



Gerenciamento de fontes CC e CA de um ventilador mecânico

DC and AC sources management from a mechanical ventilator

Luan Silvério Parro

luanparro@alunos.utfpr.edu.br

Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Apucarana, Paraná, Brasil

Vinícius Dário Bacon

viniciusbacoon@utfpr.edu.br

Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Apucarana, Paraná, Brasil

Willian Ricardo Bispo Murbak Nunes

willianr@utfpr.edu.br

Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Apucarana, Paraná, Brasil

Carlos Matheus Rodrigues de Oliveira

carlosoliveira@utfpr.edu.br

Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Apucarana, Paraná, Brasil

RESUMO

Neste artigo, serão apresentadas as propostas de projeto de um circuito capaz de chavear fontes de alimentação para um ventilador mecânico de baixo custo. Havendo falta de energia elétrica provida da rede concessionária, o dispositivo aciona uma bateria para funcionar como alimentação do ventilador. Caso operando em condições normais, ou seja, com a presença da rede concessionária, a bateria estará em processo de carregamento, operando como uma carga, e uma segunda fonte suprirá o sistema elétrico do ventilador. Além disso, será apresentado um estudo visando a melhor opção possível de bateria, objetivando o custo-benefício, e, cumprindo os requisitos previstos pelos órgãos regulamentadores. Por fim, após o desenvolvimento da Placa de Circuito Impresso (PCI) e da soldagem dos respectivos componentes, já com o dispositivo de chaveamento integrado à placa-mãe do ventilador, ensaios práticos foram realizados para validar a operação do circuito proposto, comprovando então, a eficácia do chaveamento entre as fontes sem desligar o sistema, tornando-o ininterrupto.

PALAVRAS-CHAVE: Respirador Pulmonar. Ventilador Mecânico. Fontes de alimentação.

ABSTRACT

In this paper, proposals of projecting a circuit capable of switching power sources for a low-cost mechanical ventilator, will be presented. In public electrical energy fault, the device triggers a battery to act as power source of the ventilator. In case of normal conditions, that means, with presence of public electrical energy, the battery will be charging, operating as a load, therefore, a second power source will supply the system, aiming the cost benefit, and, fulfilling the minimum requirements predicted by the regulatory agencies. Finally, after the development of the Printed Circuit Board (PCB) and the respective components soldering, with the switching device already integrated to the motherboard of the ventilator, practical trials will be done to validate the proposed circuit operations, proving then, the effectiveness of the switching between the sources without shutting off the system, making it uninterrupted.

KEYWORDS: Pulmonary respirator. Mechanical ventilator. Power sources.



INTRODUÇÃO

No primeiro semestre de 2020, um novo tipo de vírus surge, começando um contágio muito abrangente, rápido e nefasto, esse vírus foi denominado Corona Vírus (SARS-CoV-2 – *Severe Acute Respiratory Syndrome Coronavirus 2*). Sem tratamento definido e recomendado, a profilaxia do vírus não é suficiente para evitar totalmente o contágio. Para ajudar no tratamento dos sintomas causados pelo vírus, ventiladores mecânicos foram utilizados para ajudar na respiração de pacientes com quadros mais graves, auxiliando a entrada e saída de ar dos pulmões, visto que um dos sintomas do Covid-19 (referência ao SARS-CoV-2) é a dificuldade de respirar ou falta de ar.

A partir de então, a Universidade Tecnológica Federal do Paraná – Câmpus Apucarana, reuniu pesquisadores da área de Engenharia Elétrica com o propósito de desenvolver um sensor de fluxo de ar utilizado em ventiladores mecânicos, e, após resultados preliminares com o componente, a equipe se prontificou em atuar em diferentes áreas para o desenvolvimento de um ventilador pulmonar através de um projeto de extensão denominado InovAr.

Neste artigo, serão apresentadas algumas propostas de circuitos capazes de tornar o sistema ininterrupto, ou seja, fazendo a alternância entre energia elétrica provida da rede e energia elétrica provida da bateria, dependendo das condições da própria rede. A importância de um sistema ininterrupto se dá pelo uso de ventiladores em unidades móveis de transportes como ambulâncias, além da obrigatoriedade de se manter ligado durante panes elétricas em hospitais (BRANSON et al., 2008). Quem regulamenta o tempo necessário para um ventilador mecânico portátil se manter ligado na ausência de energia elétrica é a AMIB (Associação de Medicina Intensiva Brasileira), definindo o tempo mínimo de 2 horas para se sustentar apenas com a bateria (AMIB, 2020).

Por meio desta última informação, na seção de Materiais e Métodos, foi calculada a carga que a bateria precisa ter para suprir o circuito proposto na Figura 1. Também foram discutidos os pontos teste das baterias, desenvolvimento de um circuito alternador das fontes de alimentação e a PCI desenvolvida em *software*. Todos os resultados foram mostrados na penúltima seção, denominada Resultados e Discussões, mostrando todos os resultados obtidos durante os experimentos. Na última seção, foi feita uma conclusão do tema.

MATERIAIS E MÉTODOS

Para realizar o dimensionamento da bateria, o circuito completo do ventilador mecânico foi analisado e então, foi feito um cálculo de potência exigida por cada componente, com exceção de capacitores e indutores.

De acordo com o esquemático apresentado, é possível consultar o *datasheet* de cada componente que possivelmente drenará uma potência suficientemente significativa para a descarga da bateria. Com a potência total do circuito e com o tempo mínimo estabelecido pela AMIB (2 horas), é possível expressar o cálculo da capacidade de corrente da bateria por meio da fórmula:

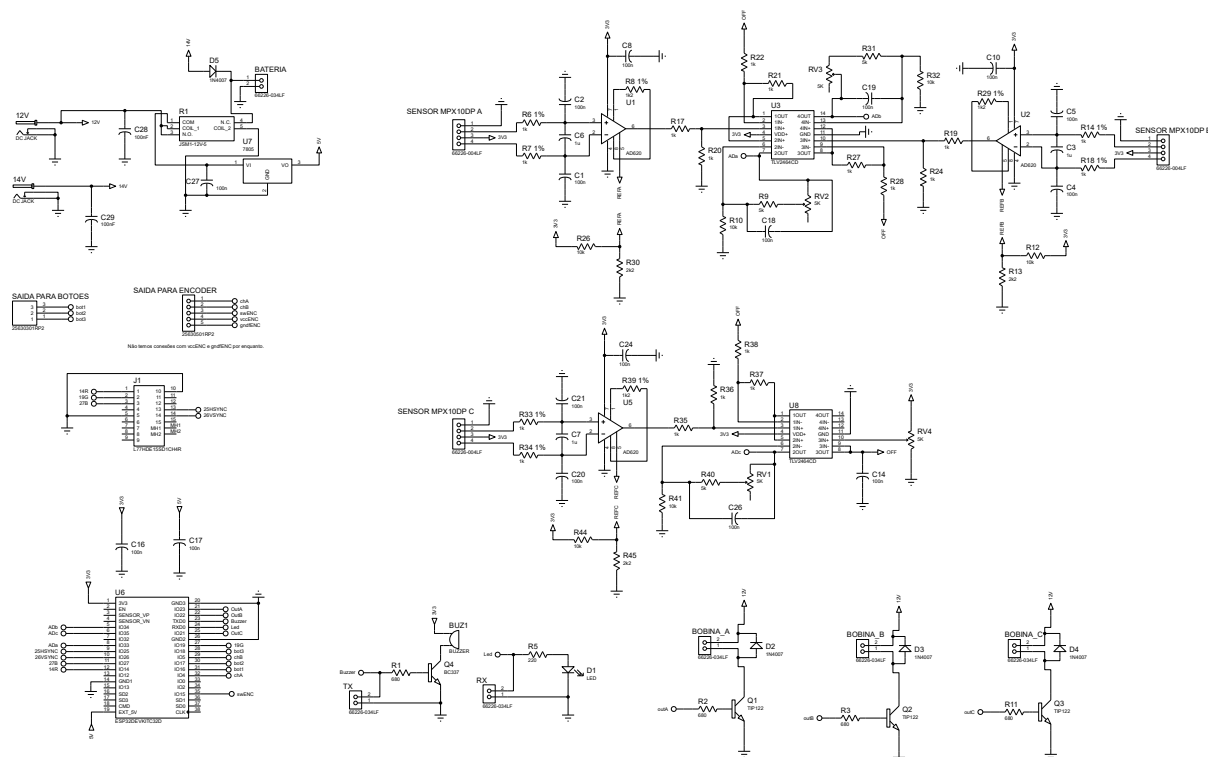
$$\frac{P}{V} * t = Q \quad (1)$$

onde P é a potência total do circuito, V é a tensão de alimentação do circuito e t o tempo mínimo necessário para bateria suprir tal circuito.



Figura 1 - Esquemático do circuito elétrico do ventilador mecânico

Versão 3 - Placa SMD para fabricação contando com 3 sensores de pressão e conexão com IHM



Fonte: Autoria própria (2021)

A potência exigida por cada componente é expressada na Tabela 1. Por meio desta, somando-se os valores encontrados, será possível trabalhar com a equação (1).

Tabela 1 - Potência exigida por cada grupo de componentes

Quantidade	Componentes	Potência (W)
3x	AD620ARZ	0,01287
3x	TIP122	18
2x	TLV2464	1,155
1x	ESP32	6
1x	LM7805	7,5
3x	MPX10DP	0,0594
3x	Bobinas	54
Total	-	86,72727

Fonte: Autoria própria (2021)



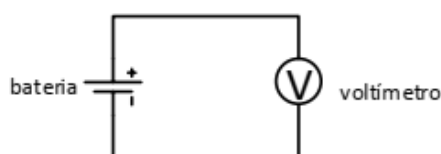
O único valor atribuído à potência que não foi retirado diretamente de uma folha de dados, foi o TIP122, que age em série com uma bobina de 12V. Para isso, foi feito o produto da tensão de coletor em saturação (2 V) com a corrente do coletor (3 A) para encontrar a potência máxima consumida pelo componente.

Com o valor da potência total definida, é possível fazer o cálculo da capacidade da bateria necessária para suprir a necessidade do ventilador pulmonar. Para fins de estudo e simplificação, será utilizada uma bateria de 12 V com capacidade de corrente de 7 Ah.

Após o dimensionamento da bateria, a etapa que segue se refere ao procedimento de teste da bateria para acoplar ao sistema, onde ela deverá estar em boas condições para ser acoplada ao circuito, garantindo ciclos estáveis de carga e descarga. Então, ensaios foram feitos para validar a eficácia da bateria a ser utilizada nos experimentos. Esses ensaios se dividem em:

1) Medição da tensão da bateria

Figura 2 - Esquema para medição da tensão da bateria



Fonte: Autoria própria (2021)

2) Medição da tensão e corrente antes do descarregamento

Figura 3 - Esquema de medição pré-descarga



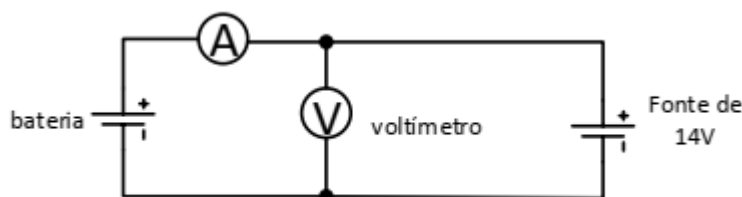
Fonte: Autoria própria (2021)

3) Medição da tensão e corrente após o descarregamento

4) Nova medição da tensão da bateria (igual à Figura 3)

5) Medição da tensão e corrente antes do carregamento

Figura 4 - Esquema para medição de tensão e corrente pré-carga



Fonte: Autoria Própria (2021)



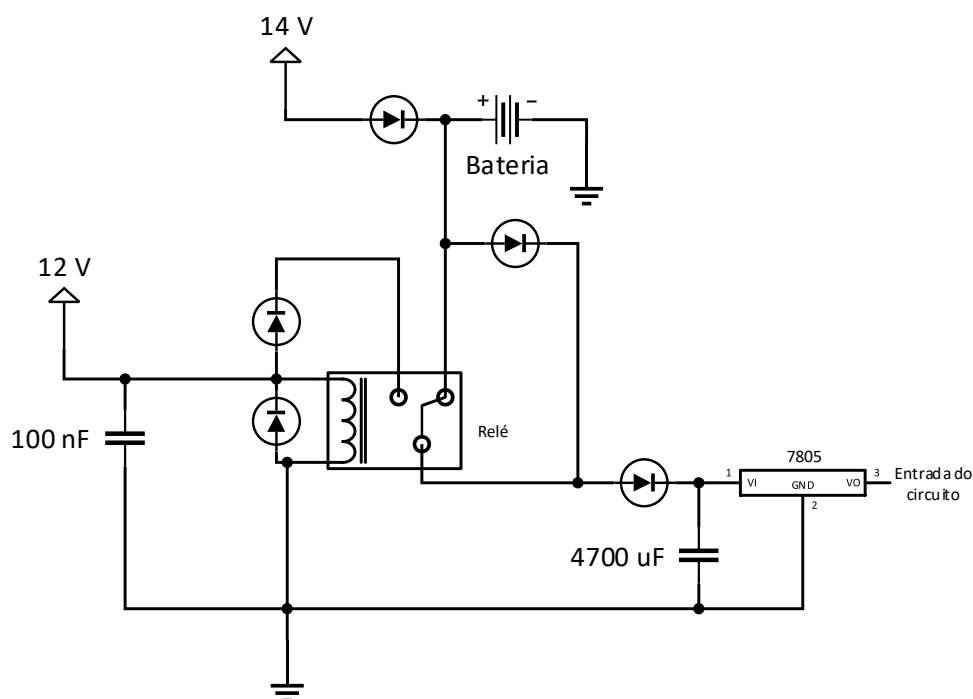
6) Medição da tensão e corrente depois do carregamento

Os resistores em paralelo utilizados tinham resistência equivalente de $58,82 \Omega$ e 6 W de potência dissipativa. Foram utilizados um resistor de 100Ω (99Ω reais) e dois resistores de 270Ω (272Ω e 278Ω reais), cada resistor de 2 W .

Cada sequência foi realizada 5 vezes por um determinado período de carregamento e descarregamento. Logo, foram feitos cinco testes de 1 minuto, cinco testes de 10 minutos e cinco testes de 60 minutos em duas baterias, uma nova e uma usada, com maior tempo de uso.

Como terceiro passo, foi desenvolvido o circuito capaz de fazer a troca de alimentação citada na seção de Introdução. Esse impasse foi resolvido com um dispositivo relé de 12V (10 A), representado pela Figura 5.

Figura 5 - Circuito de alimentação e alternância CA/CC

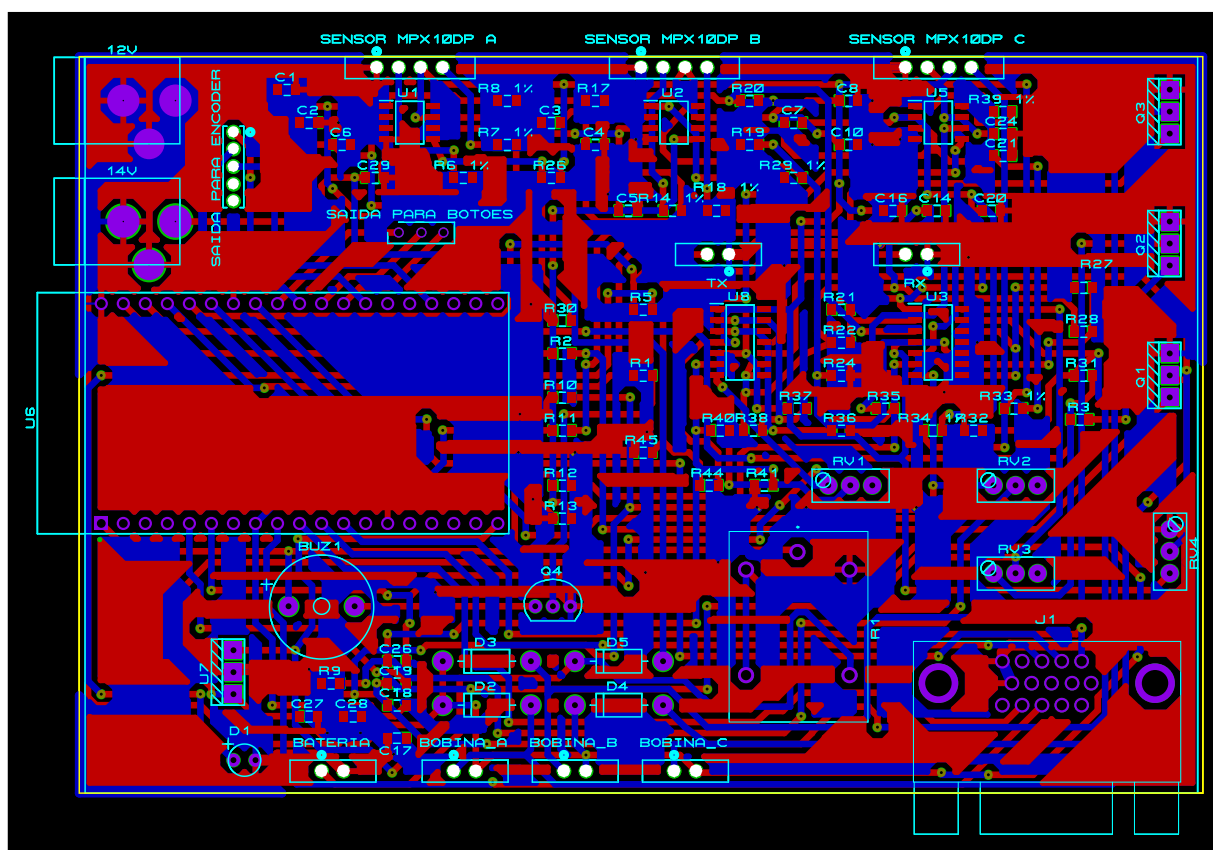


Fonte: Autoria Própria (2021)

Por meio do esquemático, nota-se que a fonte de 12 V é responsável por alimentar as bobinas do relé e suprir o circuito quando há energia elétrica provida da rede. No contato normalmente aberto, encontra-se a mesma alimentação de 12 V, já no contato normalmente fechado, encontra-se a bateria que é alimentada pela fonte de 14 V. Na ausência da rede elétrica, a fonte de 12 V e a de 14 V desligam e a bobina do relé, deixando de receber alimentação, com isso, o pino comum recebe a continuidade do pino normalmente fechado, levando o circuito a ser alimentado pela bateria. Essa comutação deve ter um tempo de ação menor que o tempo de inspiração do paciente sob uso do ventilador, caso contrário, o dispositivo relé se torna inviável para uso no projeto.

O quarto e último passo se refere ao desenvolvimento de uma placa de circuito impresso em SMD, possibilitando a compactabilidade do sistema, economizando em materiais para construção do ventilador mecânico como um todo. O *layout* desenvolvido pode ser observado na Figura 6.

Figura 6 - Layout da PCI do ventilador mecânico



Fonte: Autoria Própria (2021)

RESULTADOS E DISCUSSÕES

A capacidade de corrente da bateria, expressa pela equação (1), resulta em 14,46 Ah para suprir o circuito por um período de 2 horas. Para fins de estudo, uma bateria de 12 V e 7 Ah foi utilizada para obter os resultados. Com essa bateria substituta, foi possível suprir o sistema por um período de aproximadamente 32 minutos, descarregando cerca de 48,4% mais rápido que o adequado.

Em relação ao procedimento de teste da bateria para acoplar ao sistema, os dados obtidos de cada etapa experimental consta na Tabela 2.

Tabela 2 - Tabela de valores médios das baterias

Bateria/Fase	1)	2)	3)	4)	5)	6)
Unidade	Tensão (V)	Tensão (V)	Tensão (V) / Corrente (A)	Tensão (V)	Tensão (V) / Corrente (A)	Tensão (V) / Corrente (A)
Velha	12,235	10,715	9,204 / 0,145	11,203	14,166 / -0,883	14,285 / -0,566
Nova	13,284	12,915	12,539 / 0,200	12,784	14,067 / -1,137	14,347 / -0,329

Fonte: Autoria própria (2021)

Por meio dos resultados, é notável uma maior constância da bateria nova. Vale salientar que ambas possuem características semelhantes, diferindo apenas em carga cíclica, eventual e corrente inicial, em que



a bateria velha tem 14,1 V, 14,4 V e 1,75 A, respectivamente, já a bateria nova tem 14,5 V, 15 V e 2,16 A, respectivamente. Os valores negativos mostram que a bateria estava sendo recarregada pela fonte de 14 V.

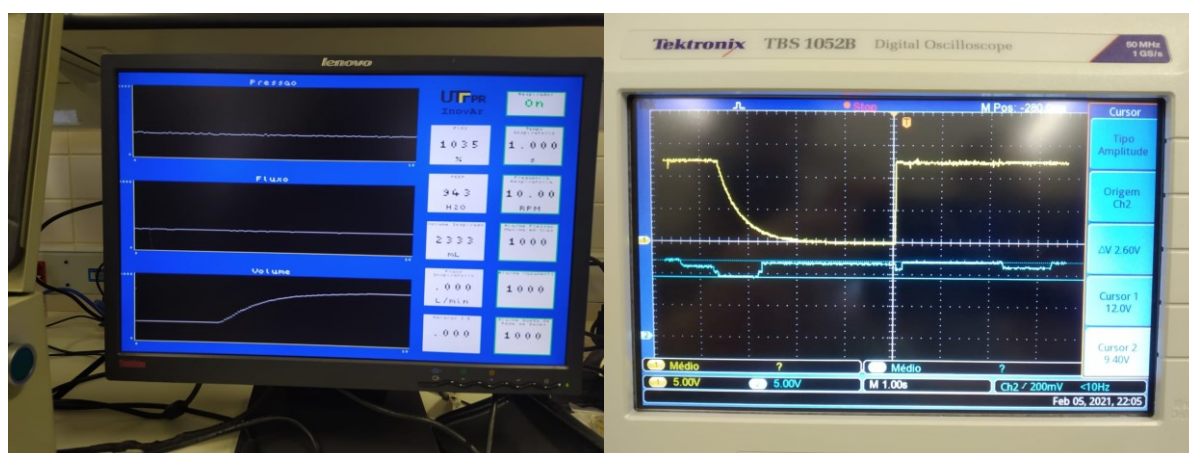
Através dos resultados, foi decidido utilizar a bateria nova durante os ensaios da PCI do ventilador.

Para validar o terceiro passo, foram utilizados os dados do *datasheet* do relé utilizado no circuito proposto. Por meio da folha de dados, o valor encontrado como tempo de comutação do dispositivo precisa ser, obrigatoriamente, menor que o tempo de inspiração do paciente, que em média está dentro do intervalo de 300 ms até 2 s (MINISTÉRIO DA SAÚDE, 2020). O valor obtido no *datasheet* do relé é de 10 ms, sendo mais que o suficiente para não prejudicar o paciente em caso de ausência de energia da rede elétrica.

Para a realização do quarto passo, foram definidos alguns parâmetros mínimos de construção da PCI. A espessura da trilha usada para alimentação e aterramento foi a T50. Para transferência de dados, a espessura foi T30.

O funcionamento da interface do sistema pode ser visualizado na Figura 7 juntamente com o processo de alternância de fonte, observado por um osciloscópio.

Figura 7 – Interface em funcionamento juntamente com o circuito de alternância, respectivamente.



Fonte: Autoria própria (2021)

Na Figura 7 à direita, a tensão em cor amarela representa a tensão proveniente da concessionária e em cor azul, a tensão no ponto comum do relé. Quando há ausência da rede, o relé atua, há uma pequena queda de tensão devido à alta corrente que passa pelas bobinas, mas em seguida, a tensão nominal é reestabelecida. Comprovando a eficácia do circuito, mantendo o sistema ininterrupto.

CONCLUSÃO

Com todos os testes realizados e todas as etapas concluídas, o ventilador mecânico de baixo custo de produção, produzido pelo câmpus de Apucarana da UTFPR está cada vez mais perto de deixar de ser apenas um protótipo, ganhando características mais tecnológicas, juntamente com um aspecto mais profissional.

AGRADECIMENTOS

Toda equipe é grata ao apoio da Universidade Tecnológica Federal do Paraná.



REFERÊNCIAS

AMIB. **Nota técnica sobre características de aparelhos ventiladores artificiais no suporte ao paciente com COVID-19.** [s.l: s.n.].

BRANSON, Richard D.; JOHANNIGMAN, Jay A.; DAUGHERTY, Elizabeth L.; RUBINSON, Lewis. Surge capacity mechanical ventilation. **Respiratory Care**, [S. l.], v. 53, n. 1, p. 78–88, 2008. ISSN: 00201324.

MINISTÉRIO DA SAÚDE. Orientações para manejo de pacientes com Covid-19. [S. l.], 2020.