

POLUIÇÃO AMBIENTAL RELACIONADA AOS GASES ANESTÉSICOS

Bruna Barreto Falcão¹

Raphael Fernandes de Brito Esquef²
Conceição de Maria Melo e Alvim Pacheco³
Marco Antônio Pereira Araújo⁴
Carlos Roberto de Andrade Cesário⁵
Margareth Maria de Carvalho Queiroz⁶

Saúde, Ambiente e Sociedades Eixos

Resumo

Para que ocorra a redução do impacto à camada de ozônio causada pela eliminação dos gases anestésicos para a atmosfera, que são gases de efeito estufa de longa duração, é necessário que os aparelhos de anestesia estejam corretamente regulados e que obedeçam a manutenção recomendada pelos órgãos reguladores.

Objetivo: analisar com uso de ferramenta estatística a contribuição para poluição ambiental atribuída aos gases anestésicos usados para promover hipnose durante procedimentos cirúrgicos.

Material e métodos: foram selecionados dois gases utilizados na indução anestésica: Sevoflurano e Protóxido. O estudo foi conduzido em 10 aparelhos de anestesia de um hospital do Estado do Rio de Janeiro constituindo assim o total de 10 amostras por gás. Foram realizados testes estatísticos apropriados para a comparação das médias, a partir da natureza dos dados. A um nível de significância de 5%, o estudo demonstrou que as médias foram equivalentes neste caso, ou seja, não existe diferença significativa entre as médias dos dois grupos. Este resultado, para ser generalizado, carece de novas análises experimentais. Conclusão: estes resultados condizem com o esperado, pois diferentes aparelhos de anestesia operando com os gases Sevoflurano e Protóxido não estão sendo calibrados de acordo com as normas específicas que visam estabelecer parâmetros intervalados seguros para manutenção de escapamentos de gases anestésicos para o meio ambiente, e desta forma contribuindo para o aquecimento global.

Palavras-chave: Impacto ambiental; Aquecimento global; Anestésicos inalatórios

¹Bruna Barreto Falcão - Discente Mestrado Profissional em Ciências Ambientais - Universidade de Vassouras - FUSVE, brubfalcao@gmail.com.

²Raphael Fernandes de Brito Esquef - Médico do Hospital Naval Marcílio Dias, rafesquef@hotmail.com.

³Prof. Me. Conceição de Maria Melo e Alvim Pacheco, ceica.de.alvim@gmail.com.

⁴Prof. Dr. Marco Antônio Pereira Araújo - Docente do Mestrado Profissional em Ciências Ambientais - Universidade de Vassouras - FUSVE, marcoaparaujo@gmail.com

⁵Carlos Roberto de Andrade Cesario – Discente Mestrado Profissional em Ciências Ambientais – Universidade de Vassouras – FUSVE, consultoriacesario@gmail.com

⁶Prof. Dra. Margareth Maria de Carvalho Queiroz - Docente do Mestrado Profissional em Ciências Ambientais - Universidade de Vassouras - FUSVE, mmcqueiroz@gmail.com

INTRODUÇÃO

Os gases anestésicos inalatórios utilizados em procedimentos cirúrgicos e ambulatoriais são compostos orgânicos halogenados considerados importante categoria de gases de efeito estufa e são responsáveis por aproximadamente 10% a 15% do forçamento radiativo das mudanças climáticas por gases de efeito estufa de longa duração. Os gases de efeito estufa são compostos que têm um tempo de vida atmosférico significativo e possuem bandas de absorção infravermelha que se sobrepõem à radiação emitida da atmosfera inferior da Terra. Gases que absorvem fortemente na janela atmosférica, a região espectral entre aproximadamente 8 a 14 μm ($714\text{--}1250\text{ cm}^{-1}$) no espectro de emissão infravermelha da Terra, em que a absorção pelos gases de efeito estufa naturais é relativamente menor, são particularmente eficazes em afetar o equilíbrio radiativo da Terra (ANDERSON *et al.*, 2012).

Esses medicamentos comumente usados são emitidos de hospitais diretamente para a atmosfera, onde abrigam propriedades de retenção de calor e destruição da camada de ozônio. Para que os gases anestésicos inalatórios sejam eliminados para atmosfera de forma correta, reduzindo desta forma o impacto à camada de ozônio é necessário que os aparelhos de anestesia utilizados em salas cirúrgicas estejam adequadamente regulados e obedeçam ao período de manutenção discriminado pelos órgãos reguladores (NATHAN, 2021).

A conscientização dos profissionais da área de saúde, que operam aparelhos que eliminam gases anestésicos inalatórios, de que seu consumo deve ser poupado e interrompido no momento do término do procedimento e que a manutenção do aparelho poupará eliminação para a atmosfera acrescentará grande contribuição a preservação do meio ambiente.

Segundo Varughese & Shane (2021), com um volume mundial estimado de 266 milhões de cirurgias em 2015, a demanda por anestesia geral inalatória é considerável. Os anestésicos voláteis amplamente utilizados, como o óxido nitroso e os gases altamente fluorados sevoflurano, desflurano e isoflurano são gases de efeito estufa, agentes

Realização



Apoio



destruidores da camada de ozônio, ou ambos.

O óxido nitroso e o desflurano possuem vida útil mais longa na atmosfera em comparação com outras drogas voláteis (**OZELSEL *et al.*, 2019**).

Como esses agentes sofrem metabolismo mínimo no corpo durante o uso clínico e são eliminados principalmente ($\geq 95\%$) inalterados por exalação, os gases anestésicos residuais em salas de cirurgia podem representar um desafio para a eliminação geral e a exposição ocupacional.

As propriedades químicas e os impactos do aquecimento global desses gases variam, com tempos de vida atmosféricos de 1 a 5 anos para sevoflurano, 3 a 6 anos para isoflurano, 9 a 21 anos para desflurano e 114 anos para o óxido nitroso (**VARUGHESE & SHANE, 2021**).

Fatores para reduzir o desperdício e diminuir o impacto futuro dessas substâncias devem ser considerados. Um dos fatores com grande influência para a eliminação dos anestésicos inalatórios de forma inadequada, pondo em risco o meio ambiente é a manutenção inadequada dos aparelhos de anestesia que ocorre com frequência nos ambientes hospitalares públicos.

METODOLOGIA

Foi realizada uma revisão sistemática da literatura, para obter subsídios teóricos específicos sobre o tema. Esse procedimento diferencia-se de uma revisão da literatura *ad hoc* por ser baseada num processo de metanálise. Assim, neste processo, é foi produzida uma *string* de busca, contendo o maior número de descritores possível para que os trabalhos selecionados estejam próximos ao tema abordado.

Questão da pesquisa: Poluição ambiental relacionada à emissão de gases anestésicos durante a cirurgia.

População: trabalhos que correlacionam gases anestésicos ao efeito estufa;

Intervenção: conscientização dos profissionais engajados no ambiente cirúrgico sobre os impactos dos gases anestésicos no meio ambiente;

Realização

Apoio

Comparação: tipos de gases anestésicos envolvidos;
Resultados: impacto dos gases anestésicos no meio ambiente;
Contexto: poluição, gases anestésicos, impacto ambiental;
Critérios de inclusão: impacto ambiental dos gases anestésicos, legislação sobre o tema.

Critério de exclusão: legislação desatualizada, e fora de escopo.

Para realizar a pesquisa, foi inserida uma *string* de busca na base de dados Google® Acadêmico, composta a partir dos critérios da revisão sistemática, de modo a obter resultados refinados e que atendam às especificidades da pesquisa, que se apresenta na seguinte forma: “environment impact” and “inhalation anesthetic”.

Esta *string* de busca rendeu 77 trabalhos, que foram selecionados em três etapas: leitura dos títulos, leitura dos resumos e, por fim, uma leitura mais detalhada dos trabalhos.

As etapas são representadas no quadro 1.

Quadro 1 – Seleção de Trabalhos. Fonte: Elaborado pelo autor, 2021.

Seleção de Trabalhos	
Resultados Iniciais	77 trabalhos
Selecionados a partir dos títulos	66 trabalhos
Selecionados pela leitura dos resumos	20 trabalhos
Seleção final	11 trabalhos

O presente estudo foi realizado no ambiente do centro cirúrgico de um hospital público, no município do Rio de Janeiro. Para tanto foram selecionados dez aparelhos de anestesia que com os seguintes gases anestésicos: óxido nitroso (protóxido) e sevoflurano, utilizados na indução anestésica para cada procedimento. Os aparelhos de anestesia foram analisados de acordo com a quantificação de manutenção realizada em um período de doze meses. O estudo foi conduzido em dez procedimentos cirúrgicos, constituindo assim o total de 05 amostras por gás anestésico.

Realização

Apoio



RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na prática médica da anestesiologia o manejo de aparelhos de anestesia, nos sistemas de saúde pública sem a correta manutenção ou substituição quando necessário é observada na prática profissional. É fundamental a revisão periódica dos aparelhos de anestesia para que seja evitado riscos ocupacionais, econômicos e prejuízos ao meio ambiente.

A Tabela 1 apresenta os dados de comparação dos anestésicos halogenados e óxido nitroso no impacto ambiental. Para análise estatística foi utilizado o software Minitab®. Em todo o estudo foi utilizado um nível de significância de 5%.

Tabela 1: Dados do Estudo Experimental (equipamentos com utilização de diferentes gases).

GRUPO	PARTICIPANTE	MANUTENÇÃO
SEVOFLURANO	01	00
SEVOFLURANO	02	02
SEVOFLURANO	03	01
SEVOFLURANO	04	00
SEVOFLURANO	05	02
PROTÓXIDO	06	00
PROTÓXIDO	07	01
PROTÓXIDO	08	02
PROTÓXIDO	09	00
PROTÓXIDO	10	01

A Tabela 2 apresenta a estatística descritiva para o conjunto de dados utilizado no estudo.

Tabela 2: estatística descritiva a partir das amostras analisadas (equipamentos com utilização de diferentes gases).

Variável	GRUPO	N	N*	EP			Mínimo	Q1	Mediana	Q3
				Média	Média	DesvPad				
MANUTENÇÃO	PROTÓXIDO	5	0	0,800	0,374	0,837	0,000	0,000	1,000	1,500
	SEVOFLURANO	5	0	1,000	0,447	1,000	0,000	0,000	1,000	2,000

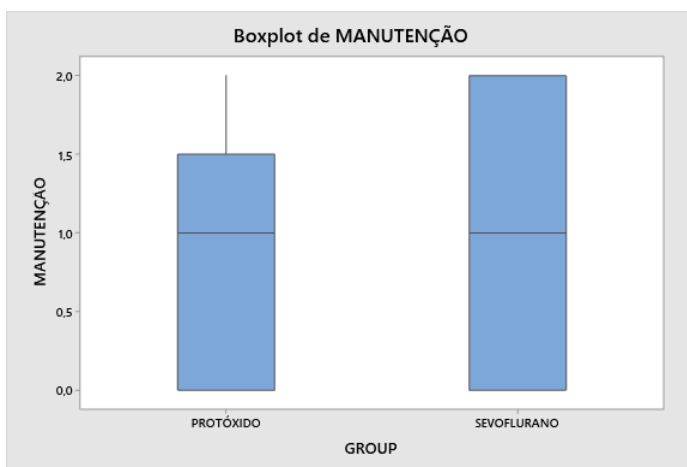
Realização

Apoio

Variável	GRUPO	Máximo
MANUTENÇÃO	PROTÓXIDO	2,000
	SEVOFLURANO	2,000

A figura 1 apresenta o diagrama de caixa (boxplot) das amostras. Este gráfico permite a identificação dos valores máximos e mínimos, da mediana e dos pontos discrepantes em relação às amostras.

Figura 1. Box-Plot das amostras consideradas (equipamentos com utilização de diferentes gases).



Para testar a normalidade dos dados utilizou-se o teste de Shapiro-Wilk, uma vez que se tem menos de 50 elementos nas amostras. As hipóteses são:

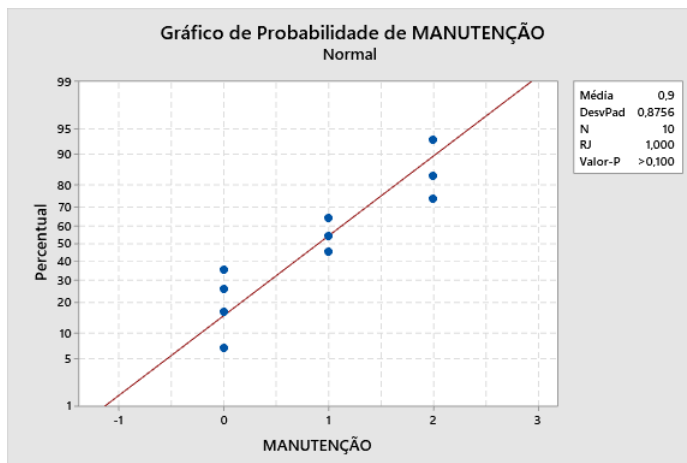
H_0 : Os dados apresentam distribuição normal.

H_1 : Os dados não apresentam distribuição normal.

Nível de significância = 5% (0,05)

A Figura 4 2 apresenta o resultado do Teste de Normalidade. Como $p\text{-value} > 0,100$ é superior ao nível de significância estabelecido de 5% (0,05) então aceita-se a hipótese nula de que os dados possuem uma distribuição normal.

Figura 4 2: Teste de Normalidade (equipamentos com utilização de diferentes gases).



Como os dados possuem uma distribuição normal, caminha-se para o uso de um teste paramétrico, devendo ser feito um teste de homocedasticidade (igualdade de variâncias).

Teste de homocedasticidade (igualdade de variâncias)

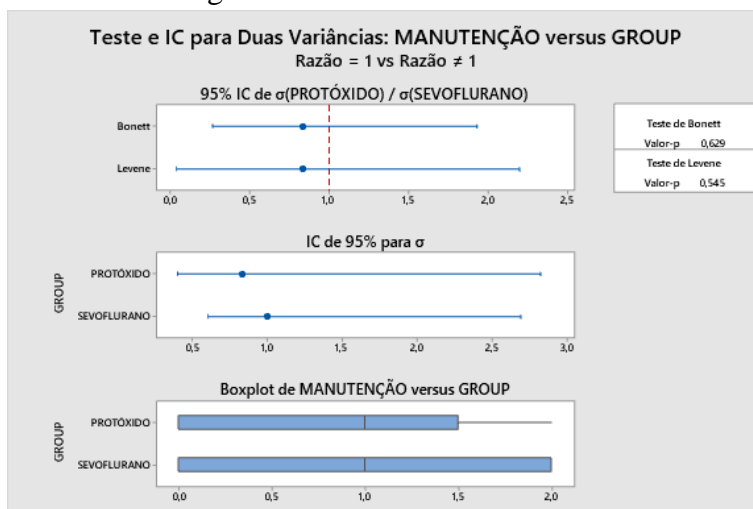
H0: Os dados possuem homocedasticidade (igualdade de variâncias)

H1: Os dados não possuem homocedasticidade (igualdade de variâncias)

Nível de significância = 5% (0,05)

Pelo teste de Levene (Figura 5), como p-value = 0,545 é superior ao nível de significância estabelecido de 5%, pode-se aceitar a hipótese nula de que os dados são homocedásticos (igualdade de variâncias).

Figura 3. Teste de Homocedasticidade (Igualdade de Variâncias) de equipamentos com utilização de diferentes gases.



Como os dados possuem uma distribuição normal e também são homocedásticos, pode-se utilizar um teste paramétrico para a comparação das médias. Caso não possuíssem uma distribuição normal ou não fossem homocedásticos, seria utilizado um teste não paramétrico. Como será utilizado um teste paramétrico e o delineamento experimental é de 1 fator (variável manutenção) e 2 tratamentos (tipos de anestésicos), será utilizado o teste T para comparação dos dois grupos.

Comparação das médias

H0: médias da variável manutenção são equivalentes entre os grupos

H1: médias da variável manutenção são equivalentes entre os grupos

Nível de significância = 5%

Como $p\text{-value} = 0,742$ (Figura 6) é superior ao nível de significância estabelecido de 5% (0,05), aceita-se a hipótese nula de que as médias são equivalentes, ou seja, não existe diferença significativa entre as médias dos dois grupos.

Abaixo podemos observar os resultados do teste T para comparação das médias:

Valor-T	GL	Valor-p
-0,34	7	0,742

Os gases inalatórios anestésicos necessitam de adequada eliminação através de aparelhos de anestesia devidamente calibrados de acordo com a regulamentação vigente para que haja diminuição do impacto ambiental.

O potencial de aquecimento global dos anestésicos inalatórios reflete uma preocupação crescente com o impacto da prática anestésica no meio ambiente. A comparação dos estudos demonstraram que a maioria dos impactos é devido ao desflurano (com maior efeito de aprisionamento) e óxido nitroso (N_2O) (com as maiores liberações), em comparação com sevoflurano e isoflurano (SHERMAN *et al.*, 2012).

Realização

Apoio

Máquinas de anestesia modernas e com correto tempo de manutenção fornecem entrega segura e eficiente desses agentes aos pacientes. Os sistemas contemporâneos de eliminação de gases residuais da sala de cirurgia reduzem a exposição da equipe a esses agentes de acordo com as diretrizes da Administração de Segurança e Saúde Ocupacional, levando-os para fora da sala de cirurgia e (em quase todos os casos) expelindo-os diretamente para a atmosfera.

A literatura referente a legislação vigente, leva em consideração a RDC Nº 2/2018 e a ISO 7396-2:2007, observando a correta manutenção dos aparelhos de anestesia, no ato da anestesia, para auxiliar a gestão da qualidade e de biossegurança dentro do centro cirúrgico. Essas medidas direcionam-se ao cumprimento dos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) da agenda 2030 da ONU e o alvo deste trabalho está alinhado ao objetivo 3 - Boa Saúde e Bem-Estar (ONU, 2030).

Os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável são um apelo global à ação para acabar com a pobreza, proteger o meio ambiente e o clima (ONU, 2030). O Objetivo 13 destaca medidas urgentes para combater a mudança climática e seus impactos, reforçar a resiliência e a capacidade de adaptação a riscos relacionados ao clima e às catástrofes naturais em todos os países, integrar medidas da mudança do clima nas políticas, estratégias e planejamentos nacionais, melhorar a educação, aumentar a conscientização e a capacidade humana e institucional sobre mitigação, adaptação, redução de impacto e alerta precoce da mudança do clima (ONU, 2030).

O aumento da conscientização sobre a importância da proteção ambiental e os possíveis impactos associados aos produtos fabricados e consumidos, têm aumentado o interesse no desenvolvimento de métodos para melhor compreender e lidar com esses impactos. Uma das técnicas que estão sendo desenvolvidas para esse fim é a avaliação do ciclo de vida do anestésico usado durante o procedimento cirúrgico (NATHAN, 2021).

Realização



Apoio



CONCLUSÕES

A anestesia inalatória no ambiente cirúrgico tem se destacado nos estudos que correlacionam o seu impacto no meio ambiente.

No ambiente cirúrgico, este tipo de temática tem sido negligenciado, e muitas discussões devem ser realizadas e avaliadas para entendermos os detalhes que envolvem este objeto de estudo. Com isto, é válido mensurar e analisar com ferramentas estatísticas o correto mapeamento das manutenções de cada aparelho de anestesia no ambiente cirúrgico, pois a manutenção preventiva descrita em normas internacionais, nacionais e específicas de cada marca de aparelho de anestesia diminui o risco do escape inadequado de gases anestésicos que contribuem para a poluição ambiental.

A conscientização dos profissionais que trabalham com estes gases através da informação é fundamental para reforçar a importância da responsabilidade que as tecnologias em saúde têm sobre o impacto ambiental. Neste estudo observou-se a partir da estatística descritiva, que as médias da quantidade de manutenção por aparelho foram iguais, e assim considerando, pode-se inferir alguns fatores para tal resultado, como tempo de manutenção de cada aparelho, o tipo de gás anestésico utilizado e as complicações clínicas e ambientais que podem acarretar ao paciente a não observância das normas e resoluções estabelecidas e consolidadas atualmente. Desta forma evidencia-se que a implementação da gestão da qualidade nos hospitais se faz necessária.

REFERÊNCIAS

ANDERSON, Mads *et al.* *Assessing the Impact on Global Climate from General Anesthetic Gases.* *Anesthesia & Analgesia*: May 2012 - Volume 114 - Issue 5 - p 1081-1085. Disponível em: https://journals.lww.com/anesthesia-analgesia/Fulltext/2012/05000/Assessing_the_Impact_on_Global_Climate_from.24.aspx. Acesso em: 08/02/2022.

MCGAIN, Forbes *et al.* *Environmental sustainability in anaesthesia and critical care.* *British Journal of Anaesthesia* Volume 125, Issue 5, November 2020, Pages 680-692. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S000709122030547X>.

Realização



Apoio



Acesso em: 10/07/2022.

Mkalaf, Khelood *et al.* *Total Productive Maintenance: A Safety Approach to Optimize the Anesthesia Device Outcomes*. 2020 9th International Conference on Industrial Technology and Management. Disponível em : <https://ieeexplore.ieee.org/abstract/document/9080374> .Acesso em : 21/07/2022.

MILLER, R. *Anesthesia*: 9.ed. Elsevier, 2019.

MINISTÉRIO DA SAÚDE: Resolução da Diretoria Colegiada - RDC Nº 222, DE 28 DE MARÇO DE 2018. Disponível em: https://bvsms.saude.gov.br/bvs/saudelegis/anvisa/2018/rdc0222_28_03_2018.pdf. Acesso em : 26/07/2022.

NAÇÕES UNIDAS BRASIL : <https://brasil.un.org/pt-br/sdgs/13>. Acesso em: 14/07/2022
NATHAN, Naveen. *Global Impact: The Environmental Effects of Anesthetic Drugs*. *Anesthesia & Analgesia*: October 2021 - Volume 133 - Issue 4 - p 825. Disponível em: https://journals.lww.com/anesthesia-analgesia/Fulltext/2021/10000/Global_Impact__The_Environmental_Effects_of.1.aspx. Acesso em: 08/02/2022.

OZELSEL, Timor, *et al.* The future is now-it's time to rethink the application of the Global Warming Potential to anesthesia. *Can J Anaesth*. 2019 Nov;66(11):1291-1295. Epub 2019 May 8. Disponível em: <<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/31069721/>> .Acesso em: 26/07/2022.

RYAN, Susan M. *Global Warming Potential of Inhaled Anesthetics. Application to Clinical Use*. *Anesthesia & Analgesia*: July 2010 - Volume 111 - Issue 1 - p 92-98. Disponível em: https://journals.lww.com/anesthesia-analgesia/Fulltext/2010/07000/Global_Warming_Potential_of_Inhaled_Anesthetics_.21.aspx. Acesso em: 08/02/2022.

Sherwin, Marc *et al.* *Anesthesia hazards: what is the role of the anesthesia machine? Sherwin and Eisenkraft. International Anesthesiology Clinics (2020) 58:1*. Disponível em: <https://www.semanticscholar.org/paper/Anesthesia-hazards%3A-what-is-the-role-of-the-machine-Sherwin-Eisenkraft/a80b4f10a7cdc079c1ffb4e7b17c02574faad3> .Acesso em: 21/07/2022.

Sociedade Brasileira de Anestesiologia. Bem-estar ocupacional em anestesiologia / Editor: Gastão F. Duval Neto. Brasília: CFM, 2013. 476 p.

SHERMAN, Jodi. *Life Cycle Greenhouse Gas Emissions of Anesthetic Drugs*. *Anesthesia & Analgesia*: May 2012 - Volume 114 - Issue 5 - p 1086-1090. Disponível em: https://journals.lww.com/anesthesia-analgesia/Fulltext/2012/05000/Life_Cycle_Greenhouse_Gas_Emissions_of_Anesthetic.25.aspx. Acesso em: 08/02/2022.

VARUGHESE, Shane. *Environmental and Occupational Considerations of Anesthesia: A Narrative Review and Update*. *Anesthesia & Analgesia*: October 2021 - Volume 133 - Issue 4 - p 826-835. Disponível em: https://journals.lww.com/anesthesia-analgesia/Fulltext/2021/10000/Environmental_and_Occupational_Considerations_of.2.aspx.

Realização

Apoio



Acesso em: 08/02/2022;

ZUEGGE, Karin L. *Provider Education and Vaporizer Labeling Lead to Reduced Anesthetic Agent Purchasing With Cost Savings and Reduced Greenhouse Gas Emissions.* *Anesthesia & Analgesia*: June 2019 - Volume 128 - Issue 6 - p e97-e99. Disponível em:
https://journals.lww.com/anesthesia-analgesia/Fulltext/2019/06000/Provider_Education_and_Vaporizer_Labeling_Lead_to.34.aspx.
Acesso em: 08/02/2022.

Realização



Apoio

