



USO DA MANUFATURA ADITIVA PARA PROTEÇÃO DE HARDWARE EM DISPOSITIVOS VESTÍVEIS PARA CÃES DE BUSCA E SALVAMENTO

Marcello Scarpel Contini
mscontini@gmail.com
UNIFESP

Leticia Veiga
leticia.veiga@fatec.sp.gov.br
FATEC

Lucas de Moraes Pinheiro
lucas.silva453@fatec.sp.gov.br
FATEC

Luís Eduardo G. Martins
legmartins@unifesp.br
UNIFESP

Resumo: Cães de busca e salvamento são constantemente utilizados na busca de pessoas perdidas ou vítimas de algum tipo de acidente. Terremotos provocam desmoronamentos e as vítimas acabam sendo soterradas ou ficam pressas em meio aos escombros em lugar de difícil acesso. Com o intuito de proteger esses cães foi desenvolvido um colete E-dog que possui um conjunto de hardwares que monitoram o estado físico do cão durante estas atividades. O ambiente em que o cachorro “trabalha” é agressivo e instável, é necessário que seja realizada a proteção adequada dos hardwares inseridos no colete para monitorar as variáveis deste ambiente. Analisando os materiais disponíveis no mercado, com relação ao custo e produção, percebeu-se que o mais adequado seria a utilização do material ABS impresso pelo processo de manufatura aditiva. Caixas específicas para cada componente foram desenhadas utilizando o software CATIA V5R20 e transferido para o software Repetier host da impressora 3D Sethi. O design de cada caixa foi concebido com o intuito de proteger, de manter os componentes organizados e com boa fixação. O durante o teste observou-se que as caixas ficaram fixas ao colete e desempenharam a função para qual foram concebidas: proteger e organizar os hardwares contidos no colete E-Dog.

Palavras Chave: cão - Busca&Salvamento - Manufatura Aditiva - Dispositivo Vestível -

1. INTRODUÇÃO

Muitos cachorros são treinados desde filhotes para que possam ser utilizados posteriormente em missões de busca e salvamento de pessoas. Com o auxílio de um treinador o cachorro irá aprender a obedecer a comandos. O treinador como já conhece o animal a algum tempo aprende a detectar sinais apresentados pelo cachorro como por exemplo o de fadiga. Quando o treinador não percebe esse sinal apresentado pelo cachorro, o desempenho do animal diminui devido ao cansaço e em alguns dos casos acaba levando o animal ao óbito.

Um desastre ambiental como um terremoto pode ocasionar dezenas de desmoronamentos da infraestrutura civil da cidade atingida. Em 2016, ocorreu um deslocamento tectônico, causando um terremoto de magnitude 7,8 ao longo da costa norte do Equador, localizada na América do Sul. Esse fenômeno natural causou danos estruturais em edifícios na região de Ibarra. Cães de busca treinados pertencentes ao corpo de bombeiros local foram amplamente utilizados para localizar vítimas nos escombros. O cão envolvido conseguiu localizar 7 vítimas entre os detritos antes de morrer devido ao grande esforço exercido durante a operação de busca, cujos sinais não foram percebidos em tempo hábil pelo treinador (WILLIAMSON et al., 2016).

Segundo Layton (2008) citado por Costa (2016), um cão de busca e salvamento pode realizar o trabalho de busca que 20 a 30 homens levariam para realizar

Como destacado sobre o atentado às torres gêmeas segundo Daily Mail (2020) citado por Costa, 2016) " mesmo que os cães não pudessem encontrar as pessoas ainda vivas, eles ainda assim podiam proporcionar conforto para os bravos bombeiros e para as equipes de regate dos serviços de emergência". Com isso pode se ver a importância de um cão de busca e salvamento tem, não apenas para a missão em si, mas para uma equipe todo.

Segundo Costa (2016) durante o processo de busca e salvamento os equipamentos utilizados pelos bombeiros conseguem captar e amplificar voz, gemido ou o som do coração de pessoas conscientes. Já os cães de busca e salvamento com o seu olfato apurado, pode encontrar vítimas com ou sem vida em ambientes de difícil acesso, como por exemplo, escombros, locais com pouca visibilidade, locais com ruídos e completamente escuros.

Neste contexto ressalta a importância dos desenvolvimentos de equipamentos para proteção do cão de busca e salvamento que proporcionem segurança e maior efetividade do trabalho para o cão durante uma operação de busca e resgate.

Para desenvolver um colete que atenda os quesitos de segurança individual para o cão e que proporcione informações rápidas sobre qual é a situação do ambiente onde ocorreu o desastre a equipe de resgate, se faz necessário o uso de tecnologias que quando interligadas proporcionam o desenvolvimento de um dispositivo vestível conhecido por Wearable Device.

O ambiente de desastre é sempre insalubre para a equipe de resgate e para o cão, pois neste podem conter a liberação de gases tóxicos e inflamáveis provenientes das instalações da linha de gás do prédio, aumento de temperatura, a vítima localizada pode estar em ambiente escuro e de difícil acesso.

De acordo com Contini (2019), para que o Wearable Device seja eficaz em uma situação como essa, é necessário o uso de sensores que analisem a situação de risco na qual o cão está submetido e também monitore a sua saúde naquele contexto. Para o monitoramento da saúde do cão deve ser utilizado para monitoramento de batimento

cardíaco e de temperatura e, para análise do ambiente, sensores de gás, temperatura, GPS (Global Positioning System) para localização, um sistema de comunicação (câmera com microfone acoplado) para envio de comandos para o cão e observação da situação do ambiente em que o cão e vítima se encontram.

Para integrar todos os sensores se faz necessário o uso de um “gerenciador de dados” recebidos e enviados pelos sensores e sistemas de comunicação e localização (CONTINI, 2019). Neste caso foi utilizada uma plataforma de desenvolvimento microprocessada de baixo custo e de pequeno tamanho desenvolvido no Reino Unido pela fundação Raspberry Pi. Para utilizá-lo como um computador, basta conectá-lo a um monitor, mouse e teclado. O objetivo desse computador é oferecer uma alternativa barata e prática para pessoas de várias idades explorarem todas as capacidades da computação, mas não só isso, facilitar o aprendizado em linguagem de programação como o Python (CIRIACO, 2015).

Para evitar essa perda pode ser utilizada a tecnologia como uma aliada para monitorar os cães durante suas missões como, por exemplo, equipamento de eletrocardiograma (ECG) e termômetros para avaliar as condições físicas do animal. Para melhorar o desempenho das buscas e salvamentos podem ser implementados nos coletes sistema de localização e comunicação de longo alcance, para que seja realizada a troca de informações entre animal e treinador, aumentando assim a área de busca Contini (2019).

O objetivo deste projeto é fazer a integração do hardware desenvolvido por Contini (2019) com colete tático que o animal usará e que permitirá a realização do monitoramento do estado físico do animal levando em consideração a distribuição do equipamento no colete para que esse equipamento seja aproveitado ao máximo sem atrapalhar o desempenho do animal. Para garantir a segurança dos dispositivos e a confiabilidade dos resultados é necessário que estes equipamentos sejam protegidos. O colete do cão existentes no mercado possui bolsos autorremovíveis, mas isto poderia ser danoso ao equipamento caso o cão enroscasse em alguma sobressalência no local do acidente. Para este propósito foi sugerida a confecção de dispositivos pelo método de manufatura aditiva utilizando impressora 3D escolhendo um material que tivesse resistência ao impacto e ao calor e que pudessem ser anexados ao colete de forma resistente.

2. METODOLOGIA

Nesta seção é feita uma descrição das tecnologias aplicadas na confecção do protótipo.

2.1. REQUISITOS DO PROJETO

A confecção de uma veste apropriada para um cão que irá trabalhar em operações de busca e salvamento deve atender a certos requisitos, listados a seguir:

- a) O colete não deve perturbar os movimentos do animal durante as operações de busca e salvamento;
- b) O colete deve apoiar a parte eletrônica com segurança e com o peso distribuído, de modo a não prejudicar o desempenho do animal;
- c) O peso total do colete e equipamentos não devem ser pesados a ponto de prejudicar o desempenho do cão;
- c) O colete deve apresentar um grau de proteção ao cão para sua operação em um ambiente hostil.

A utilização de um colete tático comercial permite atender aos requisitos de conforto, ao se ajustarem bem ao animal. Esses coletes também são feitos com material resistente e leve. Esses coletes também possuem bolsos e sistemas de fixação que permitem acomodar a parte eletrônica do projeto, que por sua vez foi acondicionada em caixas especialmente confeccionadas.

Dentre os materiais disponíveis no mercado que pudessem atender a confecção das caixas, quanto aos requisitos de leveza, resistência mecânica e resistência química, dois materiais foram escolhidos: um material largamente utilizado na Manufatura Aditiva e um material convencional de baixa massa específica: filamentos para impressão 3D e barras de Alumínio (Ligas 6351-T6), respectivamente.

O peso total do equipamento não pode ultrapassar o correspondente a 10% do peso do animal (Bozkurt, 2014), o que significa que o limite de peso para o protótipo é de 2,2 kg, considerando o peso do cão como sendo 22 kg.

Com estas informações foram realizadas pesquisas de mercado com relação às propriedades dos materiais escolhidos, custo do material e processo de fabricação para que fosse selecionado o material que melhor atendesse os requisitos de projeto: resistência mecânica, química e baixo preço.

2.2. DESIGN DAS CAIXAS PROTETORAS E MANUFATURA ADITIVA

Os componentes, como o Raspberry Pi mostrado na Figura 1, foram medidos para que o design das caixas protetoras fossem elaboradas no tamanho adequado para cada componente utilizado na produção do Wearable Device E-Dog.

Os componentes, como o Raspberry Pi mostrado na Figura 1, foram medidos para que o design das caixas protetoras fossem elaboradas no tamanho adequado para cada componente utilizado na produção do Wearable Device E-Dog.

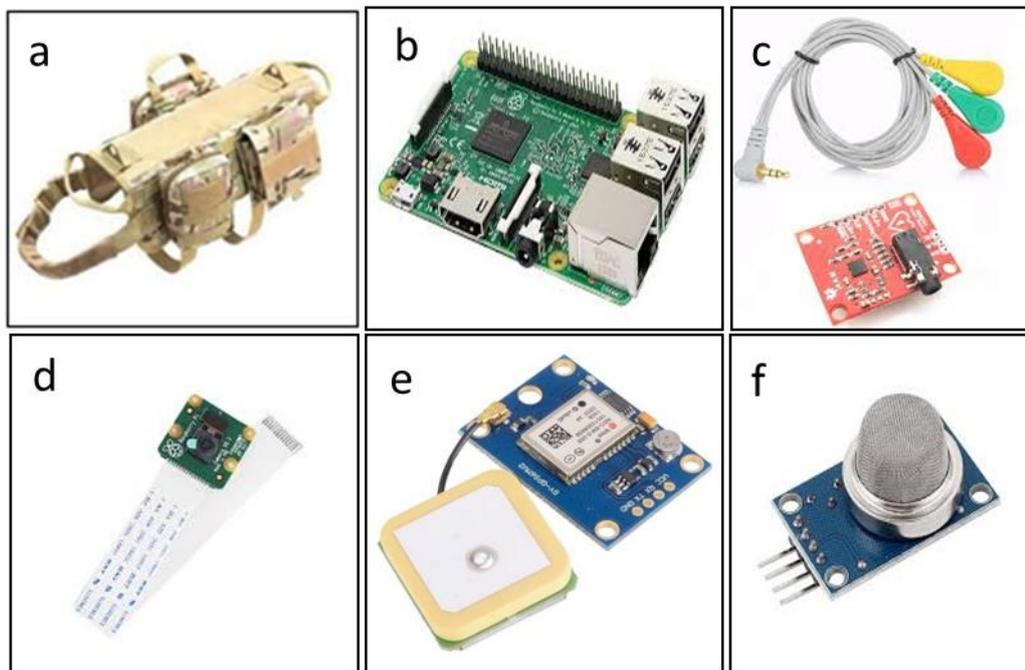


Figura 1. a) Colete Tático Comercial b) *Raspberry Pi*, c) ECG d) Câmera *Raspberry pi*, e) GPS e f) Sensor de gás

Fonte: a-c-df) Amazon, b-e) Contini (2019)

Após as medições, o projeto 3D e desenhos técnicos das caixas protetoras dos componentes foram desenvolvidos utilizando o *software* CATIA V5R20. Os modelos desenvolvidos foram transferidos para o *software* Repetier host para que pudesse ser realizado a impressão 3D. Este software é utilizado para transformar o desenho produzido no *software* Catia em algoritmos de posição para que estes sejam enviados a impressora e sejam utilizados durante o processo manufatura. As caixas foram impressas no equipamento *Sethi 3D AIP A3* que não possui aquecimento na mesa impressora, pertencente a Faculdade de Tecnologia Prof. Jessen Vidal. O ajuste para preenchimento de impressão (*infill*) foi de 40% para as caixas dos sensores e de 90% para a caixa principal que continha o *Raspberry pi*.

3. RESULTADOS E DESCRIÇÕES

Nesta seção é apresentado o design final das caixas de proteção e o processo definido para sua confecção.

3.1. DESIGN DAS CAIXAS PROTETORAS E MANUFATURA ADITIVA

Durante a confecção do *Wearable device E-dog* observou-se a necessidade da criação de dispositivos dedicados que protegessem de maneira efetiva os hardwares que seriam conectados para compor o *Wearable device E-dog*.

O colete do cão existentes no mercado possui bolsos autorremovíveis e isto pode causar um acidente com o cão, pois o equipamento poderia enroscar em alguma sobressalência no local do acidente e colocar o cão em perigo (Figura 1.a).

Os produtos disponíveis no mercado, tais como caixas plásticas, não são adequadas e não se ajustam ao colete adequadamente para que os hardwares de medição do estado físico do cão fiquem na posição correta. Além do mais estas caixas plásticas (indicadas na Figura 1.b), não possuem resistência mecânica e química adequadas para que sejam utilizadas em ambientes instáveis e inseguros.

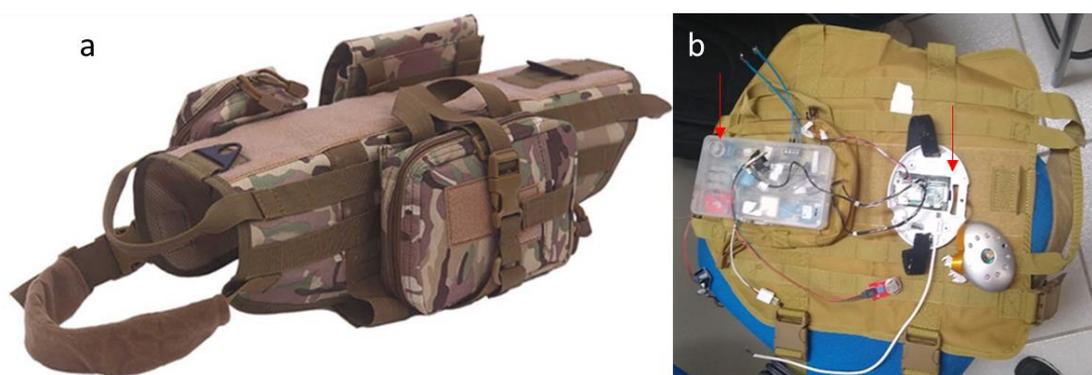


Figura 1: Colete do cão equipado com caixas plásticas disponíveis no mercado.

Fonte: a) Amazon (2020) e b) Autores (2020)

3.2. SELEÇÃO DOS MATERIAIS

Dentre os filamentos para a impressão 3D disponíveis no mercado, os filamentos que possuem melhores características para ser utilizado neste projeto são ABS e PETG. O filamento de ABS possui baixo custo de compra, possui massa específica de $1,04\text{g/cm}^3$, possui boa resistência ao impacto (240J/m), resistência a corrosão, resistência a temperatura até 80°C , isolante elétrico e permeável a radiofrequência Apesar do PETG

(Polietileno tereftalato de glicol) ser isolante térmico e possuir boa resistência a corrosão, ele é um filamento mais caro do que o ABS e possui menor resistência ao impacto (101J/m).

O material convencional analisado, Alumínio, possui massa específica de $2,70\text{g/cm}^3$, possui resistência a corrosão (anodizadas), resistência mecânica, resistência a temperatura até 400°C , condutor elétrico e funciona como blindagem a sinais de radiofrequência.

Então a escolha mais assertiva para este projeto é o filamento de ABS. A Tabela 1 apresenta a pesquisa de mercado realizada para comparar os materiais convencionais com o material utilizado na manufatura aditiva por impressão 3D.

Tabela 1: Comparação entre os materiais disponíveis no mercado e custos de produção.

	Valor do material	Fornecedor	Quantidade de produtos	Custo do processo de fabricação
Filamento de ABS (1kg)	R\$54,90 - 70,00	F3DB (2020)	4 caixas usando somente 250g	R\$ 6,00-15,00 dependendo da complexidade da peça
Filamento de PETG (1kg)	R\$89,90	F3DB (2020)	4 caixas usando somente 250g	R\$ 6,00-15,00 dependendo da complexidade da peça
Alumínio Liga 6351-T6. Quadrado de Alumínio 2.1/2" (63,5mmx180 mm)	R\$109,00	Incometal (2020)	3 caixas	R\$150-300 a hora dependendo da complexidade da peça

Fonte: Autores (2020)

O custo total das caixas foi de R\$ 80,00 reais considerando o filamento e o preço de 10 reais por caixa.

3.3. PROCESSO DE MANUFATURA ADITIVA

As primeiras caixas a serem impressas foram a do módulo ECG (Eletrocardiograma) junto com a do sensor de gás, mostrados na Figura 2.a. Este processo teve uma duração de aproximadamente quatro horas para que a impressão fosse concluída. O produto “caixa suporte *Raspberry Pi* e câmera” mostrado na Figura 2.b, foi impressa separadamente dos outros. O processo de impressão teve a duração de aproximadamente cerca duas horas. Nota-se que as caixas possuem elemento de fixação tipo alças (indicadas por setas vermelhas na Figura 2) para que estas sejam presas ao colete por velcros, pois elas precisam ser adaptadas ao corpo do cão que irá vesti-lo.

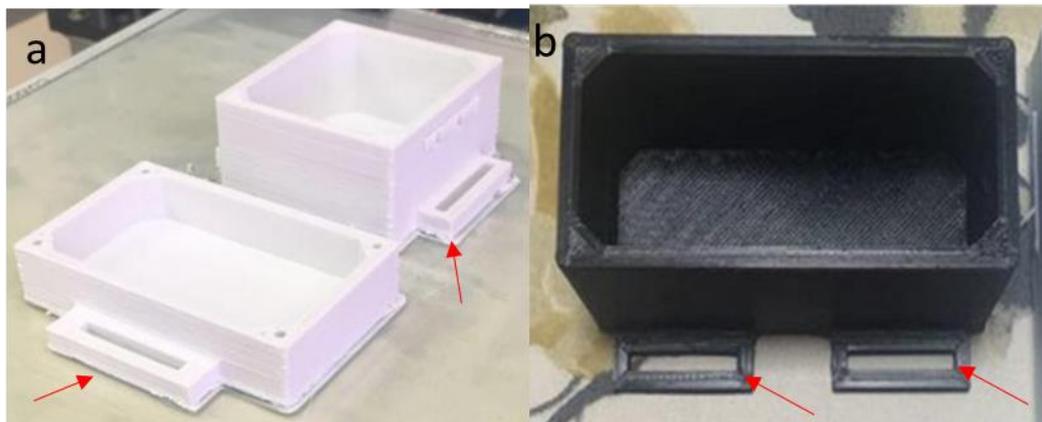


Figura 2. Resultado impressão caixa a) Módulo ECG e sensor de gás e b) Raspberry Pi e câmera

Fonte: Autores (2020)

Para que se reduzisse a quantidade de caixas utilizadas para compor o *Wearable Device E-dog*, alguns componentes foram colocados em uma mesma caixa. A caixa principal era a caixa que conteria os seguintes componentes: Módulo GPS, conversor analógico/digital e Driver de acionamento. Devido à dimensão do produto “caixa principal”, mostrada na Figura 3, não foi possível imprimi-la juntamente com outros produtos. O processo de impressão teve a duração de aproximadamente cerca de três horas mesmo com uma programação para um preenchimento de 90%, pois ali foram colocados o hardware essencial para o funcionamento de todo o conjunto, o *Raspberry py*. Devido as dimensões do produto a “tampa” para esta caixa foi impressa separadamente. Este processo de impressão teve a duração de uma hora e meia com uma programação para um preenchimento de 40%. Esta caixa não possui alças como elemento de fixação, pois esta foi colada dentro de um dos bolsos do colete (indicados pelas setas vermelhas na Figura 4) que também são impermeáveis para garantir a segurança contra a umidade.



Figura 3. Resultado impressão caixa principal onde o conversor Analógico/Digital, Módulo GPS e Driver de Acionamento seriam conectados.

Fonte: Autores (2020)

Durante a montagem foi necessário realizar alguns processos de usinagem para retirada de rebarbas ou criação de furos, pois testes preliminares demonstraram que os furos muito pequenos o processo de impressão não atenderiam as dimensões adequadas.

A Figura 4.a apresenta as caixas foram posicionadas no colete e a Figura 4.b apresenta o *Wearable Device E-dog* totalmente montado e conectado ao corpo do cão **Nega**. Observa-se que as caixas do sensor de gás (lado esquerdo) e do módulo ECG (do lado direito do cão) foram colocados nessas posições para melhor distribuição de peso e acesso ao cabeamento que os conecta ao raspberry Pi, sendo a posição mais adequada ao corpo do cão.



Figura 4. a) Montagem dos componentes nas caixas de proteção e b) Colete E-dog final.

Fonte: Autores (2020)

Foi alcançado um peso total de 2 kg do protótipo, portanto abaixo o peso definido pelo requisito inicial de 2,2 kg.

5. CONCLUSÃO

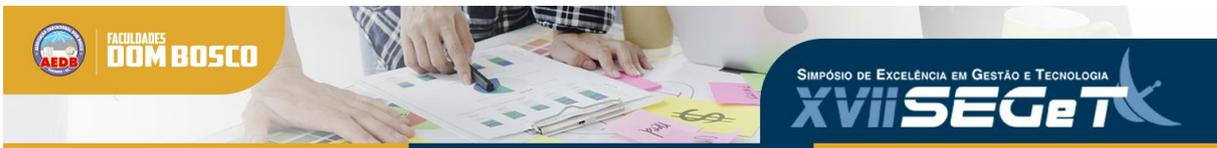
Com o avanço da tecnologia e a popularização das impressoras 3D vem se tornando maior a sua utilização em desenvolvimento de projetos. A manufatura aditiva é possível desenvolver protótipos, onde possíveis erros podem ser detectados antes do produto final.

Com o auxílio das impressoras 3D pode ser impresso o protótipo para demonstração para possíveis clientes, onde as alterações sugeridas podem ser feitas rapidamente e o protótipo ser reimpresso tornando esse processo mais dinâmico. Como os métodos convencionais como a usinagem, são necessário equipamentos com um alto custo, além de ser possível encontrar erros durante os testes, resultando em retrabalho, onde será necessário a utilização de material que tem um custo elevado e tempo se comparados com o material utilizado nas impressoras 3D.

A utilização da manufatura aditiva portanto resultou na viabilização deste projeto em termos de prazo e custos, permitindo uma otimização de dimensões e pesos dos diversos componentes do colete, o que é um fator crítico no projeto de dispositivos vestíveis.

5. AGRADECIMENTOS

Agradecemos ao aluno da FATEC-SJC Raphael Barbosa por ter emprestado a cadela **Nega** para os testes em campo, ao Prof. Dr. Alfred Makoto Kabayama pelo auxílio no processo de Manufatura Aditiva e ao Auxiliar Docente Eng. Régis Guimarães Silva. Este



trabalho foi autorizado seguindo a Comissão de Ética do uso de Animais da UNIFESP (CEUA N°1355080219).

6. REFERÊNCIAS

AMAZON. OneTigris Tactical Dog Molle Vest Harness Training Dog Vest with Detachable Pouches. Disponível em: <https://www.amazon.com/OneTigris-Tactical-Harness-Training-Detachable/dp/B00SSGUIY6> Acesso em: 26/02/2020.

CIRIACO. D. **O que é Raspberry Pi?** Disponível em: <https://canaltech.com.br/hardware/o-que-e-raspberry-pi/#:~:text=Raspberry%20Pi%20%C3%A9%20um%20computador.monitor%20ou%20a%20uma%20televis%C3%A3o>. Acesso em: 04/07/2020

CONTINI. M. S. Sistema de monitoramento e Suporte Eletrônico para Cães em Operações de Salvamento. 2019. 111f. Tese (Mestrado profissional em inovação tecnológica) – Universidade federal de São Paulo.

COSTA. J. R. M. Utilização de cães como ferramenta alternativa para auxiliar nas buscas de cadáver em operações subaquáticas no estado de mato grosso. vol. 16, n. 2, p.160-183, jan/jun. 2016. Acesso em: 29/06/2010

DAILY MAIL. **The 9/11 rescue dogs: Portraits of the last surviving animals who scoured Ground Zero one decade on.** Disponível em: <http://www.dailymail.co.uk/news/article-2033628/Surviving-9-11-rescue-dogs-scoured-Ground-Zero-bodies-commemorated-decade-difficult-mission.html>. Acesso em: 29/06/2020.

F3DB. Filamentos 3d Brasil. Disponível em: <https://www.filamentos3dbrasil.com.br> Acesso em: 20/06/2020

A. BOZKURT, D. L. ROBERTS, B. L. SHERMAN, R. BRUGAROLAS, and S. MEALIN, “Toward Cyber-Enhanced Working Dogs for Search and Rescue,” *IEEE Intelegent Syst.*, 2014.

INCOMETAL. Produtos de Alumínio. Disponível em: <https://www.incometal.com.br/> Acesso em: 20/06/2020

LAYTON, J. **Como funcionam os cães de busca e resgate.** 2008. Disponível em: <http://pessoas.hsw.uol.com.br/caes-de-resgate.htm> > Acesso em: 29/06/2010

WILLIAMSON J. R., HESS A. R., SMALT C. J., SHERRILL D. M., QUATIERI T. F., AND O'BRIEN C., “Using collar-worn sensors to forecast thermal strain in military working dogs,” BSN 2016 - 13th Annu. **Body Sens. Networks Conf.**, pp. 281–286, 2016.