientes necessitam de Oxigenoterapia Domiciliar Prolongada (ODP), a qual, na maioria das vezes, é conduzida por indivíduos não qualificados (Brasil, 2013).

Atualmente, os dispositivos utilizados para controle do fluxo de oxigênio são analógicos e seu controle é feito de forma manual, conforme mostra a abertura de uma válvula e de acordo com a avaliação de um profissional de saúde. O desenvolvimento de novas tecnologias para o controle em tempo real, a automação dos parâmetros da oxigenoterapia, ajustados de forma a individualizar, com a devida precisão, a administração de O_2 e o monitoramento de dados devem proporcionar maior eficiência a técnica (Poets; Franz, 2017).

As tecnologias existentes hoje são apenas para controle de O₂ administrado, também utilizando o oxímetro de pulso como forma de controle não invasivo da SpO₂, como visto apenas em respiradores mecânicos. Há algumas invenções para controlar e monitorar os dados, quando realizado o controle automatizado e digital do fluxo de O₂ administrado em oxigenoterapia (Raemer; Ji; Topulos, 1997; Simas *et al.*, 2015).

Enquanto isso, estudos como os conduzidos por Salverda *et al.* (2021) e L'her *et al.* (2017) indicam que a automação do fluxo de O₂ resulta em um controle mais eficaz da SpO₂ em comparação com o controle manual, destacam-se benefícios como um aprimorado gerenciamento da oxigenação, uma monitorização mais eficiente, a diminuição do período de internação e uma maior conformidade ao tratamento preconizado. Isso se traduz em uma redução significativa dos ajustes manuais, resultando em um menor consumo de oxigênio hospitalar.

A operação manual dos fluxômetros é frequentemente feita de forma inadequada, podendo fornecer doses de oxigênio em quantidades muito superiores às prescritas por seus terapeutas, mesmo em ambientes controlados como hospitais (Claure; Bancalari, 2013; Van Zanten *et al.*, 2017). Por outro lado, também existem relatos de grandes dificuldades em se precisar a quantidade de oxigênio consumida por indivíduos em terapias respiratórias, tornando difícil o repasse dos custos a operadoras de seguro médico (Morillo *et al.*, 2017). Com maior precisão de consumo de oxigênio, as terapias de oxigenação poderão evoluir muito, recuperando mais rapidamente pacientes e diminuindo custos com internações clínicas/hospitalares. O desenvolvimento de novas tecnologias para o controle em tempo real, a automação dos parâmetros da oxigenoterapia, ajustados de forma a individualizar com a devida precisão a administração de O₂ e o monitoramento de dados devem proporcionar maior eficiência à técnica e melhoria dos processos de saúde por meio da análise de dados relacionados à terapia.

Nesse contexto, apresenta-se um estudo prospectivo baseado em dados de patentes e literatura científica. As patentes podem ser consideradas indicadores importantes de Ciência, Tecnologia e Inovação (CT&I), refletindo o investimento em pesquisa tecnológica e em inovações por parte das empresas. São elementos essenciais para atividades científicas e tecnológicas, permitindo a identificação do uso e/ou desenvolvimento de tecnologias inovadoras para a terapia com oxigênio (OCDE, 2005; Mendonça *et al.*, 2018). O objetivo do estudo é realizar um mapeamento da evolução dessas tecnologias ao longo do tempo e em diferentes regiões do mundo.

2 Metodologia

A pesquisa patentária foi realizada no mês de agosto de 2023, por meio da base de dados Questel Orbit® e Pubmed. Pires, Ribeiro e Quintella (2020) apontam que o Orbit® se destaca pelo desempenho, diversidade de classificações e pelo processamento rápido dos dados, com criação de gráficos e imagens. Primeiramente foram estabelecidos os termos, os critérios e as estratégias de busca para ambas as buscas nas plataformas PubMed e Questel Orbit®.

As buscas foram realizadas nos campos “título”, “resumo” e “reinvindicações” no Orbit®, e partir da definição inicial do termo de busca em inglês “Automation oxygen therapy” ou “Oxygen Flow automatic control”, utilizou-se operadores booleanos da base de dados que consiste no uso de ‘AND’ e ‘OR’ como conectores de palavras ou grupos de palavras e ‘*’ como um caractere

de truncamento, inicialmente com base nas palavras-chave. Foram encontradas 6.364 patentes e 5.304 artigos. Os dados foram analisados em planilha eletrônica e tratados de acordo com as análises das patentes por ano de proteção, *status* legal, país de depósito, depositantes e Classificação Internacional de Patentes (CIP).

O investimento em desenvolvimento de novas tecnologias e o potencial para a tecnologia foram analisados, além de compreender o grau de interesse do setor tecnológico para o controle e automação dos parâmetros da oxigenoterapia, atuando na individualização e na precisão na administração de O₂, que deve proporcionar maior eficiência à técnica.

3 Resultados e Discussão

Com a informação do total de artigos e de patentes que foram publicados nas bases de dados, chegou-se à seguinte estratégia de busca na base Questel Orbit® e replicou-se o mesmo conjunto de termos de busca na plataforma Pubmed, conforme descrito na Tabela 1.

Tabela 1 – Pesquisa bibliográfica e patentária (agosto/2023)

ESTRATÉGIA DE BUSCA	PUBMED	ORBIT
Campos	Título e Resumo	Título, Resumo e Reivindicações
Código de Busca	(AUTOMAT*[Title/Abstract] OR INTELLIGEN*[Title/Abstract] OR CONTROL*[Title/Abstract]) AND (OXYMETRY[Title/Abstract] OR OXiMETER[Title/Abstract] OR OXYGEN THERAPY[Title/Abstract] OR OXYGEN ADMINISTRATION[Title/Abstract] OR SUPPLEMENTAL OXYGEN[Title/Abstract])	((automat+or intelligen+ or control+)/TI/AB/CLMS AND (oximetry or oximeter or oxygen therapy OR oxygen administration OR supplemental oxygen)/TI/AB/CLMS)
Documentos Recuperados	5.304	6.823

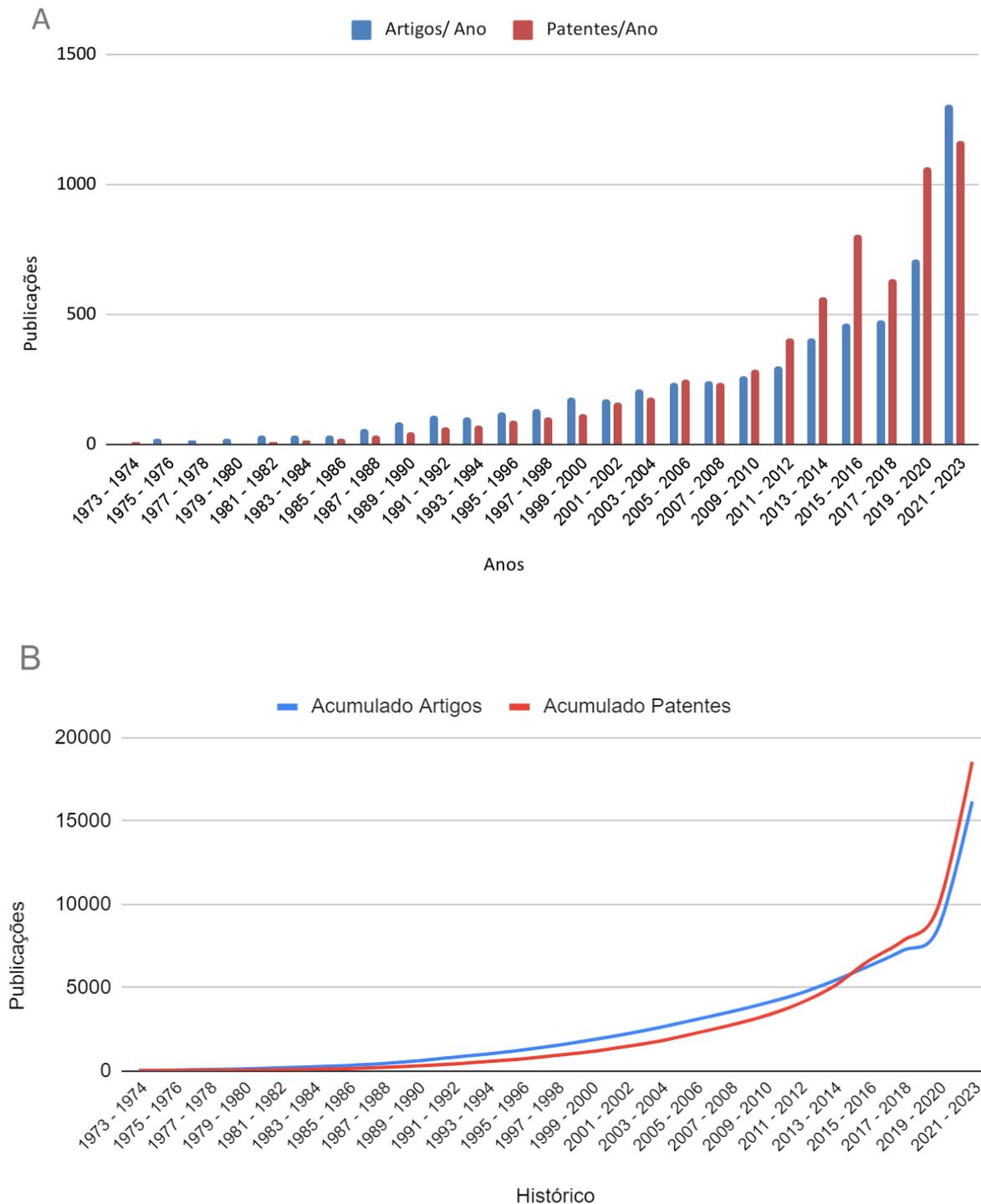
Fonte: Elaborada pelos autores deste artigo com dados do Questel Orbit® e Pubmed® (2023)

Foram encontradas 6.364 patentes publicadas nos últimos 50 anos (desde o ano de 1973), conforme demonstrado na Figura 1. Tendo tendência ascendente até o ano de 2016, com leve queda no número de registros em 2017 e com retorno expressivo no registro de novas invenções nos anos da pandemia da COVID-19, a partir de 2020, chegando ao maior número histórico de publicações em 2021, com 716 registros, até nova queda de produção em 2022, visualizado na Figura 1A e 1B. Em destaque a produção de literatura e patentes no ano de 2021, ainda durante o período final da pandemia da COVID-19, confirmando o impacto que o setor de atendimento à saúde sofreu nesse período, principalmente no que tange ao desenvolvimento de novas tecnologias de suporte ventilatório, incluindo questões como automação de procedimentos e monitoramento do paciente.

O cenário desafiador gerado pela pandemia exigiu respostas inovadoras e rápidas por parte da comunidade científica e tecnológica. Nesse sentido, o setor de saúde se destacou, concentrando esforços para enfrentar as demandas crescentes por soluções eficazes. O desenvolvimento de tecnologias voltadas para o suporte ventilatório emergiu como uma prioridade, abrangendo desde a automação de procedimentos até o aprimoramento do monitoramento do paciente. No

âmbito das patentes, observou-se um aumento significativo no registro de inovações relacionadas à automação de procedimentos médicos e dispositivos de monitoramento. Empresas e instituições de pesquisa responderam de forma proativa à necessidade de otimizar os processos de atendimento, impulsionando avanços que prometem não apenas enfrentar crises semelhantes no futuro, mas também aprimorar continuamente a qualidade dos cuidados de saúde.

Figura 1 – Evolução temporal das publicações científicas e depósitos de patente: A – Publicação por ano; B – Acumulado de Publicações

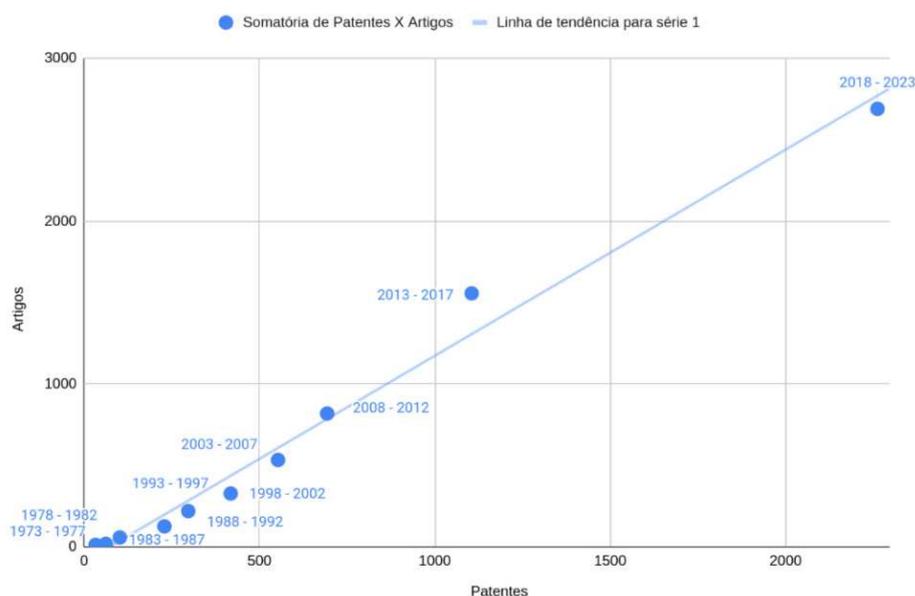


Fonte: Elaborada pelos autores deste artigo com dados do Questel Orbit® e Pubmed® (2023)

Durante a pandemia em 2020/2021, aproximadamente 70% dos indivíduos que manifestaram sintomas moderados a graves de COVID-19 e foram submetidos à oxigenoterapia durante a hospitalização apresentaram sequelas prolongadas. Parte dos pacientes recuperados experimentou efeitos tardios, incluindo a redução da capacidade pulmonar devido à presença de fibrose pulmonar, o que pode exigir a utilização contínua da oxigenoterapia por meses. (Molero-García *et al.*, 2021). Assim nota-se também um crescimento importante no número de publicações científicas no período pandêmico, atingindo o pico de 513 artigos em 2021. Portanto, percebeu-se que nos últimos 10 anos houve um aumento significativo no número crescente de atividades com relação à propriedade intelectual nessa área. Esse cenário foi descrito por Silva *et al.* (2020) e Pires, Andrade e Lora (2021), que encontraram em seu estudo um resultado de 500 depósitos de pedidos de patentes em 2019 e 22 patentes concedidas em 2020, respectivamente, sobre publicações de patentes de Ventiladores Mecânicos, ainda durante o período pandêmico, quando encontraram em suas análises os maiores números de publicação de patentes até aquele ano.

No que diz respeito ao estágio de maturidade, observa-se uma redução na quantidade de artigos científicos à medida que o foco se desloca para a implementação da tecnologia. Isso é evidenciado pela tendência de aumento no número de patentes, como mostrado na Figura 2, que representa a relação entre patentes e artigos científicos. É possível discernir um nível de maturidade da tecnologia (conhecido como TRL – *Technology Readness Level*), que pode ser categorizado como TRL9. O TRL é uma das várias métricas indiretas discutidas por Quintella *et al.* (2019), e uma delas é a “Razão entre patentes e artigos” ou “Coeficiente angular dos eixos cartesianos bidimensionais de artigos *versus* patentes”, conforme descrito no gráfico da Figura 2. Isso ocorre devido à maior produção de registros de tecnologia em comparação com a produção de literatura científica, como evidenciado pela linha ascendente deslocada para o eixo das patentes, que supera a produção de artigos a partir de 2013. Isso sugere que as inovações estão se aproximando mais da fase de comercialização.

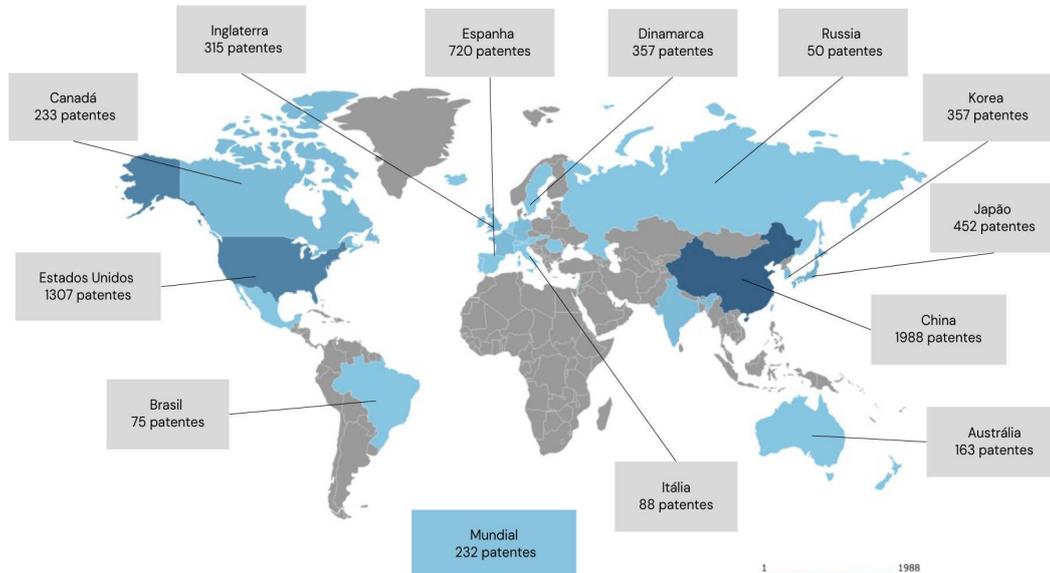
Figura 2 – Relação publicação de patentes/artigos científicos



Fonte: Elaborada pelos autores deste artigo com dados do Questel Orbit® e Pubmed® (2023)

No mundo, a produção de tecnologia voltada para o atendimento de situações que demandam suporte ventilatório é encabeçada pela China com 1.988 publicações, seguida dos Estados Unidos com 1.307 publicações, como pode-se ver na Figura 3.

Figura 3 – Principais países inventores



Fonte: Extraída de Questel Orbit® (2023)

Quanto às invenções que fazem o controle da entrega do gás oxigênio, a invenção US536592245 faz o controle de O_2 a partir da SpO_2 , utilizando do oxímetro de pulso como forma de controle não invasivo da SpO_2 . Entretanto, essas tecnologias utilizam apenas o ajuste manual da Fração inspirada de Oxigênio na ventilação mecânica, seja de forma invasiva ou não invasiva. Outras invenções buscaram favorecer o ajuste automatizado do fluxo de oxigênio, assim como BR1020160298970A2, que realiza esse ajuste de forma automatizada. No entanto, nesse dispositivo, o critério utilizado é baseado em aprendizado de máquina para modular níveis de concentração de O_2 por meio de ajustes no volume e na concentração do fluxo de gases respiratórios de entrada

Outro invento, US10201674, realiza somente o controle e monitoramento dos dados coletados da oxigenoterapia. Apesar de dispor de uma interface digital para controle e visualização dos dados da oxigenoterapia, o controle ainda é inteiramente manual. A invenção US6371114B1 controla a liberação do fluxo de O_2 na oxigenoterapia liga/desliga por sensor de proximidade da máscara de respiração na boca do paciente. Esse dispositivo tem por objetivo economizar O_2 e somente liberar o fluxo quando o indivíduo estiver fazendo uso.

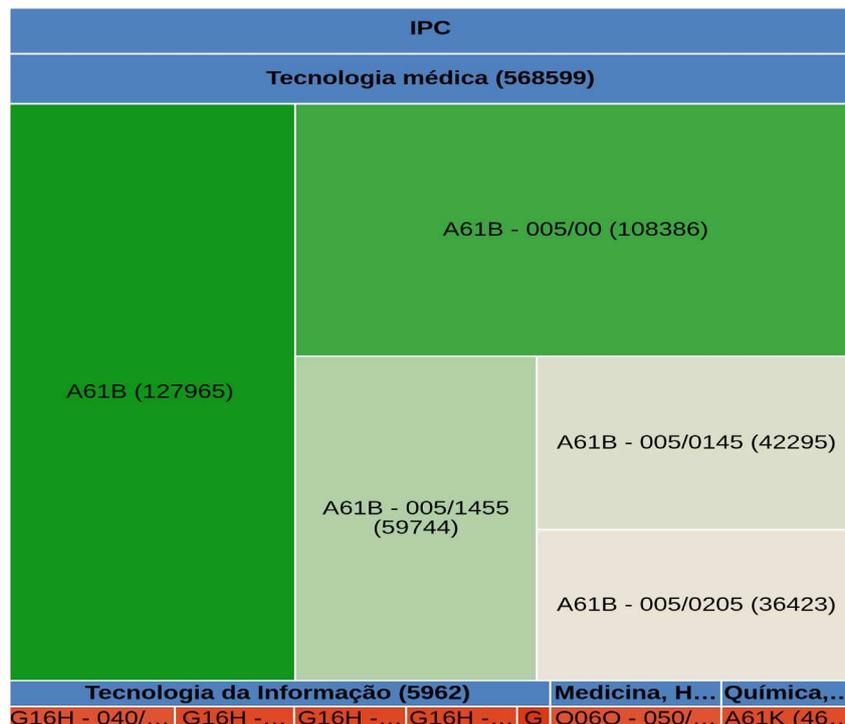
Também para evitar o desperdício de O_2 liberado do cilindro e não inalado, a invenção UR2016P00348OP tem a função de controlar (abrindo e fechando) o fluxo máximo consumido pelo paciente monitorado por sensores de fluxo e atuando com algum tipo de válvula elétrica. Uma outra invenção, BR2020180064407U2, tem por finalidade monitorar o consumo de O_2 e assessorar os gestores no controle de gastos com a oxigenoterapia. Finalmente, a invenção US10136859B2 é uma complexa central de controle autônoma para doenças pulmonares crô-

nicas as quais necessitam de terapias pulmonares de longa duração. Esse dispositivo monitora e controla uma rede complexa de sensores (movimentos, oxigenação, fluxo de oxigênio, etc.) para complexos tratamentos realizados por uma central na qual todos os dispositivos incluindo a válvula de oxigenação são acoplados em um único instrumento.

Não foram encontrados registros de invenções e de artigos de controle automatizado do fluxo de oxigênio entregue durante a oxigenoterapia, de acordo com o valor de saturação de O₂ obtido pelo sensor de oximetria, com registro e análise dos dados obtidos durante o período de terapia, somente invenções com algumas finalidades semelhantes. Destaca-se, ainda, a lacuna existente no campo tecnológico, pois até o momento, entre as principais patentes analisadas, não foram identificados dispositivos que ofereçam a abordagem integrada e automatizada na administração de oxigênio, de forma não invasiva, que faça o registro e a análise dos dados durante todo o curso da terapia.

Em sua maioria, as tecnologias foram desenvolvidas para fins médicos e quanto à classificação mais encontrada, visualizada na Figura 4, esta é relacionada à classificação A61B que se refere à ciência médica ou veterinária; higiene, a61b – 5 com finalidade de diagnóstico, A61B5/1455, usando sensores ópticos, por exemplo, oxímetros de espectrofotométrico espectrais.

Figura 4 – Quantidade de patentes por identificação CIP e nicho tecnológico



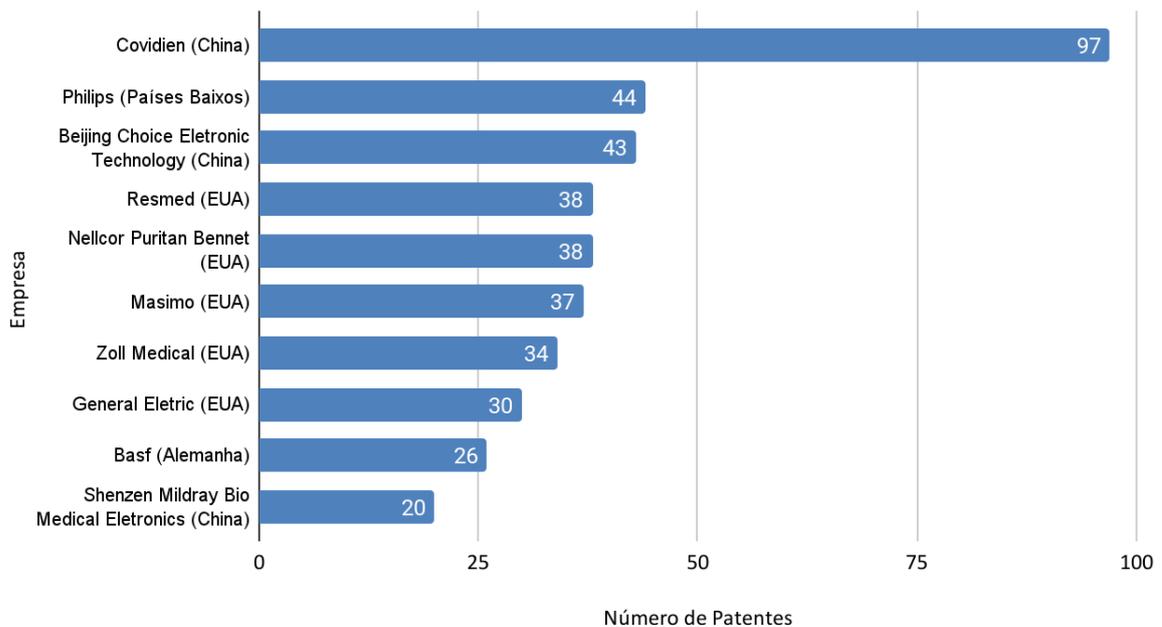
Fonte: Elaborada pelos autores deste artigo com dados do Questel Orbit® (2023)

Os primeiros registros na história eram aparelhos rudimentares para controle da liberação do gás, para trabalhadores de 1915 (GB191419080) e para suporte ventilatório de 1933 (US1932757). Uma das publicações mais relevantes entre as patentes brasileiras tem como titular a Sociedade Beneficente Israelita Brasileira Hospital Albert Einstein (BR112019012673A2) de 2019, com proteção mundial desde 2018 – WO2018112588A1, que descreve um equipamento para controle do fluxo dos gases respiratórios, porém realiza a mistura de gases, não sendo, portanto, o controle apenas do fluxo do gás oxigênio medicinal e utiliza *Machine Learning* para

esse controle. Empresas já consolidadas no mercado, como a Covidien e a Philips, são as que mais apresentam registro de patentes, como disposto na Figura 5, sendo que já desenvolvem e trabalham com tecnologias voltadas para a Saúde, assim também é possível visualizar que 6% de todo o volume de registro dos últimos 50 anos é gerido por apenas 10 empresas.

Entre as tecnologias mais recentes das empresas Covidien (US20230240602) e Philips (WO2022/184735), são descritos dispositivos relacionados ao monitoramento dos pacientes não realizando a administração de oxigênio de forma automatizada. E a tecnologia mais recente encontrada nessa busca é de 2023, não levando em consideração pedidos ainda não publicados devido ao período de graça (sigilo de 12 a 18 meses). Essa patente é da empresa Noida (IN202311044667) e faz o monitoramento de sinais vitais e análise da presença de álcool no indivíduo. Entre as mil publicações de patentes mais recentes, somente seis têm registro no Brasil (BR202021013498), sendo apenas uma, de uma universidade brasileira, a Universidade Federal de Lavras (UFLA), Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais (Fape-mig), sendo uma tecnologia de melhoramento da vedação da máscara para uso de suporte ventilatório com pressão positiva, sem nenhuma automação ou monitoramento.

Figura 5 – Patentes por Empresas (10 primeiras em números de patentes)

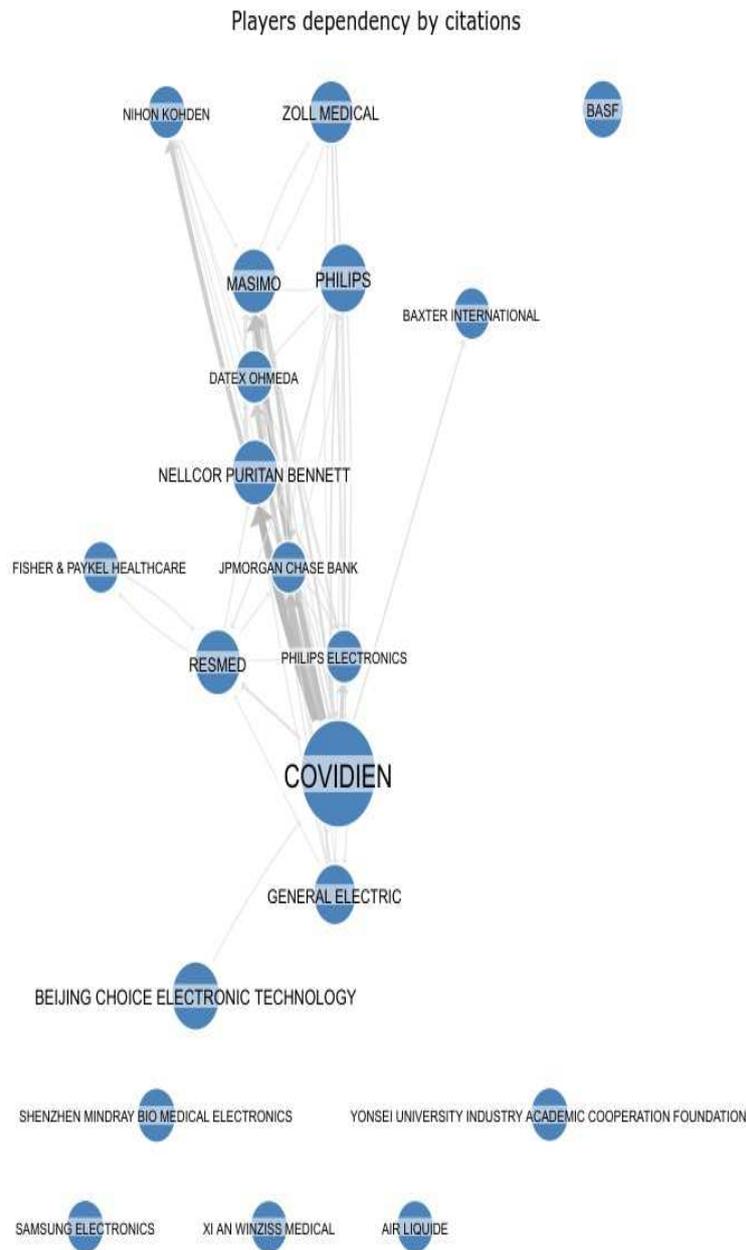


Fonte: Elaborada pelos autores deste artigo com dados do Questel Orbit® (2023)

Quanto ao *status* legal, cerca de 44% são consideradas arquivadas, ou por falta de atendimento às regras legais ou expiradas e revogadas. Sendo que, das patentes ativas, apenas 15% estão aguardando avaliação do órgão regulador, as 40% restantes estão concedidas.

Percebe-se que os principais países de prioridade de depósito das patentes China, Estados Unidos, Europa e Japão coincidem com a nacionalidade das principais empresas requerentes de patentes e a relação de interação entre elas é vista na Figura 6.

Figura 6 – Dependência entre as empresas detentoras de patentes



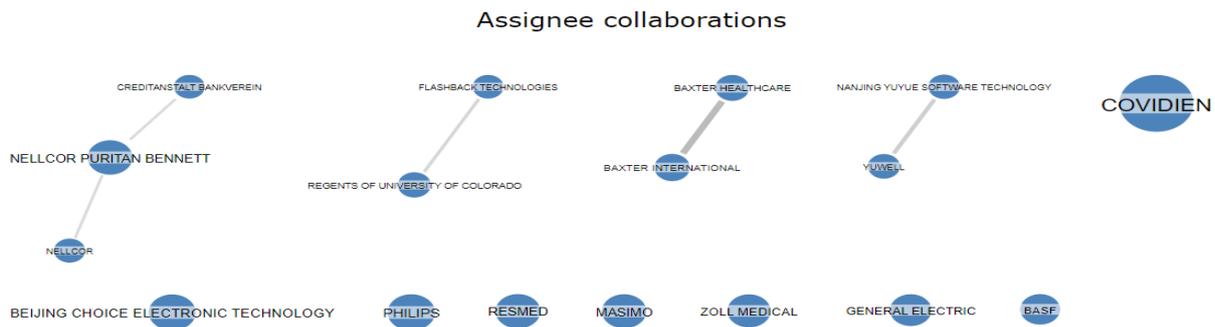
Fonte: Extraída de Questel Orbit® (2023)

Existem poucas redes de colaboração entre as empresas, sendo que a Covidien, que possui mais empresas com dependências de sua tecnologia, não mostra nenhuma colaboração com outras tecnologias. Entre as cinco maiores empresas, nenhuma delas está entre as empresas que apresentam alguma colaboração entre si, como demonstrado na Figura 7.

Essa tecnologia pode ser empregada para usos clínicos, hospitalares e domésticos. Em clínicas e hospitais, o dispositivo atuará no auxílio da terapia e na administração de tais recintos. Assim, os profissionais de saúde poderão controlar, acompanhar e planejar melhor a terapia mediante relatórios e gráficos precisos de evolução da oxigenação sanguínea dos pacientes em tempo real. Por outro lado, a utilidade estende-se além do âmbito clínico, alcançando o gerenciamento estratégico do consumo de oxigênio, pois os administradores hospitalares podem, de

maneira mais informada, negociar o consumo planejado de oxigênio com operadoras de seguro médico, considerando a precisão proporcionada pelo controle individualizado. Isso não apenas otimiza os recursos, mas também contribui para uma abordagem mais eficiente na prestação de serviços de saúde. Além disso, no contexto domiciliar, o dispositivo de automação se torna uma ferramenta valiosa para pacientes que necessitam de oxigenoterapia em diversas condições clínicas. A capacidade de monitorar e de controlar o fornecimento de oxigênio em casa oferece uma solução conveniente e eficaz para o gerenciamento de longo prazo.

Figura 7 – Colaboração entre os players



Fonte: Extraída de Questel Orbit® (2023)

As principais vantagens derivadas do uso desse dispositivo de automação são múltiplas. Primeiramente, a capacidade de controlar com precisão a quantidade de oxigênio administrada durante a oxigenoterapia é crucial para garantir uma terapia eficaz. Além disso, a geração de relatórios precisos beneficia os profissionais de saúde, fornecendo *insights* valiosos sobre o processo de desmame do oxigênio. Esses relatórios também são fundamentais para os gestores hospitalares, permitindo uma previsão mais precisa e uma gestão eficiente do consumo de oxigênio dentro de suas instalações.

Desse modo, a introdução de uma tecnologia que automatiza o controle do fluxo de oxigênio durante a oxigenoterapia representa um avanço significativo, promovendo benefícios tanto para os pacientes quanto para os profissionais de saúde e administradores hospitalares. A precisão na administração e o monitoramento contínuo oferecem uma abordagem mais sofisticada e personalizada para a gestão dessa terapia vital.

4 Considerações Finais

Neste estudo de investigação da progressão da oxigenoterapia e das tecnologias associadas ao controle e administração de oxigênio, foi possível registrar um aumento notável na produção de patentes e de pesquisas científicas nesse domínio, especialmente durante a pandemia de COVID-19, ressaltando a importância dos avanços tecnológicos na esfera da saúde.

A inclusão de automação simultânea e/ou término da terapia apresentam benefícios significativos, permitindo uma maior eficácia na oxigenoterapia. Adicionalmente, dispositivos automáticos para o controle da oxigenoterapia podem otimizar a utilização do oxigênio como terapia, evitando o desperdício do gás terapêutico. Isso não apenas promove uma maior se-

gurança na indicação e no uso domiciliar, mas também oferece suporte aos profissionais que lidam com pacientes dependentes de suporte ventilatório. Com a visualização de dados durante a terapia, alinhando-se à Medicina de Precisão, a administração de oxigênio pode ser ajustada com precisão às necessidades individuais, proporcionando uma técnica mais eficiente.

Os resultados indicam que a automação e o controle em tempo real do fluxo de oxigênio com base na saturação de oxigênio (SpO_2) constituem áreas de pesquisa em expansão. A personalização da administração de oxigênio, aliada ao monitoramento contínuo, oferece vantagens substanciais na otimização da terapia e na redução dos custos hospitalares. Destaca-se a necessidade de colaboração entre empresas e profissionais de saúde para impulsionar soluções inovadoras. Embora existam tecnologias promissoras, ainda há espaço para o desenvolvimento de dispositivos mais avançados que automatizem integralmente o processo de oxigenoterapia, tornando-o mais eficiente e preciso.

Este estudo sublinha a importância da inovação tecnológica na área da saúde e seu impacto positivo na qualidade de vida dos pacientes, na eficiência dos serviços de saúde e na gestão de recursos. Espera-se que o cenário apresentado aqui estimule o desenvolvimento e a implementação de soluções mais avançadas no campo da oxigenoterapia, contribuindo para um atendimento aprimorado aos pacientes e para uma gestão mais eficiente dos recursos de saúde.

5 Perspectivas Futuras

O campo da oxigenoterapia está em constante evolução e, entre as tendências atuais, destaca-se o progresso na automatização do controle de oxigênio, buscando torná-lo ainda mais preciso e adaptável às necessidades individuais dos pacientes. Esse avanço é possível por meio do desenvolvimento de algoritmos de aprendizado de máquina que ajustam de forma contínua o fornecimento de oxigênio com base em dados em tempo real.

A implementação de sensores mais avançados e precisos na monitorização dos pacientes desempenhará um papel crucial na melhoria da eficácia da oxigenoterapia. Esses sensores não se restringirão apenas à medição da saturação de oxigênio, abrangendo, também, outros parâmetros fisiológicos relevantes. A busca por terapias personalizadas continuará a crescer, levando em consideração não apenas a saturação de oxigênio, mas também as características individuais do paciente, histórico médico e condições de saúde específicas. Isso possibilitará uma abordagem mais precisa e eficaz no tratamento.

A telemedicina e o monitoramento remoto desempenharão um papel cada vez mais significativo na oxigenoterapia domiciliar. Dispositivos conectados à internet permitirão que os pacientes sejam monitorados a distância, simplificando o acompanhamento contínuo por parte dos profissionais de saúde. A gestão de dados e a aplicação de inteligência artificial serão cruciais para aproveitar os dados coletados durante a oxigenoterapia. A análise avançada desses dados proporcionará *insights* valiosos sobre o progresso do tratamento, auxiliando na identificação de tendências clínicas importantes. Além disso, a sustentabilidade e a eficiência energética serão considerações cada vez mais relevantes. O desenvolvimento de dispositivos mais eficientes em termos energéticos e sustentáveis será crucial para reduzir custos e minimizar o impacto ambiental da oxigenoterapia.

Em suma, a evolução tecnológica da oxigenoterapia busca aprimorar a automação, a personalização e o monitoramento, utilizando tecnologias avançadas para elevar a qualidade do tratamento e diminuir os custos relacionados. A colaboração entre profissionais de saúde, engenheiros e empresas será fundamental para concretizar esses objetivos, oferecendo benefícios aos pacientes globalmente.

Referências

ASSOBRAFIR CIÊNCIA. Recomendações para a utilização de oxigênio suplementar (oxigenoterapia) em pacientes com COVID-19. **Assobrafir Ciência**, São Paulo, v. 11, n. Supl 1, p. 1-276, ago. 2020. Disponível em: <https://www.assobrafir.com.br/revista>. Acesso em: 29 set. 2023.

BRASIL. Ministério da Saúde. Secretaria de Atenção à Saúde. Departamento de Atenção Básica. **Caderno de Atenção Domiciliar**, Brasília, DF, Ministério da Saúde, 2013.

CAMARGO, P. A. B. *et al.* Oxigenoterapia inalatória em pacientes pediátricos internados em hospital universitário. **Revista Paulista de Pediatria**, São Paulo, v. 26, n. 1, p. 43-47, 2008.

CLAURE, N.; BANCALARI, E. Automated Closed Loop Control Of Inspired Oxygen Concentration. **Respiratory Care**, [s.l.], v. 58, n. 1, January, 2013.

L'HER, E. *et al.* Automatic versus manual oxygen administration in the emergency department. **European Respiratory Journal**, [s.l.], v. 50, p. 1602552, 2017. DOI: 10.1183/13993003.02552-2016.

MENDONÇA, V. M. *et al.* Indicadores Nacionais e Internacionais de Ciência, Tecnologia & Inovação. **Cadernos de Prospecção**, Salvador, v. 11, n. 5, p. 1.293, 2018. DOI: 10.9771/cp.v11i5.27178.

MOLERO-GARCÍA, J. M. *et al.* Aspectos básicos de la COVID-19 para el manejo desde atención primaria. **Atención Primaria**, [s.l.], v. 53, n. 6, art. 101966, 2021. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.aprim.2020.12.007>.

MORILLO, D. A. *et al.* **Physiological Closed-Loop Control in Intelligent Oxygen Therapy: A Review**. Computer Methods and Programs in Biomedicine, Elsevier, 2017.

OCDE – ORGANIZAÇÃO PARA COOPERAÇÃO E DESENVOLVIMENTO ECONÔMICO. **Manual de Oslo**: diretrizes para coleta e interpretação de dados sobre inovação. 3. ed. Traduzido por Finep. Rio de Janeiro: OECD; Eurostat; Finep, 2005. Disponível em: <http://www.finep.gov.br/images/apoio-e-financiamento/manualoslo.pdf>. Acesso em: 25 fev. 2024.

PIRES, E. A.; RIBEIRO, N. M.; QUINTELLA, C. M. Sistema de busca de patentes: análise comparativa entre Espacenet, Patentscope, Google Patents, Lens, Derwent Innovation Index e Orbit Intelligence. **Cadernos de Prospecção**, Salvador, v. 13, n. 1, p. 13-29, mar. 2020. DOI: <https://doi.org/10.9771/cp.v13i1.35147>.

PIRES, E. A.; ANDRADE, J. de J. S.; LORA, F. A. Mapeamento de Patentes de Respiradores Artificiais ou Ventiladores Mecânicos. **Cadernos de Prospecção**, Salvador, v. 14, n. 3, p. 678-696, set. 2021. DOI: 10.9771/cp.v14i3.43865.z

POETS, C. F.; FRANZ, A. R. Automated FiO2 control: nice to have, or an essential addition to neonatal intensive care? **Archives of Disease in Childhood – Fetal and Neonatal Edition**, [s.l.], v. 102, January 2017.

QUINTELLA, C. M. *et al.* Maturidade Tecnológica: Níveis de Prontidão TRL. *In: RIBEIRO, Núbia Moura. (org.). PROFNIT, Prospecção Tecnológica*. 1. ed. Salvador, BA: Editora do IFBA, 2019. v. 2, p. 18-59.

RAEMER, D. B.; JI, X. B.; TOPULOS, G. P. Fi controller: An instrument to automatically adjust inspired oxygen fraction using feedback control from a pulse oximeter. **Journal of Clinical Monitoring**, [s.l.], 1997.

RIBEIRO, Núbia Moura (org.). **Prospecção tecnológica**. Salvador (BA): IFBA, 2019. 130 p., ilustrações, tabelas (PROFNIT, Prospecção tecnológica; v. 2).

SALVERDA, H. H. *et al.* The effect of automated oxygen control on clinical outcomes in preterm infants: a pre- and post-implementation cohort study. **European Journal of Pediatrics**, [s.l.], v. 180, p. 2.107-2.113, 2021. DOI: 10.1007/s00431-021-03982-8.

SILVA, D. C. B.; FORONDA, F. A. K.; TROSTER, E. J. Ventilação não invasiva em pediatria. **Jornal de Pediatria**, Rio de Janeiro, v. 79, n. Supl. 2, p. S161-S168, 2003.

SILVA, M. B. da *et al.* Enfrentamento à Covid-19: um mapeamento das patentes de ventiladores mecânicos. **Cadernos de Prospecção**, Salvador, v. 13, n. 2, p. 526-542, abr. 2020. DOI: <https://doi.org/10.9771/cp.v13i2.36186>.

SIMAS, A. G. *et al.* **Desenvolvimento de um sistema para aquisição e armazenamento do nível de saturação de oxigênio sanguíneo durante procedimento de oxigenoterapia**. 2015. 4p. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Elétrica e Informática Industrial, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Curitiba, PR, 2015. Disponível em: <http://repositorio.utfpr.edu.br/jspui/handle/1/667>. Acesso em: 3 ago. 2015.

VAN ZANTEN, H. A. *et al.* The Effect Of Implementing An Automated Oxygen Control on Oxygen Saturation in Preterm Infants. **Archives of Disease in Childhood – Fetal and Neonatal Edition**, [s.l.], v. 102, p. F395-F399, 2017. DOI: 10.1136/archdischild-2016-312172.

WHO – WORLD HEALTH ORGANIZATION. **Methods and data sources for country-level causes of death 2000-2019**: Department of Data and Analytics (DNA), Division of Data, Analytics and Delivery for Impact (DDI). Geneva: WHO, 2020.

Sobre os Autores

Camila Rickli

E-mail: lilarickli@yahoo.com.br

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2690-7992>

Mestre em Biociências e Nanociências pela Universidade Estadual do Centro-Oeste em 2021.

Endereço profissional: Universidade Estadual do Centro-Oeste, Departamento de Farmácia (DEFAR/G), Setor de Ciências da Saúde, Alameda Élio Antonio Dalla Vecchia, n. 838, Bairro, Vila Carli, Guarapuava, PR. CEP: 85040-167.

Daniel de Paula

E-mail: ddepaula@unicentro.br

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6464-4524>

Doutor em Ciências Farmacêuticas pela Faculdade de Ciências Farmacêuticas de Ribeirão Preto, Universidade de São Paulo em 2007.

Endereço profissional: Universidade Estadual do Centro-Oeste, Departamento de Farmácia (DEFAR/G), Setor de Ciências da Saúde, Alameda Élio Antonio Dalla Vecchia, n. 838, Bairro, Vila Carli, Guarapuava, PR. CEP: 85040-167.

Fábio Rocha

E-mail: fabiorocha_15@hotmail.com

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1232-8324>

Mestre em Odontologia pelo Centro Universitário Ingá em 2021.

Endereço profissional: Universidade Estadual do Centro-Oeste, Departamento de Farmácia (DEFAR/G), Setor de Ciências da Saúde, Alameda Élio Antonio Dalla Vecchia, n. 838, Bairro, Vila Carli, Guarapuava, PR. CEP:85040-167.

Valdirlei Fernandes Freitas

E-mail: vfreitas@unicentro.br

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2304-5351>

Doutor em Física pela Universidade Estadual de Maringá em 2011.

Endereço profissional: Universidade Estadual do Centro-Oeste, Departamento de Física (DEFIS/G), Setor de Exatas e Tecnologia, Alameda Élio Antonio Dalla Vecchia, n. 838, Bairro, Vila Carli, Guarapuava, PR. CEP: 85040-167.