

Relação de Desempenho Entre Antena Dipolo Comercial e Antenas *Patch* em Microfita Compostas por Substratos Dielétricos com Materiais Distintos Para Serviço WLAN

José Lucas da Silva Paiva¹, Humberto Dionísio de Andrade¹, Matheus Emanuel Tavares Sousa¹, Samanta Mesquita de Holanda¹, Isaac Barros Tavares da Silva¹

¹Programa de Pós-Graduação em Engenharia Elétrica – Universidade Federal Rural do Semi-Árido (UFERSA)

Caixa Postal 137 – 59.625-900 – Mossoró – RN – Brasil

{jose.paiva,humbertodionisio,matheus.sousa,samanta.holanda,isaac.barros}@ufersa.edu.br

***Abstract.** This paper proposes an experimental comparison of the electromagnetic parameters bandwidth and reflection coefficient of a commercial dipole antenna and patch microstrip antennas with different dielectric materials (Fenolite and fiberglass) with the purpose of verifying applicability in the WLAN service operating at ISM 2,4 GHz frequency band, in accordance with ANATEL Resolution No. 680 and IEEE STD 802.11 protocol. The electromagnetic parameters most influenced were the reflection coefficient and bandwidth, when comparing the devices. The three antennas studied showed applicability at frequency range of interest.*

***Resumo.** Este artigo propõe uma comparação experimental entre os parâmetros eletromagnéticos largura de banda e coeficiente de reflexão de uma antena dipolo comercial e antenas patch em microfita compostas por materiais dielétricos distintos (fenolite e fibra de vidro) com objetivo de verificação de aplicabilidade ao serviço WLAN por meio de utilização de frequência de operação na faixa ISM 2,4 GHz, em concordância com a resolução nº 680 ANATEL e protocolo IEEE STD 802.11. Os parâmetros eletromagnéticos mais influenciados foram o coeficiente de reflexão e largura de banda, quando realizada a comparação entre os dispositivos. As três antenas estudadas apresentaram aplicabilidade à faixa de interesse.*

1. Introdução

Diversos aspectos relacionados às redes de comunicação requerem dispositivos tecnológicos de alta precisão. Pesquisadores dedicaram atenção especial ao uso conjunto de uma vasta gama de tecnologias para aplicação em redes sem fio, como pode-se observar nas pesquisas de Jari *et al.* (2017), em que abordou-se a questão de reconfigurabilidade de frequências; Arash, Pejman e Ali (2015), que discutiram o desenvolvimento de um monopolo em microfita para aplicações em bandas de frequência WiMAX (*Worldwide Interoperability for Microwave Access*) e Ran *et al.* (2020), que utilizaram o conceito de *binary branches* (ramos binários, em tradução livre) baseados em formas presentes na natureza (nesse estudo, houve inspiração no formato nos ramos de árvores) para o desenvolvimento de antenas de microfita fractais para aplicações *mobile dualband* em banda larga. Nesse contexto, um novo paradigma,

que deve predominar no futuro, é como as redes de comunicação sem fio poderão transmitir o tráfego de dados cada vez mais intenso a partir de sinais de diferentes fontes. A esse respeito, é cada vez mais necessário o uso de circuitos que integram dispositivos de radiação de ondas eletromagnéticas, como específico, as antenas de microfita.

Ao longo dos anos as Antenas *Patches* de Microfita (APM) aumentaram em popularidade e aplicação, principalmente devido as suas características físicas como leveza, baixo perfil, fabricação relativamente fácil, tamanho compacto e baixo custo. No entanto, as APM, normalmente, possuem largura de banda estreita, ondas superficiais e baixa eficiência.

A aplicação dos dispositivos propostos neste trabalho é para a tecnologia WLAN (*Wireless Local Area Network*), em frequência não licenciada da ANATEL (Agência Nacional de Telecomunicações). O equipamento deve obedecer a limites impostos a sua potência máxima, o qual se enquadre na banda em estudo de 2,4 GHz a 2,4835 GHz, de acordo com a resolução ANATEL n° 680, de 27 de junho de 2017 e o protocolo *IEEE STD 802.11TM*. O estudo baseia-se na relação comparativa de estruturas planares, distintas pelas propriedades de seus materiais dielétricos, usado como substrato da antena de microfita, no qual foi impresso um material condutivo nas suas duas faces, sendo uma dessas faces o plano de terra, como o elemento refletor, e a outra face o elemento radiante denominado *patch*. O objetivo do artigo é o de comparação experimental entre os parâmetros eletromagnéticos coeficiente de reflexão (S_{11}) e largura de banda (BW – *Bandwidth*) entre antenas em microfita com aplicação de modificação estrutural, proposta por Peyrot-Solis, Galvan-Tejada e Jardon-Aguilar (2006) no *patch* e uma antena dipolo comercial, verificando-se a aplicabilidade dos dispositivos ao serviço WLAN.

2. Materiais e Métodos

A etapa inicial do procedimento metodológico deste trabalho se deu pela análise dos parâmetros eletromagnéticos ganho, largura de banda, coeficiente de reflexão e diagramas de radiação simulados por meio do *software* ANSYS® HFSS (*High Frequency Structure Simulator*) versão 19.2, para uma primeira avaliação de comportamento dos dispositivos. Os dispositivos foram dimensionados a partir de um módulo adicional do ANSYS HFSS®, o *optimetric*, sendo implementado para otimizar a melhor angulação (26°, na Figura 1) para o casamento de impedância. Já para a parte posterior da antena, foi especificada uma faixa de valores dentro do intervalo de interesse e um plano de terra truncado, cuja função básica desse refletor, é modificar o padrão de radiação da antena, a fim de aumentar a área efetiva da energia recebida. Na Figura 1 apresenta-se a estrutura das antenas em microfita simuladas.

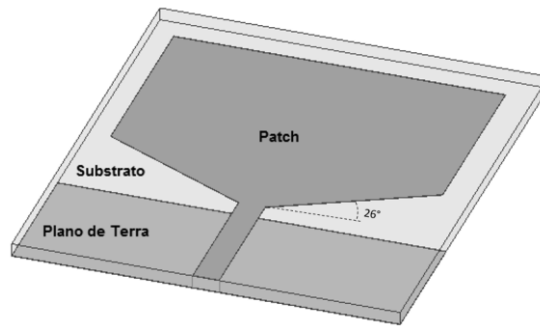


Figura 1. Estrutura do dispositivo em microfita simulado

As antenas foram projetadas para frequência de operação de 2,4 GHz, utilizando-se o Modelo da Linha de Transmissão e alimentação por linha de microfita (50Ω) com conexão por meio de conector tipo SMA (*SubMiniature Version A*) (ilustrado na Figura 2) com objetivo de operação no serviço WLAN. No projeto foram utilizados dois tipos de substratos dielétricos: Fenolite (constante dielétrica $\epsilon_r = 3,6$ e espessura 1,64 mm) e Fibra de Vidro (FR4-Epoxy) (constante dielétrica $\epsilon_r = 4,4$ e espessura 1,58 mm), permitindo desempenho diferenciado devido aos parâmetros eletromagnéticos dos materiais dielétricos. A escolha dos materiais baseou-se nas características de permissividade em conformidade com a especificação para aplicação e suas disponibilidades em laboratório. Assim, foi possível obter dois projetos de antenas para a mesma frequência de operação, a fim de compará-los com uma antena dipolo comercial (ilustrada na Figura 3) na mesma faixa de frequência.

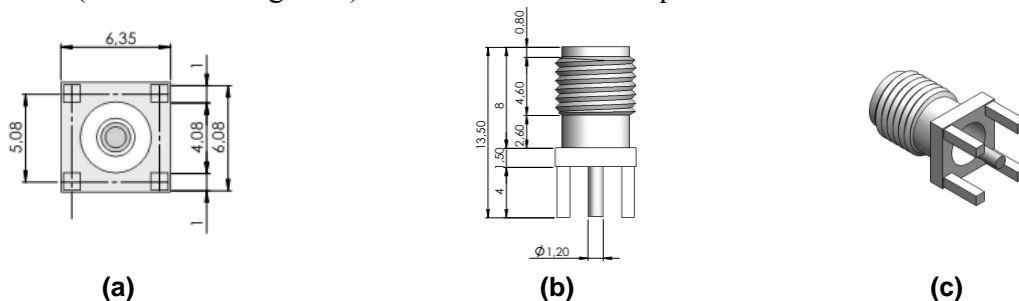


Figura 2. Conector SMA (dimensões em mm) (a) Vista posterior (b) vista lateral (c) Vista em perspectiva

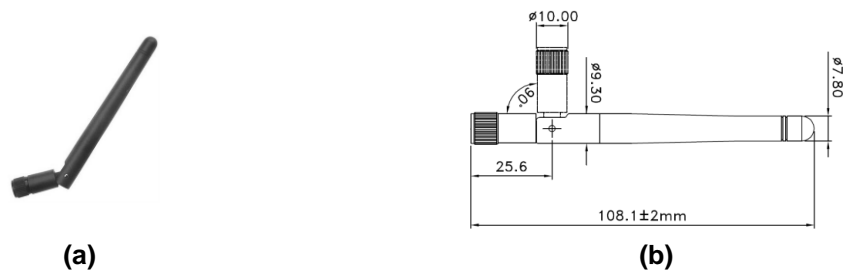


Figura 3. Antena Dipolo Comercial (a) Dispositivo (b) Representação das dimensões (mm). Fonte: LSR, 2020.

O dispositivo apresentado na Figura 3 é especificado de acordo com sua folha de dados do fabricante possuindo valor de ganho máximo de 2dBi, com impedância de 50Ω , faixa de frequência de operação de 2,4-2,5GHz, peso de 13g, temperatura de operação entre -20°C a 65°C .

3. Resultados e Discussão

Os resultados simulados proporcionam uma primeira avaliação do comportamento dos dispositivos em microfita, com relação aos parâmetros eletromagnéticos de interesse. Na Figura 4 é mostrada a relação entre coeficiente de reflexão (dB) e frequência (GHz) simulados em *software*.

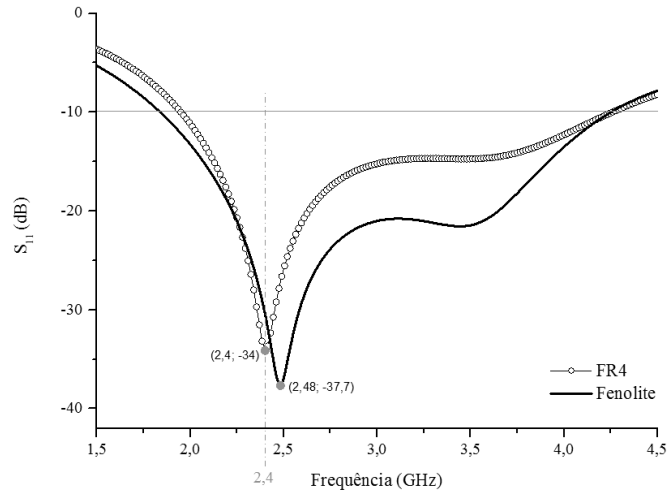


Figura 4. Coeficiente de reflexão (dB) x Frequência (GHz)

O tipo de material utilizado no substrato influencia diretamente aos parâmetros eletromagnéticos da antena. Observa-se na Figura 4 que toda a banda de interesse (faixa ISM 2,4 GHz) apresenta um aproveitamento de potência de pelo menos 90% (aquelas frequências que correspondem a um coeficiente de reflexão menor que -10 dB). A largura de banda atingida pela antena com substrato em FR4-Epoxy foi de 2,36 GHz, enquanto para a antena com substrato em Fenolite foi atingido 2,38 GHz. Essa característica de banda larga era esperada pela característica estrutural do plano de terra dos dispositivos, que favorecem ao aumento de largura de banda com relação aos dispositivos com plano de terra totalmente preenchidos. Na Figura 5 são apresentados os diagramas de radiação para o ganho simulado para cada dispositivo.

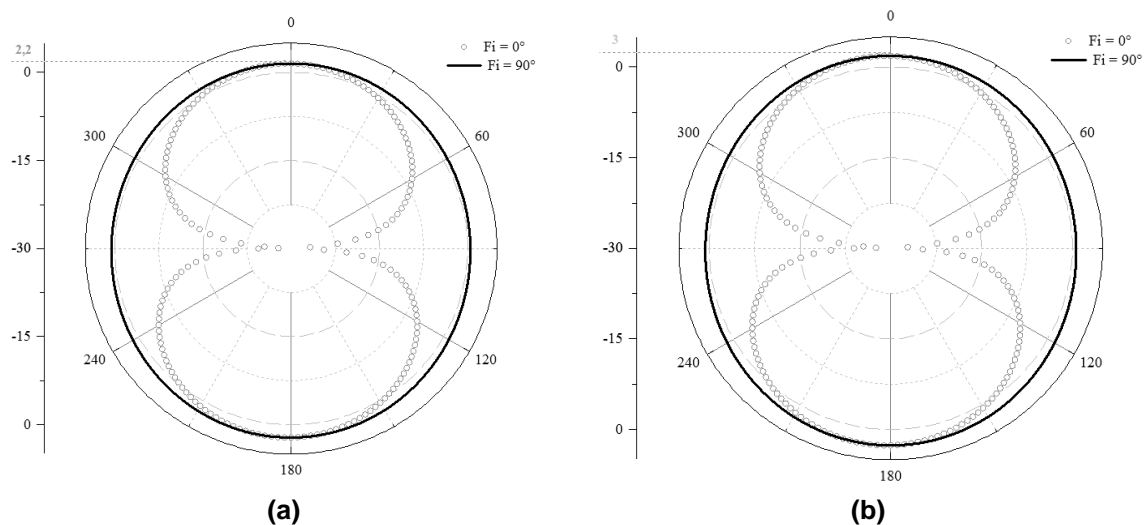


Figura 5. Diagrama polar de radiação (a) FR4 (b) Fenolite

Os dois dispositivos simulados alcançaram ganhos maiores que o informado pelo fabricante do dipolo comercial (a saber, 2 dB). A antena com substrato em FR4-Epoxy obteve um ganho máximo de 2,2 dB, enquanto a antena com substrato em Fenolite alcançou um ganho máximo de 3 dB, o que representa um aumento de 10% e 50%, respectivamente, em comparação com a antena dipolo comercial. Ambos os dispositivos obtiveram diagramas de radiação com padrão *broadside*. Após a análise dos resultados simulados, os dispositivos foram confeccionados (Figura 6) e seus parâmetros de radiação (largura de banda e coeficiente de reflexão) foram obtidos experimentalmente, assim como para o dipolo comercial. Na Figura 7 são ilustradas as dimensões finais de cada dispositivo.



Figura 6. Antenas confeccionadas (a) vista superior (b) vista posterior

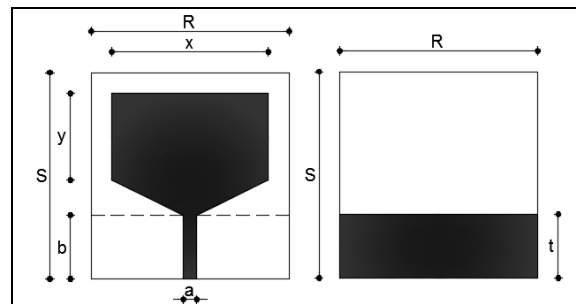


Figura 7. Dimensões finais das antenas de microfita construídas.

Os valores das dimensões das antenas representadas na Figura 7 são apresentadas de forma resumida na Tabela 1.

Tabela 1. Dimensões das antenas confeccionadas

Substrato	Dimensões (mm)					
	R	S	x	y	a	b = t
FR4-Epoxy	48	50	38	21	3,28	15,45
Fenolite	48	55	41	23,3	3,28	17,02

Devido ao maior valor de constante dielétrica, a antena com substrato em FR4-Epoxy apresentou menores dimensões físicas que a antena com substrato em Fenolite, uma vez que possuem mesma estrutura de *patch* e plano de terra.

As medições experimentais foram realizadas no Laboratório de Telecomunicações e Micro-ondas do Centro Integrado de Inovação Tecnológica (CITED), na Universidade Federal Rural do Semiárido (UFERSA) campus Mossoró. O equipamento utilizado foi o Analisador de Redes Vetoriais (ARV) modelo ZND da *Rohde & Schwarz*, que possui uma varredura de frequência de 100 kHz a 4,5 GHz, abrangendo assim toda a faixa de interesse. O equipamento possui duas portas do tipo N (fêmea), no qual foi possível acoplar as antenas propostas ao cabo flexível de 50Ω, com suas extremidades de

conectores tipo N (macho) na porta 1, como mostrado na Figura 8, obtendo-se, desse modo, os parâmetros desejados para análise, como coeficiente de reflexão em função da frequência e largura de banda.

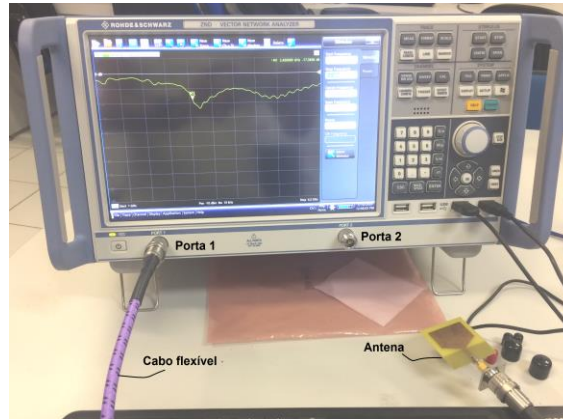


Figura 8. Configuração de medição no Vector Network Analyzer

A análise experimental, como mostra a Figura 8, possibilita observar se existe alteração na frequência de projeto na relação entre a perda de retorno baseado no coeficiente de reflexão (dB) e a frequência de ressonância (GHz) aos valores simulados de ambas as antenas propostas. Após o projeto, simulação, confecção e análise experimental dos dispositivos propostos, foi então realizada a análise experimental do dipolo comercial, com objetivo de obter seus parâmetros de radiação de coeficiente de reflexão em função da frequência e largura de banda e assim realizar a comparação de desempenho entre os três dispositivos. Na Figura 9 encontra-se uma imagem comparativa do comportamento experimental das antenas em estudo.

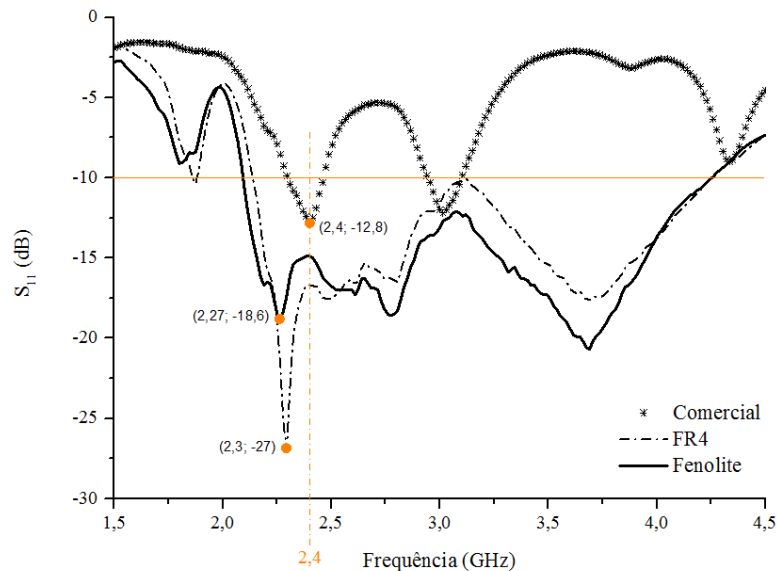


Figura 9. Comparação experimental para a relação Coeficiente de reflexão (dB) x Frequência (GHz)

A antena comercial possui dois modos ressonantes para a faixa configurada no equipamento: 1,5 GHz - 4,5 GHz, em que o primeiro modo ressoa na frequência central 2,4 GHz e apresenta largura de banda de 180 MHz e o segundo modo apresenta frequência ressonante central em 3 GHz com largura de banda 150 MHz para a aplicabilidade da banda do serviço WLAN. Observa-se também o comportamento similar das antenas propostas na faixa de frequência de projeto, tendo um deslocamento médio de -4,7% em relação ao dipolo, e de 1,3%, entre ambas devido ao material utilizado em seu substrato e seu comportamento eletromagnético, estabelecendo uma aplicabilidade em frequências de 2,1 GHz - 4,25 GHz, no qual inclui-se a comunicação sem fio WLAN. Na Tabela 2 são resumidos os resultados extraídos das simulações e experimentos realizados.

Tabela 2. Resumo dos resultados simulados e experimentais

Antena	Simulado			Experimental			Ganho Máximo Total (dB)
	Freq. (GHz)	S ₁₁ (dB)	BW (GHz)	Freq. (GHz)	S ₁₁ (dB)	BW (GHz)	
FR4-Epoxy	2,40	-34,0	2,36	2,40	-17,2	2,11	2,2
Fenolite	2,48	-37,7	2,38	2,40	-15,0	2,15	3,0
Dipolo Comercial	-	-	-	2,40	-12,8	0,18	2,0

Vale ressaltar que os resultados para ganho máximo total e diagramas de radiação para as antenas de microfita são apenas simulados, uma vez que não houve acesso à uma câmara anecóica para obtenção desses dados de forma experimental, além disso, não são informados dados simulados sobre o dipolo comercial pois só houve acesso ao dispositivo já fabricado, no qual os ganhos estão em relação a uma antena isotrópica. As antenas em microfita apresentaram uma largura de banda ultra larga, sendo cerca de 11 vezes maior que a dipolo comercial. Para a frequência de operação de 2,4 GHz as antenas propostas obtiveram menores coeficientes de reflexão, sendo em média 25,8% menor em comparação com a dipolo comercial. Além disso, os ganhos simulados para os dispositivos em microfita se sobressaíram com relação ao dipolo comercial.

4. Conclusão

Este artigo propôs uma comparação experimental de desempenho com relação ao coeficiente de reflexão em função da frequência de ressonância e largura de banda entre duas antenas em microfita e um dipolo comercial. As antenas em microfita obtiveram maior largura de banda e menores coeficientes de reflexão do que o dipolo comercial, quando comparados para a mesma frequência ressonante central (2,4 GHz). Com relação ganho máximo total (dB), obtido de forma simulada, os dispositivos propostos em microfita também apresentaram maiores valores quando comparados ao dipolo comercial. Todas as antenas envolvidas nesse trabalho, após os procedimentos em *software* e experimentais, demonstraram aplicabilidade ao serviço WLAN, demonstrando operabilidade na faixa de frequências de interesse (ISM 2,4 – 2,4835 GHz).

5. Agradecimentos

Os autores agradecem à CAPES, UFRSA, GEPEAT e à equipe do Laboratório de Telecomunicações e Micro-ondas da UFRSA. O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES) – Código de Financiamento 001.

Referências

- Arash, V., Pejman, R., Ali, A. O. (2015) “Design of reconfigurable active integrated microstrip antenna with switchable low-noise amplifier/power amplifier performances for wireless local area network and WiMAX applications”, Em: *IET Microwaves, Antennas & Propagation*, 2015, pp. 872-881, vol 09.
- IEEE Std. 802.11™. (2016) “IEEE Standard for Information technology—Telecommunications and information exchange between systems Local and metropolitan area networks—Specific requirements - Part 11: Wireless LAN Medium Access Control (MAC) and Physical Layer (PHY) Specifications”. Disponível em: <https://ieeexplore.ieee.org/document/7786995/references#references>. Acesso em: 09/02/2020
- Jari, M. H., Tapio, S., Jari, H., Ville, V. (2017) “Frequency reconfigurable multiband handset antenna based on a multichannel transceiver”, Em: *Antennas and Propagation IEEE Transactions on*, 2017, pp. 4452-4460, vol. 65, ISSN 0018-926X.
- LSR (2015). 2.4 GHz Dipole Antenna datasheet. Disponível em: <https://www.mouser.com/datasheet/2/223/330-0016-1021192.pdf>. Acesso em: 09/02/2020.
- Peyrot-Solis, M. A., Galvan-Tejada, G. M., Jardon-Aguilar, A. (2006) “A novel planar UWB monopole antenna formed on a printed circuit board,” Em: *Microwave And Optical Technology Letters*, vol. 48, pp. 933-935, 2006.
- Ran, X., Zhen, Y., Tangyao, X., Xiuxia, W., Huang, P. (2020) “A Novel Dual-Band Binary Branch Fractal Bionic Antenna for Mobile Terminals”, Em: *International Journal of Antennas and Propagation*, 2020. Disponível em: <http://downloads.hindawi.com/journals/ijap/2020/6109093.pdf>. Acesso em: 09/02/2020.
- Resolução nº 680. ANATEL. (2017) . Disponível em: <https://www.anatel.gov.br/legislacao/resolucoes/2017/936-resolucao-680>. Acesso em: 09/02/2020.