

MESTRADO INTEGRADO EM MEDICINA VETERINÁRIA

Modelos educativos e novas técnicas de inovação pedagógica: modelo de simulação *low-cost* de punção com agulha fina ecoguiada em animais de companhia

Bárbara Simões Estrela

MIMV 2025



Mestrado Integrado em Medicina Veterinária
Instituto de Ciências Biomédicas de Abel Salazar
Universidade do Porto

Bárbara Simões Estrela

Modelos educativos e novas técnicas de inovação pedagógica: modelo de simulação *low-cost* de punção com agulha fina ecoguiada em animais de companhia

Área científica: Medicina e/ou cirurgia de animais de companhia

Orientador: Prof. Doutor Ricardo Jorge Pereira Córdova Marcos

Coorientador: Doutor André Gomes Pereira

Porto, 2025

RESUMO

O presente relatório de estágio foi redigido no âmbito da Unidade Curricular “Estágio” do 6.º ano do Mestrado Integrado em Medicina Veterinária do Instituto de Ciências Biomédicas Abel Salazar, da Universidade do Porto. Neste trabalho está descrito o trabalho de investigação levado a cabo durante os últimos 16 meses, a fim de desenvolver um modelo de simulação “*low-cost*” para ser usado por estudantes como complemento à aquisição de competências práticas de ecografia e a capacidade de realizar corretamente uma punção ecoguiada, tendo aplicabilidade nas áreas de Medicina e Cirurgia de Animais de Companhia. O meu estágio curricular foi realizado no AniCura Centro Hospitalar Veterinário do Porto (CHV) e teve a duração de 16 semanas. O estágio consistiu em 40 horas semanais, 8 horas diárias, incluindo fins de semana e noites, distribuídas por rotações diárias pelos vários departamentos do Hospital, tendo contactado com diversas especialidades.

Ao longo deste período foi-me permitido assistir e realizar consultas, tanto de urgência como de especialidade, discutir casos clínicos com profissionais experientes, assistir e participar em cirurgias, auxiliar na realização de exames complementares de diagnóstico, laboratoriais e imagiológicos, assim como muitos outros procedimentos clínicos. Este estágio teve um grande impacto no meu percurso, não só porque me permitiu consolidar os conhecimentos teóricos adquiridos, mas também pela experiência prática que me proporcionou, num Hospital de referência.

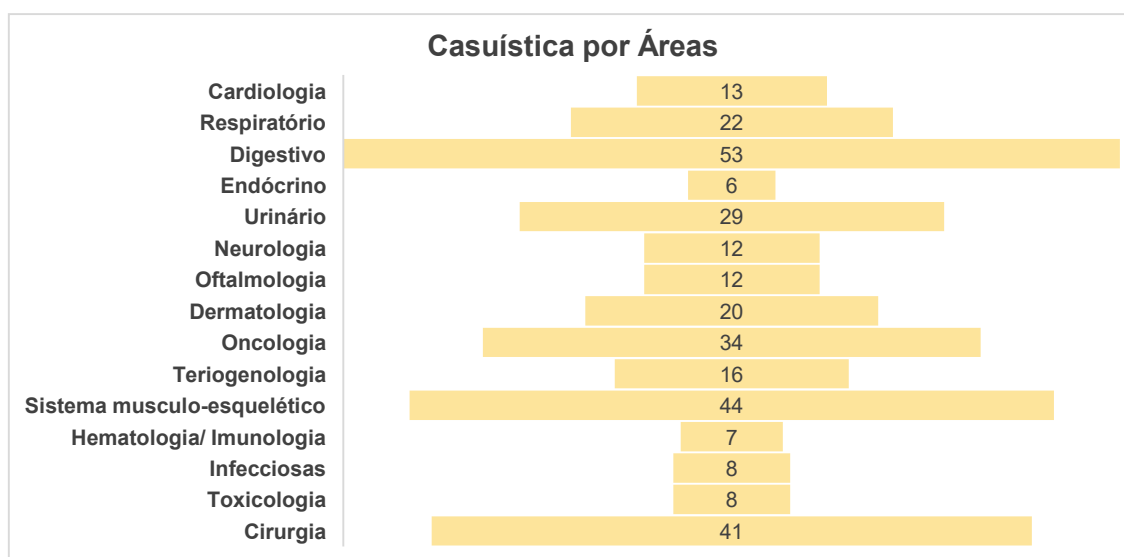
Tive também a oportunidade de assistir a ações de formação levadas a cabo pelo corpo clínico do Hospital bem como fui autora de apresentações subordinadas a temas clínicos. Paralelamente, participei ainda num congresso de simulação organizado pela Sociedade Portuguesa de Simulação Aplicada às Ciências da Saúde (SPSim), realizando o *workshop*: “*Aprendendo amniocentese e procedimentos invasivos guiados por ultrassom por meio de simulação*” e em diversos seminários online sobre ecografia abdominal, aprovados pela *Registry of Approved Continuing Education (RACE)*.

PALAVRAS-CHAVE: Simulador de baixo custo; modelo à base de gelatina; ecografia; punção ecoguiada; *Escape Room*

CASUÍSTICA E ATIVIDADES REALIZADAS

Durante as 16 semanas que compõem o estágio curricular contactei com 284 casos de Medicina (87,4%) e 41 intervenções cirúrgicas (12,6%), perfazendo um total de 325 casos clínicos. O meu período de estágio esteve organizado segundo um sistema de rotação diária, distribuído pelos seguintes serviços: Internamento, Imagiologia, Cirurgia e Consultas, tendo contactado com diversas especialidades (Cardiologia, Medicina Interna, Neurologia, Oncologia, Oftalmologia, Dermatologia e Emergência e Cuidados Intensivos).

O número de casos clínicos referente a cada Especialidade que pude acompanhar ao longo deste período encontra-se detalhado abaixo:



Relativamente à prática cirúrgica, pude participar num total de 41 intervenções cirúrgicas, 9 ortopédicas e 32 de tecidos moles, que se encontram sumarizadas na seguinte tabela:

Casos Cirurgia	Frequência	Percentagem
Amputação MAE	1	2,44%
Cesariana	1	2,44%
Cistotomia	1	2,44%
Correção de otohematoma	1	2,44%
Correção de Síndrome Braquicefálica (BOAS)	2	4,88%
Enterotomia (CE)	2	4,88%
Esplenectomia	2	4,88%
Extração dentária e destartarização	5	12,20%
Gastropexia preventiva	1	2,44%
Gastrotomia (CE)	2	4,88%
Herniorrafia inguinal	1	2,44%
Mandibulectomia	2	4,88%
Mastectomia parcial	2	4,88%
Nodulectomia	5	12,20%
Orquiectomia	1	2,44%
Osteotomia de Nivelamento da Meseta Tibial (TPLO)	3	7,32%
Ovariohisterectomia	5	12,20%
Queratotomia com desbridamento	1	2,44%
Tripla Osteotomia Pélvica (TPO)	1	2,44%
Ventral slot cervical	2	4,88%

AGRADECIMENTOS

É costume dizer que se guardam as pedras do caminho para um dia construir um castelo. Pois eu prefiro levar comigo quem me ajudou a carregá-las – e é a essas pessoas que aqui agradeço.

À minha família, pelo amor incondicional e por sempre me incentivarem a alcançar os meus objetivos. Em particular, aos meus pais e à minha irmã, pela paciência, pelo apoio constante e por serem o meu alicerce. Ao meu avô, que me ensinou que a vida sabe melhor com um sorriso na cara. E à Brownie, por me lembrar que só nós podemos decidir os limites do que somos capazes.

Aos meus amigos, em especial ao Chá das Cinco, pelos encontros na adega que precisam de ser marcados no calendário, pelas piadas sem jeito nas aulas, por serem as minhas galochas amarelas e por me aturarem mais horas do que devia ser permitido. São a minha segunda casa, o grupo mais bonito e diverso que podia ter. À Carol, por me inspirar a ser a versão melhor de mim. À Sarita, que é sempre aquele abraço certo e o poço dos meus desabafos. À Alcobia, com quem iria até ao fim do mundo. À Dani e à Sara, por me provarem que, mesmo quando achamos que já aprendemos tudo, ainda há espaço para rir, confiar e sentir-se em casa com gente nova – e que a vida é bem mais bonita a cores.

Agradeço às Biomédicas, em todas as suas formas e feitios, por me acolherem e mostrarem o que existe para além destas paredes. À Familyee, em especial à Patrícia, Maggie, Xana e David, por serem exatamente quem eu precisava, mesmo sem saber. Aos meus queridos mentorados e afilhados, por crescerem comigo. E um beijinho especial à Manela, que sabe bem quanta falta faz uma mãe por perto, e à Joana, por me relembrar a importância de viver o presente e que há espaço para muito mais do que o preto e branco.

Por fim, mas não menos importante, gostava de agradecer ao CHV que me fez sentir em casa (o difícil era tirar-me de lá), por todos os ensinamentos e pelo exemplo profissional. Ao Dr. Hugo Gregório, por colocar sempre um sorriso em toda a equipa, e ao meu Coorientador, Dr. André Pereira, pela sua disponibilidade e partilha de conhecimentos. Um obrigada especial também aos enfermeiros, que muitas horas passaram connosco e tanta paciência tiveram, sem eles não teria sido tão feliz. À Francisca, minha companheira de luta, por dividires o peso do cansaço e multiplicares as pequenas alegrias. Levo comigo tudo o que nos fez crescer juntas.

Por último, ao meu orientador, Prof. Doutor Ricardo Marcos, por embarcarmos neste projeto de culinária juntos, pelas palavras certas e por festejar comigo cada conquista. Obrigada.

"In every job that must be done, there is an element of fun."

Mary Poppins

ÍNDICE GERAL

Resumo	iii
Casuística e atividades realizadas.....	iv
Agradecimentos.....	v
Índice geral	vi
Índice de Figuras.....	vii
Índice de Tabelas	viii
Lista de Abreviaturas	ix
1. Introdução	1
2. Materiais e Métodos	4
2.1. Ecógrafo portátil.....	4
2.2. Desenvolvimento do modelo de simulação <i>low-cost</i>	5
2.2.1 Escolha do material	5
2.2.2 Formulação da gelatina	8
2.2.3 Construção do modelo de simulação	11
3. Resultados	15
3.1. Validação qualitativa do modelo.....	15
3.1.1 Validação por Médicos Veterinários (<i>experts</i>).....	17
3.1.2 Avaliação por Estudantes.....	18
4. Custos	22
5. Conclusão	22
6. Perspetivas futuras	24
Referências bibliográficas	27
Anexos	31

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Testes iniciais com silicone <i>Smooth-On Dragon Skin™</i> . À esquerda, é visível o ar a ser extraído de um modelo (*) com recurso a um exsicador (seta) acoplado a uma bomba; à direita, é possível ver a comparação entre o padrão ecográfico do modelo a que foi retirado o ar residual (a) <i>versus</i> um modelo que não foi sujeito ao exsicador (b).	6
Figura 2. Material necessário para o fabrico do modelo de gelatina (a) e respetiva imagem ecográfica (quadrado), onde é visível uma estrutura quística (*; bala de <i>paintball</i>)(b). Crescimento de fungos após 1 mês da sua confeção (c).	6
Figura 3. Modelo de gelatina com <i>psyllium</i> (a) e a sua respetiva imagem ecográfica (b), onde é visível o seu <i>aspeto estriado</i> (seta). c) É possível comparar com a imagem ecográfica obtida de um fígado (L) e uma vesícula biliar (GB) normais (retirada de Penninck and d'Anjou (2015), p.184).	10
Figura 4. a) Comparação entre a ecotextura de fígado, com recurso a <i>psyllium</i> (esquerda), e a ecotextura de baço, com recurso a amido de milho (direita). b) É possível comparar com as ecotexturas e ecogenicidades relativas de um fígado (L) e baço (S) normais de cão (retirada de Penninck and d'Anjou (2015), p.187).	11
Figura 5. Desenho das estruturas anatómicas presentes no modelo e posterior maquete em tamanho real.....	12
Figura 6. Avaliação do fluxo no tubo de látex que simula a veia cava caudal com Doppler de cor.....	12
Figura 7. Etapas de construção. a) Moldes usados na construção do modelo de fígado (rosa) e de baço (cinza-escuro); b) Molde de fígado posicionado na caixa; c) Desenformar do modelo de fígado, onde é visível a maleabilidade da E.V.A. e o agente selante nas juntas do molde; d) Aspeto final do simulador completo.....	14
Figura 8. Modelo final e o seu aspeto sem película (esquerda) e com película (direita). Na imagem da direita é possível ver a imagem obtida através da ecografia realizada por estudantes durante o “ <i>Escape Room</i> ”	15
Figura 9. Esquema da organização do estudo.....	17
Figura 10. Avaliação do nível de conforto dos estudantes em realizar uma PAF ecoguiada num animal vivo.	19
Figura 11. Atividades desenvolvidas pelos estudantes durante o “ <i>Escape Room</i> ”: exame ecográfico (a) e punção ecoguiada (b). c) Imagem ecográfica da punção ecoguiada feita num dos alvos preenchidos por líquido.	20

ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 1. Alguns comentários dos Médicos Veterinários ao modelo de simulação contidos no inquérito Pós-Simulação.	17
Tabela 2. Alguns comentários dos estudantes ao modelo de simulação contidos no inquérito Pós-Simulação.	20
Tabela 3. Custos de cada componente do modelo de simulação e custo total.	22
Tabela 4. Custos de outros materiais alternativos usados na construção do modelo de simulação....	22

LISTA DE ABREVIATURAS

€	Euro	mm/mm	Milímetro por milímetro
©	<i>Copyright</i>	MPa	Megapascal
®	Marca registada	Na⁺	Sódio
aW	Atividade da Água	°C	Graus Celsius
BOAS	<i>Brachycephalic Obstructive Airway Syndrome</i>	OSCE	<i>Objective Structured Clinical Examination</i>
CE	Corpo estranho	Pa·s	Pascal-segundo
CHV	AniCura Centro Hospitalar Veterinário do Porto	PAF	Punção com agulha fina
Cl⁻	Cloro	POCUS	<i>Point-Of-Care Ultrasound</i>
cm	Centímetros	RACE	<i>Registry of Approved Continuing Education</i>
Corp.	<i>Corporation</i>	Shore A	Escala de dureza para elastómeros
E.V.A.	Etileno Vinil Acetato	SPSim	Sociedade Portuguesa de Simulação Aplicada às Ciências da Saúde
G	Força G	TGC	<i>time-gain-compensation</i>
g	Grama	TPLO	<i>Tibial Plateau Leveling Osteotomy</i>
ICBAS-UP	Instituto de Ciências Biomédicas Abel Salazar da Universidade do Porto	TPO	<i>Triple Pelvic Osteotomy</i>
Inc.	<i>Incorporated</i>	™	<i>Trademark</i>
Kg	Quilograma	UC	Unidade Curricular
Kg/m³	Quilograma por metro cúbico	UK	<i>United Kingdom</i>
kN/m	Quilonewton por metro	un	Unidade
kPa	Quilopascal	UoC	<i>Ultrasound-on-Chip</i>
Ltd.	<i>Limited</i>	UPVet	Hospital Veterinário da Universidade do Porto
m	Metros	US\$	Dólar americano
m³/Kg	Metro cúbico por quilograma	USA	<i>United States of America</i>
MAE	Membro anterior esquerdo	WOAH	<i>World Organization for Animal Health</i>
MHz	Megahertz		
mL	Mililitros		

1. INTRODUÇÃO

A ecografia é uma modalidade imagiológica amplamente difundida em Medicina Veterinária, reconhecida pela sua capacidade de oferecer avaliações diagnósticas rápidas, acessíveis e minimamente invasivas. Quando associada à punção com agulha fina (PAF; aspirativa ou não aspirativa), permite a caracterização citológica de lesões em pequenos animais com elevada sensibilidade e especificidade. Este procedimento revela-se fundamental na distinção entre processos inflamatórios, infecciosos e neoplásicos, contribuindo de forma decisiva para o planeamento terapêutico e prognóstico de situações clínicas, mantendo um perfil de baixo custo e invasão, quando comparado com as biópsias tradicionais. (Alencar et al., 2023)

Todavia, a precisão deste exame é intrinsecamente dependente da destreza do operador: exige não só o reconhecimento ecográfico das estruturas anatómicas, mas também a coordenação entre a sonda e a agulha durante a punção (frequentemente designada “triangulação”). Neste sentido, a formação prévia de estudantes de Medicina Veterinária em ambiente simulado revela-se imperativa para mitigar riscos, reduzir falhas técnicas e garantir padrões éticos no emprego de animais vivos. (Osmer, 2008)

O domínio dos princípios físicos da ecografia, bem como dos seus artefactos mais comuns, é essencial para garantir a qualidade da imagem e a interpretação correta dos achados ecográficos. A ecografia baseia-se na emissão de ondas sonoras de alta frequência (3–12 MHz) geradas por cristais piezoelétricos que geram ondas de curta duração. Essas ondas atravessam os tecidos, sofrendo interações de reflexão, refração, absorção e dispersão, e retornam ao transdutor sob a forma de ecos. A diferença de tempo e intensidade entre emissão e receção dos ecos permite, através de cálculos de impedância acústica (produto da velocidade do som no tecido pela sua densidade), construir uma imagem em tons de cinzento em que as variações de ecogenicidade (hipo, iso ou hiperecogénicas) e ecotextura evidenciam a anatomia e possíveis alterações morfológicas.

No Doppler de cor, o efeito Doppler traduz as variações de frequência dos ecos provocadas pelo movimento de partículas sanguíneas em velocidade e direção relativamente ao transdutor. Um mapa cromático (habitualmente vermelho e azul) sobrepõe-se à imagem, facultando avaliação rápida da presença, sentido e velocidade do fluxo e permitindo estimar perfusão e hemodinâmica vascular.

O controlo dos parâmetros de aquisição de imagem – nomeadamente seleção de frequência do transdutor, potência de emissão, ganho global e compensação temporal de ganho (“*time-gain-compensation*”, TGC) – é determinante para otimizar a qualidade da imagem. A frequência define a resolução versus penetração: frequências mais altas proporcionam maior detalhe, mas menor profundidade. A potência (output) regula a intensidade do pulso emitido, e o ganho global ajusta a sensibilidade na receção dos ecos. A TGC corrige a atenuação do feixe ao longo da profundidade do tecido, adicionando gradualmente ganho eletrónico a ecos provenientes de regiões mais profundas.

Cada controlo de TGC corresponde a um segmento de profundidade: ao elevar o seu valor, compensam-se perdas de intensidade em camadas distais, resultando num campo homogéneo em que tecidos similares exibem ecogenicidade comparável, independente da sua profundidade. (Carrig & Pyle, 2001; Penninck & d'Anjou, 2015)

Os principais artefactos que podem interferir na interpretação incluem:

- Reverberação: gera múltiplas linhas paralelas e equidistantes, produzidas pelas reflexões sucessivas do feixe entre uma interface altamente refletiva (como gás) e a superfície do transdutor.
- Artefacto em espelho: traduz-se pela duplicação de estruturas reais atrás de interfaces curvas e altamente refletivas, tipicamente o diafragma, criando uma imagem invertida. Os ecos desviam-se e são projetados para além da interface como se fossem originados em regiões inexistentes, podendo induzir falsos diagnósticos.
- Sombra acústica: manifesta-se como uma faixa escura distal a interfaces de elevada impedância acústica, nas quais o feixe de ultrassom é fortemente absorvido ou refletido. Clinicamente, este artefacto ajuda a confirmar a presença de material mineralizado ou gasoso, embora possa ocultar estruturas adjacentes.
- Realce acústico: traduz-se num aumento de brilho nas regiões imediatamente posteriores a meios pouco atenuantes (ex.: líquido). A menor perda de intensidade do feixe permite que os tecidos profundos apareçam hiperecogénicos em comparação com o parênquima envolvente. Este fenómeno é útil para distinguir estruturas quísticas de lesões sólidas.
- Artefacto de espessura de corte: ocorre quando há preenchimento parcial de estruturas anecoicas por ecos de tecidos adjacentes, distorcendo as suas dimensões, minimizável por redução do ganho global e estreitamento do feixe focal.

O correto reconhecimento destes fenómenos, aliado à prática regular em ambiente controlado, é essencial para desenvolver competências técnicas e interpretar corretamente os achados ecográficos. Contudo, torna-se igualmente necessário considerar os aspetos éticos do ensino prático da ecografia e da punção guiada por imagem.

As abordagens tradicionais de ensino, baseadas na prática direta em animais vivos ou em cadáveres, têm sido alvo de crescente escrutínio ético e pedagógico. Muitos estudantes de Medicina Veterinária, motivados por um profundo compromisso com o bem-estar animal, experienciam *stress* significativo quando confrontados com situações em que testemunham sofrimento animal ou se sentem incapazes de intervir de forma competente. Procedimentos invasivos em animais vivos, quando não absolutamente necessários, podem ter um impacto psicológico negativo duradouro nos estudantes, que muitas vezes demonstram objeções morais à realização de tais práticas. (Gelberg & Gelberg, 2005; Knight, 2007; Neubauer et al., 2024)

Em consonância com as diretrizes da *World Organization for Animal Health* (WOAH), o conceito dos “3Rs” (Refinamento, Redução e Substituição) fomenta a procura por métodos educativos que minimizem o uso de animais em atividades de ensino e investigação. A adoção de modelos de simulação, nomeadamente os construídos de forma artesanal com materiais de baixo custo, aparenta ser uma solução alinhada a este princípio, permitindo ao discente:

1. Refinar competências motoras, na coordenação oculomotora da sonda e da punção antes do contacto com pacientes reais;
2. Reduzir a dependência de cadáveres ou de animais sedados, evitando o sofrimento e os custos associados à manutenção de biotérios ou conservação de cadáveres;
3. Substituir parcialmente as sessões práticas em animais vivos, sobretudo na fase inicial de aprendizagem.

Com efeito, torna-se igualmente necessário que a escolha das estratégias de ensino siga uma abordagem baseada em evidências, tal como em qualquer outra área da Medicina Veterinária. Estudos comparativos e revisões sistemáticas têm mostrado que o recurso à simulação pode igualar ou superar os métodos tradicionais na aquisição de competências técnicas, oferecendo vantagens como a padronização do treino e o controlo de diversas variáveis pedagógicas. (Knight, 2007; Scalese & Issenberg, 2005)

A recente meta-análise conduzida por Noyes et al. (2022) reforça essa perspetiva ao demonstrar que a simulação, quando bem implementada, apresenta um impacto positivo significativo no desenvolvimento de competências práticas, sobretudo na execução de tarefas específicas. Com resultados mais expressivos na qualidade do desempenho técnico e na taxa de sucesso na realização de tarefas, os autores destacam a simulação como uma estratégia eficiente e multimodal no ensino clínico em Medicina Veterinária.

Face a estes resultados, diversas instituições de Ensino Superior têm integrado múltiplas ferramentas tecnológicas no seu currículo: desde *softwares* interativos e realidade virtual, até modelos anatómicos em 3D, manequins e simuladores hápticos, com o objetivo de complementar e, em alguns casos, substituir completamente o uso de animais. (Braid, 2022; Fodor et al., 2012; Knight, 2007; Luis Pires et al., 2022; Mangalote et al., 2024; Marcos et al., 2023; Marcos et al., 2024) Estas soluções permitem não só reduzir o uso de animais, mas também melhorar a qualidade e consistência da formação, não menosprezando valores éticos e morais.

Segundo Scalese and Issenberg (2005), os simuladores devem englobar um conjunto de características pedagógicas: fornecer *feedback* imediato, permitir uma repetição controlada, adaptando-se a diferentes níveis de dificuldade e integrando-se no currículo de forma estruturada. Mesmo que poucos dispositivos cumpram todos estes critérios, a combinação de várias dessas qualidades é suficiente para potenciar o processo de aprendizagem, sobretudo quando

complementada por práticas clínicas supervisionadas e eticamente fundamentadas. Especificamente no âmbito da ecografia, existem simuladores comerciais de alta-fidelidade (e.g., *Dog Phantom*, True Phantom Solutions, Ontario, Canada; *Soft Tissue Biopsy Block*, Elevate Healthcare Inc., Sarasota, USA; *Deeptime Veterinary Ultrasound Simulator*, Deeptime Ltd, London, UK), habitualmente com elevado custo e complexidade técnica, que podem tornar menos viável o uso sistemático em contexto académico. Mais recentemente, surgiram já publicações que descrevem a utilização de resinas e de impressão 3D para a prática de ecocardiografia em cães e em equinos. (Da Costa et al., 2022; Vernemmen et al., 2025) Em contrapartida, simuladores de baixo custo baseados em gelatina e materiais sintéticos simples oferecem durabilidade, reprodutibilidade, com baixo investimento. Modelos totalmente artesanais garantem fácil construção, baixo custo e adaptabilidade às necessidades curriculares e anatómicas específicas de espécies veterinárias. (Alencar et al., 2023; Osmer, 2008; Richardson et al., 2015; Tanious et al., 2015) O principal problema dos modelos de gelatina prende-se com a sua escassa durabilidade, uma vez que rapidamente se deterioram pelo crescimento de fungos e bactérias.

Desta forma, o objetivo deste projeto foi desenvolver um modelo de simulação para prática de PAF ecoguiada em pequenos animais, construído com materiais de baixo custo (“*low-cost*”), de fácil montagem, não perecível e reutilizável, que assegurasse uma durabilidade mínima de seis meses, ou seja, o correspondente a um período letivo. Este modelo pretende proporcionar aos estudantes uma ferramenta acessível e eficaz, promovendo a consolidação de conhecimentos ecográficos e a aquisição de competências clínicas, previamente à realização de exames em pacientes reais.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

Para a utilização de um modelo de simulação de ecografia para a utilização por estudantes em sala de aula, foi necessário selecionar um ecógrafo portátil (para assim garantir que vários estudantes praticassem simultaneamente em salas de aula normais, sem que se ocupassem equipamentos de ecografia utilizados no Hospital) e selecionar os materiais a usar para a construção do modelo.

2.1. Ecógrafo portátil

Foi necessário selecionar uma sonda ecográfica portátil adequada. Esta facilitou o processo de testagem dos diversos materiais e permitiu aferir a utilização pelos estudantes com o simulador desenvolvido. Entre os vários modelos disponíveis no mercado, foram testadas especificamente duas sondas: *Clarius C7 Vet HD3* da *Clarius Mobile Health Corp.* e a sonda *Butterfly iQ+ Vet* da *Butterfly Network, Inc.*. As características técnicas de cada sonda encontram-se resumidas na Tabela A1.

No entanto, foi a qualidade de imagem o fator de decisão de uma sonda em detrimento da outra. A sonda *Clarius* evidenciou uma definição claramente superior à sonda *Butterfly*. Sendo esse um fator decisivo na realização de ecografia e POCUS, optámos pelo ecógrafo *Clarius C7 Vet HD3*, o que é concordante com análises comparativas já publicadas. (Le et al., 2022; Moore et al., 2023; Rothberg et al., 2021) Para aquisição de imagem com este ecógrafo foi necessário fazer o *download* de uma aplicação desenvolvida pela empresa do ecógrafo, a *Clarius App*, para um dispositivo móvel (*tablet* ou telemóvel), sendo a sua utilização bastante intuitiva.

2.2. Desenvolvimento do modelo de simulação *low-cost*

2.2.1 Escolha do material

Na fase de construção, o material inicialmente escolhido para os modelos de simulação foi silicone *Smooth-On Dragon Skin™ 10 AF Anti Fungal*, não só porque existiam referências para a ecogenicidade deste material (Cafarelli et al., 2016; Pacioni et al., 2015; Tan et al., 2021), mas também porque o silicone é um material resistente, flexível, de fácil armazenamento e não perecível, pelo que teria as características ideais para um modelo de simulação com vista a ser usado frequentemente por estudantes.

Seguindo as orientações de Pacioni et al. (2015), foram realizados vários testes para atingir o padrão ecogénico desejado para simular a ecotextura de um fígado de cão saudável; foi substituída a grafite por pó de talco para aumentar a ecogenicidade e adicionou-se vaselina ou óleo mineral corporal para ser mais fácil misturar os ingredientes secos no silicone e reduzir a inclusão de bolhas de ar na mistura. No entanto, após vários testes, verificou-se que este material absorvia as ondas de ultrassom, impedindo a obtenção de imagens com profundidade adequada. Decidiu-se, portanto, retirar o ar residual que ficava retido em bolhas quando se vertia o preparado final para a forma a fim de solidificar, com o auxílio de um exsiccador (98.2 kPa, durante 10 minutos). (Beaulieu et al., 2022; Pacioni et al., 2015) A imagem melhorou ligeiramente, revelando um padrão muito mais homogéneo e hipoecoico, sendo visíveis menos bolhas de ar à superfície; contudo, apesar da imagem ser melhor, a profundidade de penetração dos ultrassons continuava a não ultrapassar os 3cm (Figura 1). Optou-se, então, por experimentar com outra fórmula de silicone: *Blanda blanda* dos *Laboratorios Herbitas S.L.®*, porém o problema manteve-se, mesmo com recurso ao exsiccador.

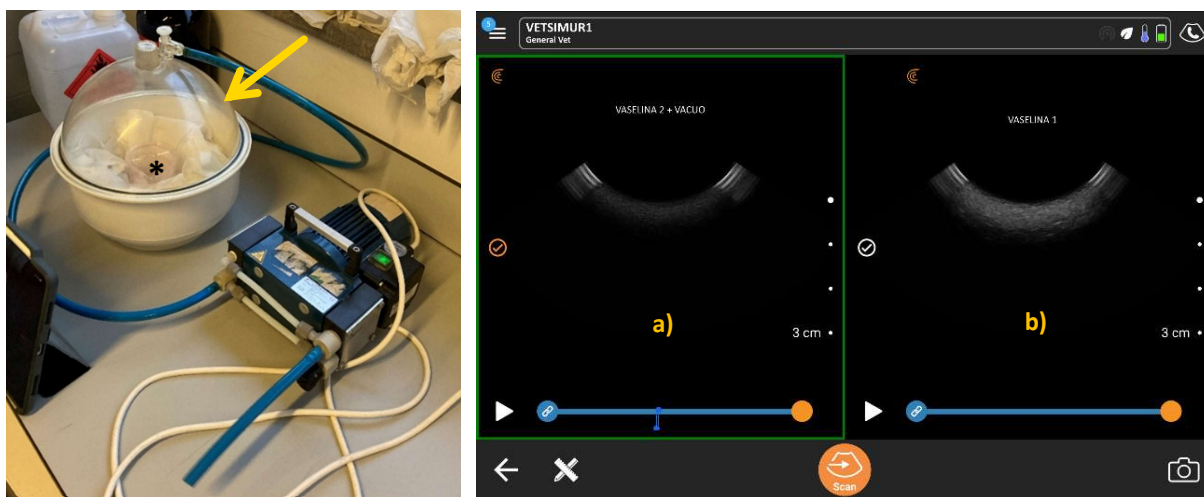


Figura 1. Testes iniciais com silicone *Smooth-On Dragon Skin™*. À esquerda, é visível o ar a ser extraído de um modelo (*) com recurso a um exsicador (seta) acoplado a uma bomba; à direita, é possível ver a comparação entre o padrão ecográfico do modelo a que foi retirado o ar residual (a) *versus* um modelo que não foi sujeito ao exsicador (b).

Após várias tentativas (Tabela B1), foi testado um modelo à base de gelatina, que permitiu uma imagem ecográfica com maior profundidade (Figura 2). Contudo, a gelatina apresenta limitações significativas, nomeadamente a sua perecibilidade, a perda de integridade após múltiplas perfurações e a sua sensibilidade à temperatura, limitações estas que afetavam a consistência e durabilidade do modelo. A perecibilidade foi comprovada, uma vez que foi observado crescimento fúngico à superfície da gelatina após 1 mês no frigorífico (Figura 2c). Estas tinham sido as razões pelas quais se decidiu inicialmente por experimentar vários tipos de silicone, mas acabámos por, invariavelmente, trabalhar com gelatina.

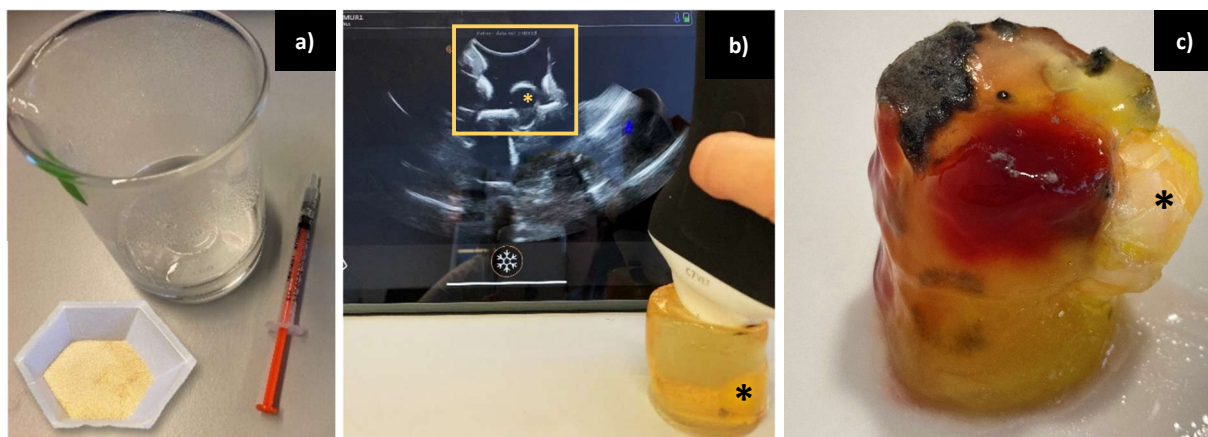


Figura 2. Material necessário para o fabrico do modelo de gelatina (a) e respetiva imagem ecográfica (quadrado), onde é visível uma estrutura quística (*) e bala de *paintball* (b). Crescimento de fungos após 1 mês da sua confeção (c).

Gelatina balística VS gelatina normal

A gelatina é um material amplamente utilizado, tanto na indústria alimentar como em testes balísticos, devido à sua estrutura e propriedades mecânicas, quando combinada com glicerina, modifica a sua textura, elasticidade e resistência térmica, tornando-se mais estável em determinadas condições, especialmente quando em ambientes quentes ou húmidos.

Desta forma, a adição de glicerina que está incluída na gelatina balística, confere maior estabilidade térmica, maior retenção da humidade, evitando que fique ressequida ou dura ao longo do tempo, e torna a textura da gelatina mais elástica. (Czerner et al., 2013; Farrer et al., 2015) Tal combinação foi pensada não apenas para prolongar a durabilidade do modelo, mas também para aproximar a consistência e a sensação tátil da mistura às características dos tecidos moles e da pele.

Estudos recentes reforçam a validade desta abordagem e demonstram que a gelatina balística é um material adequado para modelos ecográficos educativos, destacando-se pela sua capacidade de simular estruturas anatómicas com realismo suficiente para a prática de estudantes. Phillips et al. (2023) mostrou que esses modelos podem ser produzidos de forma económica, com recursos simples, mantendo boa qualidade de imagem ecográfica e permitindo a identificação clara de estruturas internas simuladas. Adicionalmente, estes autores salientam que a consistência e as texturas ecográficas obtidas são compatíveis com as necessidades do ensino prático, reforçando o valor pedagógico da gelatina como base para a construção de simuladores ecográficos, vulgarmente designados de “*phantoms*”.

Assim, a escolha da gelatina enriquecida com glicerina na construção do modelo proposto neste estudo justifica-se tanto pela sua acessibilidade e baixo custo, como pelas suas propriedades físicas e acústicas, que a tornam particularmente adequada para aplicações em simulação ecográfica na formação veterinária. Ainda assim, a perecibilidade continuava a ser uma desvantagem a ultrapassar.

Funcionalidade do cloreto de sódio

Uma vez que um dos objetivos deste projeto era ter um modelo que subsistisse durante, pelo menos, um período letivo (6 meses), tentou-se ultrapassar este problema técnico adicionando cloreto de sódio (NaCl) à água de confeção da gelatina. Segundo a bibliografia, podem ser usados outros conservantes como formol, fenol ou álcool. (Nicholson & Crofton, 2014; Tanious et al., 2015) Porém, a formulação final adotada procurou manter-se fiel aos princípios de simplicidade, baixo custo e durabilidade, evitando-se o uso de conservantes químicos como fenol, álcool ou formaldeído com a sua conhecida toxicidade.

Desta forma, com base no artigo de Lombardero et al. (2017), que recorre a soluções hipersalinas 35,9% [NaCl] para fixar e conservar órgãos, reduzindo eficazmente os riscos associados à toxicidade do formol, tanto para os técnicos como para os estudantes que manipulam as peças anatómicas.

Ainda que consistisse uma boa solução em termos de preservação, a presença de NaCl interfere na organização das moléculas de água, dificultando a formação de uma rede cristalina e, consequentemente, reduzindo a temperatura à qual o líquido solidifica. Esta redução está intimamente

relacionada com a energia cinética das moléculas e com as forças intermoleculares: quanto mais fracas forem estas forças, menor será a energia necessária para que as moléculas transitem do estado líquido para o sólido. Ademais, a interação dos iões Na^+ e Cl^- com as moléculas de água não só diminui o ponto de solidificação, como também afeta a estabilidade térmica da gelatina à temperatura ambiente.

No caso da gelatina, que é essencialmente constituída por uma rede proteica derivada do colagénio, observou-se que a adição de uma solução hipersalina ($[\text{NaCl}] = 20\%$) à gelatina leva a um comportamento indesejado: após alguns minutos à temperatura ambiente, a gelatina começava a fundir-se e, mesmo quando refrigerada a 5°C , não conseguia solidificar. Este fenómeno deve-se à acentuada diminuição do ponto de fusão provocada pelo elevado teor de sal, que impede a organização adequada dos cristais de gelo dentro da matriz gelatinosa.

Paralelamente, a redução do ponto de congelamento e a diminuição da atividade da água (a_w) associadas à presença de NaCl desempenham um papel crucial na conservação de alimentos. Ao reduzir a a_w para valores entre 0,85 e 0,90, as soluções salinas inibem o crescimento microbiano, uma vez que a maioria das bactérias patogénicas necessita de $a_w \geq 0,91$ para se desenvolverem. Adicionalmente, o carácter higroscópico do NaCl, que atrai e retém moléculas de água formando camadas de solvatação em redor dos seus iões, aumenta a pressão osmótica sobre os microrganismos, promovendo a desidratação e, por conseguinte, morte celular.

Com base nestes pressupostos, optou-se por ajustar a concentração da solução aquosa de NaCl para 10%. Esta modificação permitiu manter as propriedades conservantes, assegurando a redução da a_w e inibindo o crescimento microbiano, mas, ao mesmo tempo, facilitou a solidificação e a estabilidade térmica da gelatina durante o manuseamento. Assim, o equilíbrio entre a preservação das características de conservação e a manutenção da integridade estrutural da gelatina foi alcançado, aumentando, em última instância, a durabilidade e o tempo de armazenamento do modelo proposto. Por sua vez, a gelatina com 10% $[\text{NaCl}]$ manteve-se estável durante 9 meses após confeção, conservada a 5°C , contrastando com a gelatina feita apenas com água, que durou apenas 1 mês, conservada a 5°C , até começar a sofrer degradação e inviabilizar a sua utilização.

2.2.2 Formulação da gelatina

A construção de *phantoms* tem assumido um papel relevante no ensino prático de técnicas guiadas por ecografia, como a punção ecoguiada. Esses modelos didáticos podem ser agrupados, de forma geral, em quatro categorias: à base de água, de produção comercial, compostos por tecidos biológicos (como carne) e os elaborados com gelatina. (Kim, 2016) Os modelos aquosos, embora simples e acessíveis, não reproduzem a consistência dos tecidos, nem oferecem resistência à penetração da agulha, o que os torna pouco eficazes. Simuladores comerciais, frequentemente

desenvolvidos com polímeros como hidrogel ou silicone, são padronizados e reutilizáveis, porém apresentam custos elevados (e.g. cerca de 755 US\$ – *Soft Tissue Biopsy Block, Elevate Healthcare Inc.*) e tendem a degradar-se com o uso contínuo, sendo impossível repará-los, pelo que a única forma de os substituir é adquirir novos, fazendo um novo investimento. Além disso, a sua textura geralmente é mais rígida do que a dos tecidos e a ecogenicidade resultante costuma ser homogênea, consequentemente tornando a agulha mais hiperecoica, facilitando a sua visualização, podendo transmitir uma falsa sensação de facilidade do procedimento e excesso de confiança. Convém acrescentar que a inclusão de alvos diferentes como quistos ou massas nesses modelos é tecnicamente limitada. Simuladores elaborados com carne, como peito de frango ou peru, representam uma alternativa de baixo custo, com bom realismo tátil e padrão ecográfico mais próximo dos tecidos orgânicos e é fácil incluir alvos como azeitonas ou mirtilos. (Alencar et al., 2023; Gresens et al., 2012; Richardson et al., 2015) No entanto, apresentam desafios em termos de higiene e conservação, devido à suscetibilidade à contaminação microbiana e perecibilidade; adicionalmente, contribuem para o desperdício alimentar e podem causar desconforto junto de estudantes que tenham objeções morais à utilização desnecessária de partes de animais. (Giannotti et al., 2022)

Perante essas limitações, diferentes formulações à base de gelatina têm sido investigadas como alternativas viáveis, tentando mimetizar as características visuais e táteis dos tecidos biológicos. Inspirados no protocolo proposto por Elisei, Graur, Szold, et al. (2024), que utiliza 14 g de gelatina para cada 100 mL, foram realizados mais dois ensaios para experimentar vários componentes e otimizar a ecogenicidade do modelo. Assim, a formulação base da gelatina para obter uma textura ecogénica semelhante a fígado foi de 14% de gelatina, 0,6% de glicerina, água salina a 10% e 2,5% *psyllium* (todas as percentagens em função do peso total de líquido desejado). A adição de *psyllium*, uma fibra vegetal extraída das cascas das sementes da planta *Plantago ovata*, que tem propriedades higroscópicas (capacidade de absorver água, o que por sua vez permite que se expanda e produza uma rede gelatinosa que envolve as fibras e torna o líquido envolvente mais espesso), permitiu conferir à mistura de gelatina um aspeto estriado, mais hiperecoico, aproximando-se do padrão hepático. (Bude & Adler, 1995; Carrig & Pyle, 2001; Elisei, Graur, Melzer, et al., 2024; Giannotti et al., 2022; Kim, 2016; Qurash et al., 2018; Richardson et al., 2015; Shrimal et al., 2024)

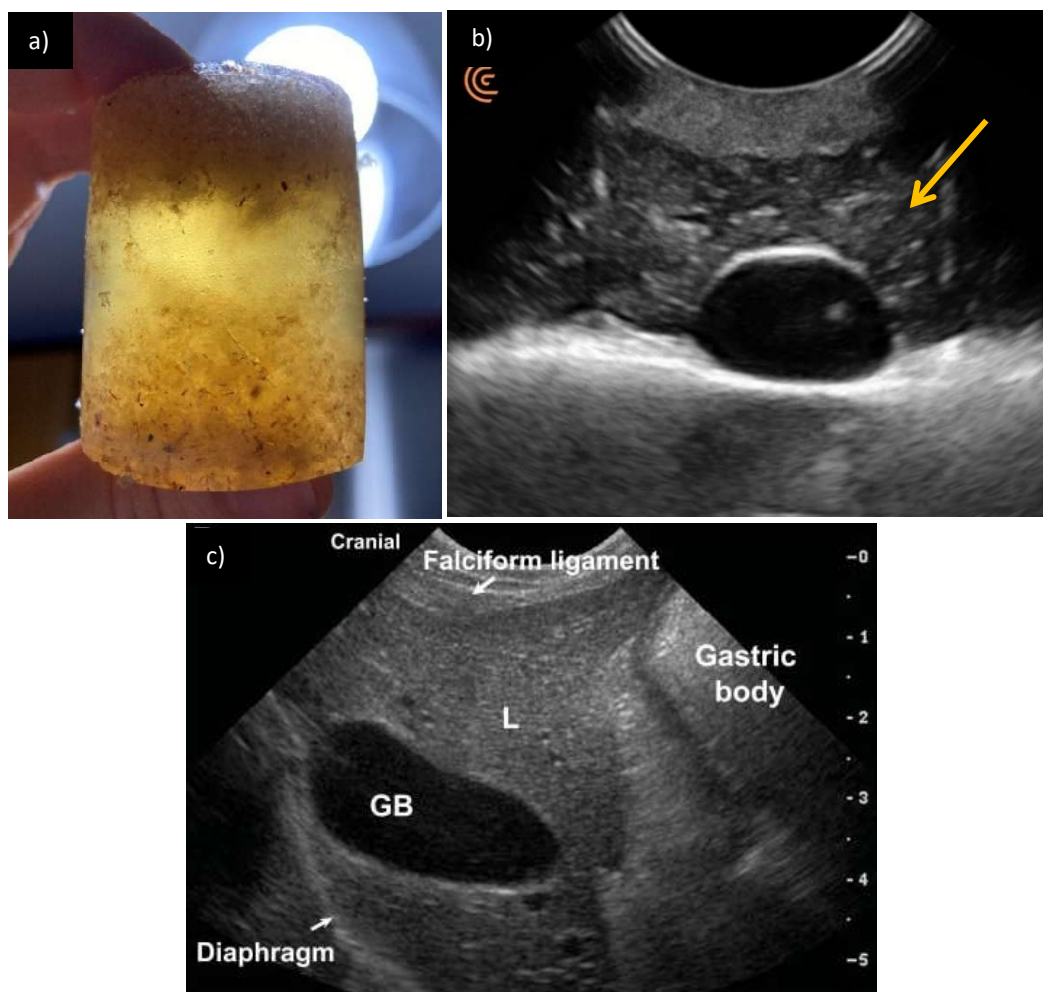


Figura 3. Modelo de gelatina com *psyllium* (a) e a sua respetiva imagem ecográfica (b), onde é visível o seu *aspecto estriado* (seta). c) É possível comparar com a imagem ecográfica obtida de um fígado (L) e uma vesícula biliar (GB) normais (retirada de Penninck and d'Anjou (2015), p.184).

Outras modificações têm sido estudadas por vários investigadores para melhorar a durabilidade e as propriedades físicas destes simuladores à base de gelatina. Para aumentar a velocidade de propagação do som na gelatina e, conseqüentemente, melhorar a qualidade de imagem obtida foi incorporado álcool técnico (com mais de 90% de etanol ou isopropanol). Açúcar também foi testado como agente endurecedor, em que maiores concentrações resultaram numa maior firmeza, embora maior friabilidade e desempenho inferior na conservação. (Elisei, Graur, Szold, et al., 2024)

Por conseguinte, realizou-se ainda um teste adicional com a adição de 15% do peso líquido final de álcool etílico a 96%, a fim de aumentar a velocidade do som. Porém, esta adição não trouxe as vantagens esperadas e, não só não alterou a qualidade de imagem, como piorou a consistência da gelatina, tornando-a demasiado mole para ser manuseada.

Uma vez obtida a formulação desejada para simular o padrão ecogénico hepático, avançou-se para o padrão esplénico. Desta vez adicionando amido de milho na proporção de 16% do peso final do molde pretendido. (Giannotti et al., 2022; Qurash et al., 2018; Shrimal et al., 2024) O resultado foi uma mistura homogênea, mais densa e sem efeito de dispersão (*"scatter"*), obtendo-se um padrão mais

hiperecogénico, comparativamente ao órgão anterior. O resumo destas formulações pode ser encontrado no Anexo C.

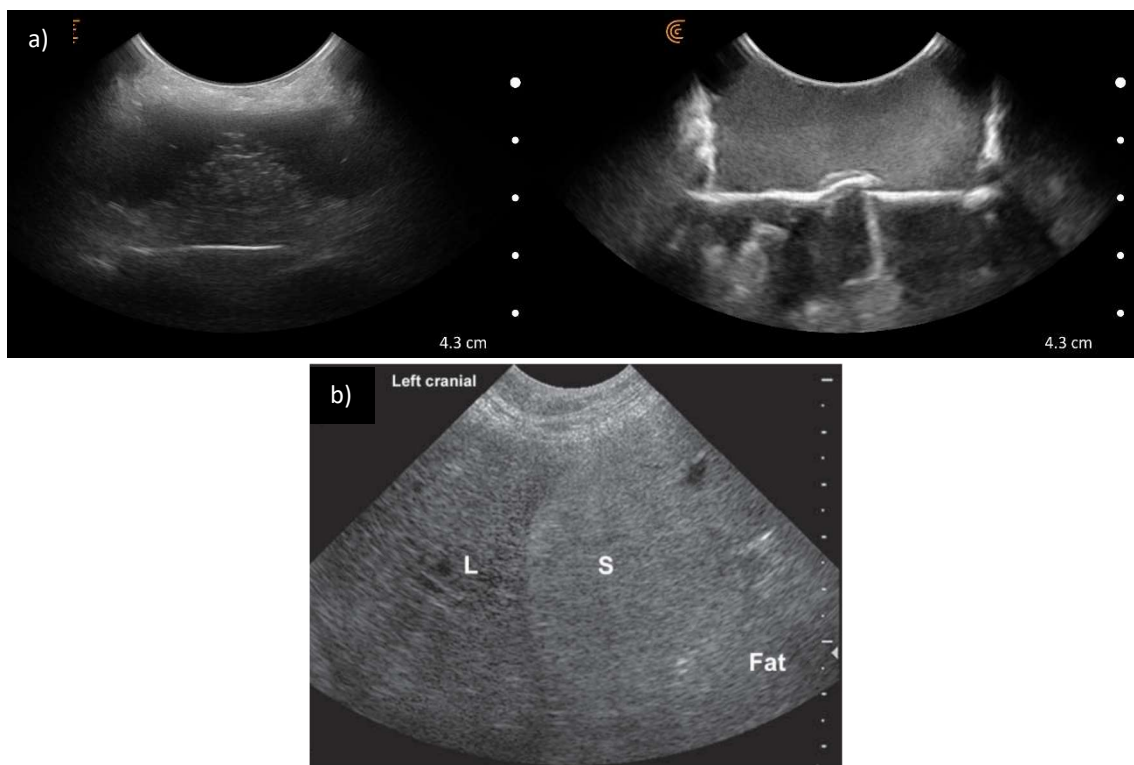


Figura 4. a) Comparação entre a ecotextura de fígado, com recurso a *psyllium* (esquerda), e a ecotextura de baço, com recurso a amido de milho (direita). b) É possível comparar com as ecotexturas e ecogenicidades relativas de um fígado (L) e baço (S) normais de cão (retirada de Penninck and d'Anjou (2015), p.187).

2.2.3 Construção do modelo de simulação

Uma vez atingida a ecotextura desejada para simular o parênquima hepático e esplénico, iniciou-se o planeamento da organização dos respetivos órgãos na caixa que iria ser o modelo final. Primeiramente, decidiu-se incluir balões de látex de vários tamanhos no modelo de fígado para simular estruturas quísticas, fazendo o mesmo para simular a vesícula biliar e a bexiga, tendo distinguido as estruturas com recurso a corantes distintos no líquido do seu preenchimento; de seguida, adicionou-se uma estrutura tubular, para simular cólon, para os estudantes desenvolverem a destreza de seguir um órgão tubular no exame ecográfico; finalmente, incluiu-se parte das costelas, feitas em acrílico.



Figura 5. Desenho das estruturas anatômicas presentes no modelo e posterior maquete em tamanho real.

Para o modelo final, utilizou-se uma caixa de acrílico transparente (35,3 x 22,9 x 8cm), de forma retangular, e fez-se uma maquete (Figura 5), tendo em atenção a posição anatômica e a forma original dos órgãos, na tentativa de replicar as condições encontradas numa situação real. (Evans & DeLahunta, 2017; Penninck & d'Anjou, 2015) Assim, posicionaram-se as costelas com o xifoide para limitar cranialmente a área de captação de imagem, deixando-se espaço entre cada costela para ser possível realizar uma ecografia intercostal (mimetizando um exame ecográfico do fígado num animal real). O fígado foi projetado para ocupar a metade superior da caixa, apresentando forma retangular, sem lóbulos e limite caudal em forma de cúpula. Incluiu-se um balão para simular a vesícula biliar e um tubo de látex, com 5mm de diâmetro, para simular a veia cava caudal e o seu trajeto caudo-cranial através do parênquima hepático. Em cada extremidade do tubo de látex acoplou-se um sistema de 3 vias, permitindo que os estudantes avaliassem o fluxo do “vaso” no *phantom* através de Doppler de cor (Figura 6). (Dennison & Delaney, 2010) Foram ainda incorporadas duas estruturas quísticas (balões de látex preenchidos com líquido de cor diferente da vesícula biliar e bexiga), posicionadas como alvos dispersos no parênquima, para a prática de PAF ecoguiada.

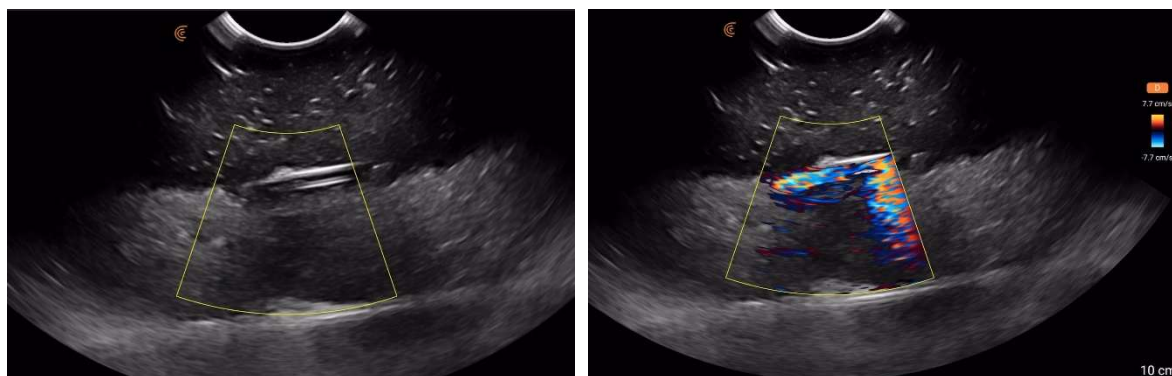


Figura 6. Avaliação do fluxo no tubo de látex que simula a veia cava caudal com Doppler de cor.

O restante espaço ficou destinado ao abdómen médio e caudal, tendo aí sido incluído o cólon, a bexiga e o baço. A bexiga foi contruída com um balão de látex, preenchido por água, com o cuidado de retirar o máximo de bolhas de ar para se obter uma boa imagem ecográfica, de forma a evitar focos hiperecoicos que podem fazer sombra acústica e degradar a qualidade da imagem obtida; a adição da bexiga não só permitiu ter um simulador mais completo, como também criou a oportunidade de praticar cistocentese, acrescentando, assim, mais uma valência ao modelo. O cólon foi construído com recurso a um tubo de látex com 2,5cm de diâmetro, preenchido com compressas humedecidas para simular a aparência de fezes no exame ecográfico. Finalmente, o restante espaço foi preenchido com uma gelatina simples, para ter um padrão intermédio de tecidos moles.

Tanto o fígado como o baço foram construídos com as formulações descritas anteriormente e a sua forma foi desenhada em cartolina E.V.A. (Etileno Vinil Acetato). (Madden et al., 2022) Este material revelou ser uma opção bastante versátil, já que é flexível, de fácil manuseamento, barato e impermeável, o que permitiu desenformar a gelatina solidificada com facilidade e reutilizar o molde em outros modelos construídos. A cartolina E.V.A tem ainda a vantagem de permitir criar qualquer tipo de molde desejado, graças às características previamente descritas, pelo que pode ser adaptada para outros projetos. Para garantir que o molde era estanque, foi colocada uma cola à base de silicone (Cola e Veda, Pattex®) nas juntas dos moldes. A planificação das formas pode ser consultada no Anexo D e a comparação das imagens ecográficas do simulador com as dos respetivos órgãos reais no Anexo E.

Por último, foi adicionada uma camada de gelatina colorida com corante alimentar azul, com o objetivo de inviabilizar a visualização direta das estruturas internas, aumentando o nível de dificuldade do modelo e aproximando-o das condições reais. Sobre esta camada foi colocada uma película de polietileno opaca, com a finalidade de minimizar o atrito entre a sonda e a superfície da gelatina, permitindo preservar a integridade da mesma durante um período de utilização mais prolongado. (Nicholson & Crofton, 2014) Entre as camadas foi aplicado gel ecográfico, de modo a eliminar a presença de ar na interface película-gelatina e, consequentemente, melhorar a qualidade da imagem ecográfica obtida. Em alternativa à película de polietileno, pode ser utilizada uma pele sintética à base de silicone da empresa Vetiqo®. Esta opção, sendo ecogénica, contribui para um aspeto visual mais realista e para uma maior fidelidade anatómica do modelo, uma vez que inclui detalhes como mamilos, linha alba e cicatriz umbilical. No entanto, importa considerar que a sua utilização pode reduzir ligeiramente a resolução da imagem ecográfica e um acréscimo nos custos de produção.

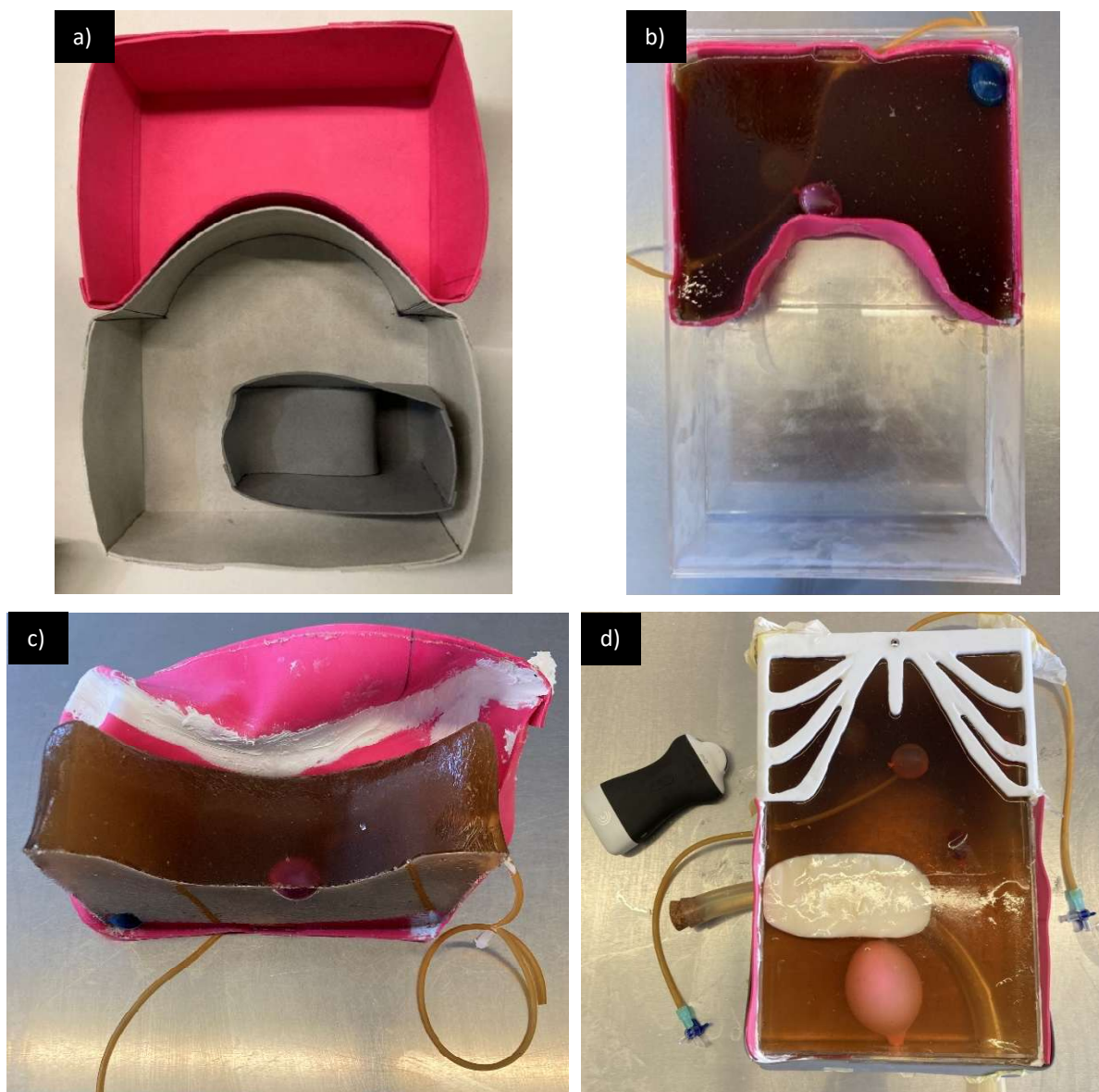


Figura 7. Etapas de construção. a) Moldes usados na construção do modelo de fígado (rosa) e de baço (cinza-escuro); b) Molde de fígado posicionado na caixa; c) Desenformar do modelo de fígado, onde é visível a maleabilidade da E.V.A. e o agente selante nas juntas do molde; d) Aspeto final do simulador completo.

Importa salientar que o recurso à gelatina apresenta uma vantagem significativa relativamente a outros materiais, nomeadamente silicone, ou a modelos comerciais, ao permitir a reutilização quase ilimitada do modelo. A gelatina pode ser derretida e solidificada novamente ou aquecida com recurso a um soprador de ar quente, possibilitando a correção de pequenos defeitos provocados pela utilização, como perfurações por agulhas ou fragmentação, bem como a substituição fácil e célere das estruturas-alvo (por exemplo, quistos), o que contribui para a sustentabilidade e longevidade do simulador. (Beaulieu et al., 2022; Richardson et al., 2015; Tanious et al., 2015)

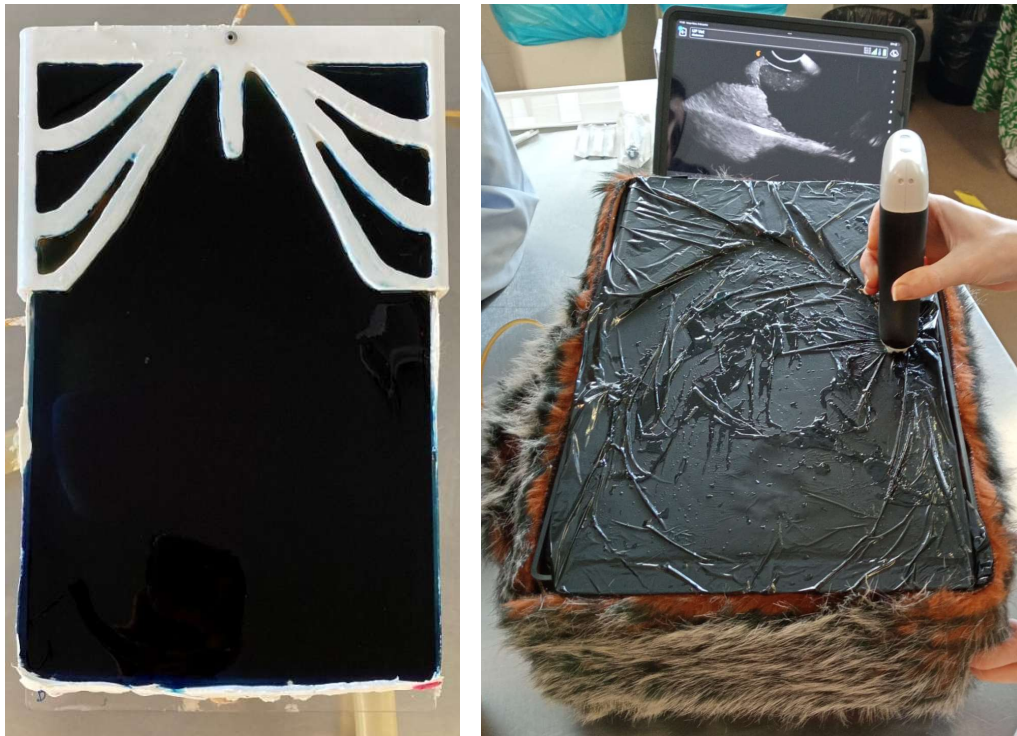


Figura 8. Modelo final e o seu aspeto sem película (esquerda) e com película (direita). Na imagem da direita é possível ver a imagem obtida através da ecografia realizada por estudantes durante o “Escape Room”.

3. RESULTADOS

3.1. Validação qualitativa do modelo

A implementação de modelos de simulação no ensino veterinário, embora represente uma alternativa ética e eficaz ao uso de animais vivos, deve estar necessariamente ancorada em processos rigorosos de validação. A validação de um simulador é essencial para garantir que este realmente avalia as competências que se propõe a ensinar e que representa, com precisão, as condições clínicas reais. Sem esta verificação sistemática, corre-se o risco de comprometer a qualidade do ensino e de fornecer ao estudante uma perceção errada das técnicas clínicas reais.

A validade de um modelo pode ser avaliada sob diferentes perspetivas. De acordo com Coombes and Silva-Fletcher (2018), destacam-se quatro formas principais:

- Validade aparente (*face validity*): diz respeito à perceção de especialistas sobre o quão realista é o modelo em relação à atividade clínica que simula. Trata-se de uma avaliação subjetiva, mas crucial, pois influencia a aceitabilidade e adesão dos utilizadores.
- Validade de conteúdo (*content validity*): refere-se ao grau em que o modelo abrange todos os aspetos relevantes de uma atividade clínica real. Um modelo com boa validade de conteúdo deve permitir a prática de todas as etapas essenciais da competência a ser ensinada.

- Validade de construção (*construct validity*): consiste na capacidade do modelo de distinguir os diferentes níveis de experiência dos utilizadores, com base no seu desempenho. Por exemplo, espera-se que um estudante iniciante apresente resultados diferentes de um profissional experiente ao utilizar o mesmo simulador.
- Validade preditiva (*predictive validity*): representa o grau em que o desempenho no simulador se correlaciona com o desempenho usando métodos de avaliação reconhecidos das mesmas competências. Esta validade é especialmente importante para determinar a eficácia do simulador como ferramenta formativa e preditiva do desempenho clínico real.

Modelos de simulação que reúnem diferentes tipos de validade demonstram-se substancialmente mais eficazes no processo formativo em Medicina Veterinária. A avaliação da validade, seja ela aparente, de conteúdo, de construção ou preditiva, garante que o simulador reproduz, de forma fidedigna, as condições clínicas reais e mede com precisão as competências que se pretendem desenvolver. Estudos recentes reforçam a importância do investimento na validação destes recursos pedagógicos, contribuindo não só para aumentar a confiança dos utilizadores, mas também otimizando os modelos às necessidades específicas de cada contexto educativo e ao nível de proficiência dos estudantes. (Berendes et al., 2023; Davis et al., 2006)

Portanto, o desenvolvimento e utilização de modelos de simulação deve sempre ser acompanhado por um processo de validação sistemática, garantindo a relevância, a autenticidade e a eficiência dos recursos utilizados na formação de futuros Médicos Veterinários.

Idealmente, este processo de validação deveria incluir também uma componente quantitativa, particularmente relevante em modelos ecográficos, que permitisse avaliar parâmetros físicos mensuráveis, como a velocidade de propagação do som nos materiais utilizados. Essa avaliação permitiria comparar as propriedades acústicas do modelo com as de tecidos biológicos reais, como fígado, baço, gordura/tecido conjuntivo e intestino, aumentando ainda mais a fidelidade da simulação. (Cafarelli et al., 2016; Cafarelli et al., 2017; Farrer et al., 2015) Contudo, tal componente quantitativa não foi contemplada no desenvolvimento do presente simulador, representando uma limitação que poderá ser abordada em estudos futuros.

A validação qualitativa deste modelo de simulação foi realizada com recurso a Médicos Veterinários (*experts*) com formação prévia em ecografia ou experiência em *Point-Of-Care Ultrasound* (POCUS), tendo-se reunido 10 avaliações no total. Já no que respeita à avaliação do modelo enquanto ferramenta pedagógica foram avaliados estudantes de 3.º, 4.º e 5.º Ano do Mestrado Integrado em Medicina Veterinária do Instituto de Ciências Biomédicas Abel Salazar da Universidade do Porto (ICBAS-UP), mediante a realização de um “*Escape Room*”, contando com um total de 33 avaliações.



Figura 9. Esquema da organização do estudo.

3.1.1 Validação por Médicos Veterinários (*experts*)

Após finalizada a construção do modelo, este foi avaliado por 5 Médicos Veterinários do Anicura Centro Hospitalar Veterinário do Porto (CHV) e 5 do Hospital Veterinário da Universidade do Porto (UPVet). Para o efeito, foi pedido que realizassem uma ecografia abdominal no simulador e que respondessem a um inquérito anónimo, após o exame (Anexo F). Os avaliadores apresentavam uma mediana de 16 anos de experiência no exercício de Medicina Veterinária e três deles realizavam, em média, 60 ecografias abdominais por mês, o que assegura que o feedback obtido foi proveniente de profissionais com elevada experiência prática na área.

Tabela 1. Alguns comentários dos Médicos Veterinários ao modelo de simulação contidos no inquérito Pós-Simulação.

Comentários dos <i>Experts</i>
"Modelo completo, (...) seria útil adicionar novos como próstata e estômago com conteúdo e sombra acústica."
"Penso que pela visualização completa das camadas intestinais, diria que se trata de um segmento do intestino delgado, pois o cólon tem mais frequentemente uma sombra acústica."
"Muitos parabéns e continuação de bom trabalho!"
"Excelente textura/consistência da superfície, semelhante à parede abdominal. Excelente para treino de PAAF ecoguiada e treino de posicionamento da sonda e seguir órgãos"
"Incluir no modelo rins e gânglios linfáticos"
"O parênquima hepático sugere hiperecogenicidade relativamente ao normal; da mesma forma o baço está um pouco hiperecoico o que distancia bastante os órgãos na sua sequência de gradação. A proximidade física de ambos pode ajudar à comparação."

O objetivo desta parte da análise foi avaliar a percepção de realismo do modelo de PAF ecoguiada entre Médicos Veterinários com experiência prévia em ecografia e/ou POCUS. Foi utilizada uma escala de Likert de 5 pontos: 1 (muito irrealista) a 5 (muito realista) para avaliar a adequação geral do modelo às condições reais de uma PAF guiada por ecografia e o realismo individual de quatro órgãos simulados (fígado, baço, cólon e bexiga) e da avaliação do fluxo com Doppler.

Foi feita uma análise estatística usando o programa *Statistics Kingdom*, com o objetivo de comparar a avaliação do modelo por médicos veterinários com experiência em ecografia e os com experiência em POCUS, não tendo sido encontradas diferenças (teste de Mann-Whitney U). Ambos atribuíram valores elevados nas avaliações, com medianas iguais ou superiores a 4 na maioria dos itens:

- Realismo geral: mediana 4
- Textura ecogénica do fígado: mediana 3
- Textura ecogénica do baço: mediana 4
- Textura ecogénica do cólon: mediana 4
- Textura ecogénica da bexiga: mediana 5
- Avaliação do fluxo com Doppler: mediana 4

Estes resultados sugerem uma percepção consistente e favorável do modelo entre os profissionais, independentemente da prática clínica habitual em ecografia ou em procedimentos mais gerais (POCUS). O modelo demonstrou ser aplicável e relevante como ferramenta de treino em contextos diversos da prática clínica e útil em eventos de formação sobre ecografia e/ou PAF, segundo as opiniões dos médicos veterinários consultados.

Estes resultados sustentam a utilidade do modelo tanto na aprendizagem inicial como no reforço de competências entre profissionais, destacando o seu potencial como recurso pedagógico versátil e validado.

3.1.2 Avaliação por Estudantes

Foram recrutados estudantes voluntários do 3.º, 4.º ou 5.º Ano, para participar numa atividade com o objetivo de aprender e praticar a PAF ecoguiada (Figura 9). Para promover a aprendizagem ativa e estimular a prática deliberada relativa ao exame ecográfico, foi desenhado um “*Escape Room*”.

Um total de 33 estudantes foram recrutados, 17 do 3º ano (17/33; 52%), 15 do 4º ano (15/33; 45%) e 1 não respondeu (3%). Os estudantes preencheram um questionário (Anexo G), que mostrou que 52% dos estudantes já tinha realizado PAFs, pelo menos uma vez. Contudo, apenas 3% (1/33) tinha realizado uma PAF ecoguiada. Cerca de 91% dos estudantes já tinha contactado com modelos de simulação em algum momento do seu percurso académico no ICBAS-UP, nomeadamente nas UCs de Fisiologia Veterinária, Histologia e Embriologia Animal, Semiologia Médica de Animais de Companhia,

Semiologia Cirúrgica, Anestesiologia e Teriogenologia. Segundo o inquérito, 33% dos estudantes (11/33) tinha pouca experiência no manuseamento de seringas e agulhas (tendo-as utilizado menos de 5 vezes), enquanto os restantes 22 estudantes admitem ser experientes (5 a 25 vezes) ou muito experientes (>25 vezes) na manipulação destes objetos. Quando questionados se se sentiriam capazes de realizar uma PAF ecoguiada num animal vivo, a maioria dos estudantes respondeu que não (42%), ou com marcada insegurança (33%), sendo que nenhum estudante respondeu positivamente (Figura 10). O inquérito pretendeu também avaliar os conhecimentos ecográficos dos estudantes, tendo sido apresentadas imagens (com vídeos acessíveis através de um código QR) de fígado, baço e ecotextura de líquido. Cerca de 45% dos estudantes [11/31 (2 estudantes não responderam)] tiveram uma identificação incorreta das ecotexturas, sobretudo a nível da identificação de baço e líquido.

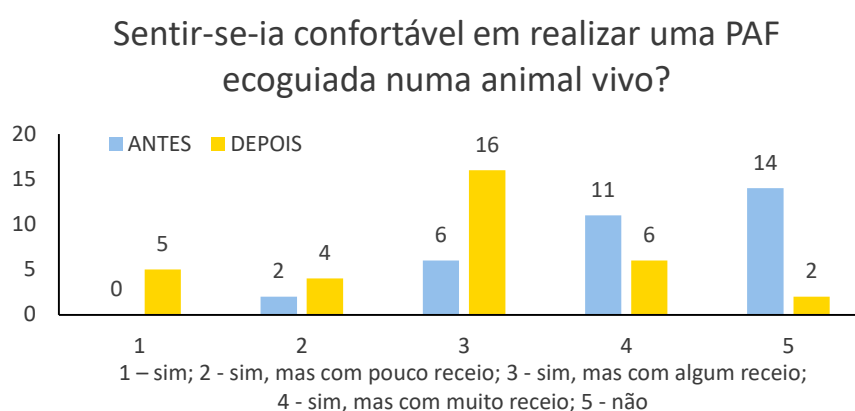


Figura 10. Avaliação do nível de conforto dos estudantes em realizar uma PAF ecoguiada num animal vivo.

Escape Room – FAST and FurryUS

Os estudantes não receberam qualquer treino em ecografia durante a atividade, com exceção da visualização de um breve vídeo sobre princípios básicos de ecografia e como funcionar com a aplicação *Clarius* elaborado no contexto da atividade (vídeo acessível através de um código QR, Anexo H).

O “*Escape Room*” consistia em 3 desafios que requeriam um exame ecográfico geral ao modelo, seguido da identificação dos órgãos abdominais e do trajeto do cólon, identificação da localização dos quistos e PAF ecoguiada das várias estruturas quísticas. Cada resposta certa permitia obter um número da combinação de um cofre (Anexo H). O “*Escape Room*” tinha a duração de 30 minutos, com os estudantes a trabalharem em 2 equipas por sessão (5/6 elementos por equipa). As sessões decorreram sem desistências. O ambiente era de ânimo, curiosidade e desafio e a motivação dos estudantes estimulava o grupo oposto a trabalhar em equipa, com cada elemento a partilhar diferentes níveis de conhecimento. No final, houve 3 grupos (3/6) que conseguiram resolver eficazmente os enigmas e abrir o cofre. De seguida, foi pedido que preenchessem um inquérito Pós-Simulação (Anexo I), que se encontrava codificado no sentido de permitir o emparelhamento com o inquérito pré-teste. Alguns dos comentários dos estudantes encontram-se na Tabela 2.

Tabela 2. Alguns comentários dos estudantes ao modelo de simulação contidos no inquérito Pós-Simulação.

Comentários dos Estudantes
“Já tinha tido oportunidade de usar um modelo de PAF ecoguiada que não tinha órgãos nem as localizações. Acho que essas diferenças tornam a experiência muito mais gratificante e útil para o futuro.”
“Excelente iniciativa. Parabéns!”
“Bem estruturado. Bom modelo. Dinâmico e claro.”
“Considero que este modelo é extremamente fidedigno à realidade e pode ser utilizado como método de ensino.”
“Bom trabalho e divertido!”

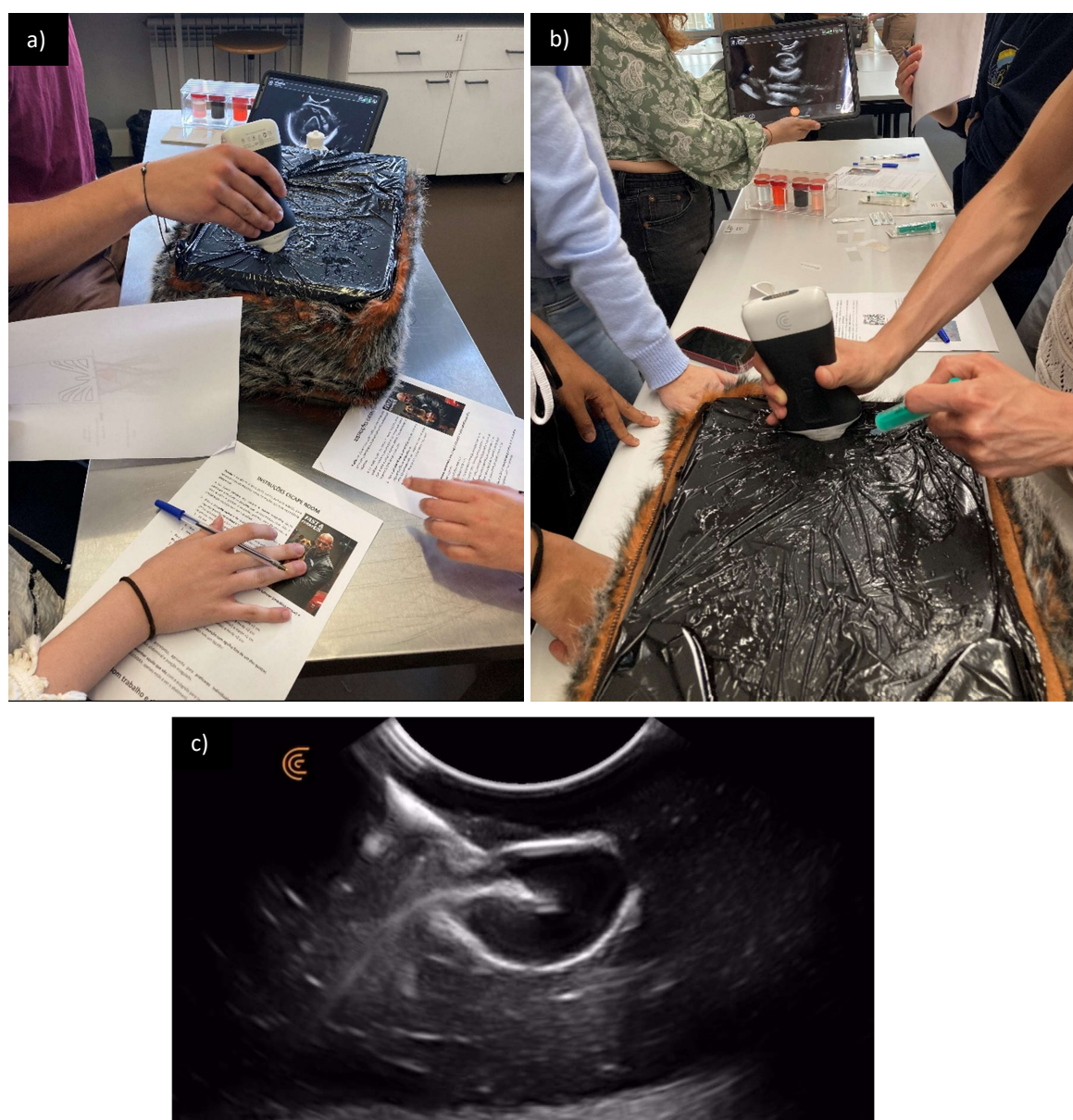


Figura 11. Atividades desenvolvidas pelos estudantes durante o “Escape Room”: exame ecográfico (a) e punção ecoguiada (b). c) Imagem ecográfica da punção ecoguiada feita num dos alvos preenchidos por líquido.

É de destacar que no inquérito Pós-Simulação, já havia estudantes (16%, 5/33) que referiam sentirem-se confiantes com a realização de uma PAF ecoguiada num animal vivo, sendo que a maioria

referia moderada insegurança (48%, 16/33), com uma minoria a responder negativamente (Figura 10). Para comparar a resposta a esta questão antes e depois da simulação foi utilizado o teste de Wilcoxon para amostras emparelhadas (Wilcoxon Signed-Rank Test), que foi estatisticamente significativo ($p = 0,00026$). É importante referir que a taxa de erro de identificação dos padrões ecográficos depois da simulação no modelo diminuiu, sendo que agora apenas 9 estudantes [29% (9/31), 2 estudantes não responderam] identificaram as ecotexturas de forma incorreta. Esta diferença foi estatisticamente significativa ($p = 0,03$, Wilcoxon Signed-Rank Test) demonstrando um efeito do modelo também ao nível da aprendizagem das ecotexturas abdominais.

Apesar da presença do modelo e dos apelos para praticarem, nem todos os estudantes realizaram ecografia (15%, 5/33 não realizaram), assim como nem todos realizaram PAF ecoguiada. Cerca de 44% [14/32 (1 não respondeu)], não realizaram o procedimento. Curiosamente, existiu uma correlação negativa significativa (Coeficiente de Spearman = -0,41; $p = 0,02$) entre a não realização do procedimento e a percepção de que o modelo *“melhorou a precisão na colheita de amostras por PAF”* (pergunta d, Anexo I). Efetivamente, os estudantes que realizaram a PAF ecoguiada no modelo atribuíram uma mediana de 4 (*“melhorou”*), enquanto os que não realizaram atribuíram uma mediana de 3 (*“nem melhorou nem piorou”*), indicando que a prática efetiva no modelo contribuiu para uma real percepção de melhoria na precisão da técnica. Globalmente, os estudantes recomendaram o uso do modelo como complemento prático aos conhecimentos adquiridos nas aulas (23/32; mediana = 5 *“concordo plenamente”*) e classificaram o modelo como realista (20/32; mediana = 4 *“realista”*).

Em suma, a atividade prática teve um impacto positivo na percepção de confiança e, sobretudo, na redução de erros por parte dos estudantes, demonstrando que o modelo contribuiu significativamente para a consolidação do conhecimento previamente adquirido de forma exclusivamente teórica. Importa salientar que os estudantes não só praticaram a técnica, como também evidenciaram a capacidade de reconhecer, na prática, estruturas e conceitos anteriormente abordados sobretudo em conteúdos teóricos. Assim, o modelo não se limitou a facilitar a execução da PAF ecoguiada, mas promoveu efetivamente a transição do conhecimento teórico para a competência prática. Adicionalmente, e mesmo sem que nenhuma revisão teórica sobre as ecotexturas de órgãos abdominais tenha sido incluído no modelo, importa enfatizar que este teve um efeito significativo na aprendizagem destes conteúdos por parte dos estudantes. Estes resultados reforçam, assim, a relevância da implementação de metodologias ativas na aprendizagem de técnicas clínicas.

4. CUSTOS

O material necessário para a construção de 1 modelo completo e respetivo custo encontram-se elencados na Tabela 3:

Tabela 3. Custos de cada componente do modelo de simulação e custo total.

Material	Quantidade	Preço
Gelatina em pó	1000g	18€/Kg
Psyllium em pó	200g	4,99/un
Farinha amido de milho	400g	4,10€/Kg
Corante alimentar	25mL	1,64€/un
Glicerina	200mL	7,99€/L
Tubo látex 5mm	30cm	2€
Tubo látex 24mm	50cm	6€
Balões látex	Variável	2€/100un
Rolhas cortiça	2 un	0,30€/un
Folha cartolina E.V.A.	Variável (40x60cm)	1,50€/un
Cola e Veda	280mL	6,99€/un
Caixa acrílico	1 un (35x29x8cm)	10€/un
Custo Total do fabrico de 1 modelo		≈60€

Os custos dos outros materiais testados para a construção do modelo de simulação, assim como uma alternativa para simular a pele canina fornecida pela empresa Vetiqo® (que permite melhorar o aspeto geral do modelo) encontram-se elencados na Tabela 4:

Tabela 4. Custos de outros materiais alternativos usados na construção do modelo de simulação.

Material	Quantidade	Preço
Silicone Smooth-On Dragon Skin™ 10 AF	3200-3600g	39,14€/Kg
Silicone Blanda blanda – Laboratorios Herbitas S.L.® + catalisador	500g	56,57€
Pele sintética - Vetiqo®	1 un (35x23cm)	68€/un

5. CONCLUSÃO

Ao longo deste trabalho, partiu-se do princípio ético e pedagógico de que a PAF ecoguiada em pequenos animais, embora amplamente reconhecida como método de diagnóstico, depende de competências técnicas específicas, nomeadamente a interpretação das imagens ecográficas e a coordenação precisa entre sonda e agulha. Considerando que o ensino baseado em competências é a matriz atual patente na Medicina Veterinária e que a recolha de amostras faz parte das competências de primeiro dia, desenvolveu-se um simulador de baixo custo e fácil fabrico, vocacionado para

instituições de ensino e oportunidades de formação prática como *workshops* para o ensino dessas competências.(Braid, 2022; Coombes & Silva-Fletcher, 2018; EAEVE et al., 2025)

Na fase inicial de conceção do modelo, testaram-se silicoes comerciais que, apesar de apresentarem propriedades mecânicas promissoras, revelaram-se pouco penetráveis aos feixes ecográficos e economicamente dispendiosos (Tabela 4). Em alternativa, formularam-se *phantoms* baseados em gelatina enriquecida com glicerina, *psyllium* e amido de milho, recriando de forma fidedigna a ecotextura hepática, com a granulação do seu parênquima, e esplénica, enquanto a adição de 10 % de NaCl assegurou uma durabilidade mínima de seis meses. Este modelo inclui ainda outros elementos anatómicos, como balões para vesícula biliar e quistos, tubos de látex para vasos e cólon, costelas acrílicas para punções intercostais, inseridos num recipiente acrílico que mimetiza a anatomia canina, oferecendo um dispositivo reprodutível, económico (face ao custo de *phantoms* comerciais) e simples de preparar e reparar.

Adicionalmente, o baixo custo e a durabilidade de simuladores “*home-made*” permitem desenhar experiências educativas replicáveis, essenciais para iniciantes em ecografia, que podem assim consolidar conceitos básicos, sem receio de custos adicionais ou restrições de equipamento. A simplicidade do fabrico favorece a sua integração plena em currículos de Medicina Veterinária, complementando, ao invés de substituir completamente, a utilização de simuladores comerciais ou pacientes reais, e preparando o estudante para técnicas mais avançadas, como anestesia epidural ou procedimentos invasivos guiados por ecografia. (Madden et al., 2022) A abordagem seguida neste trabalho consolida assim a máxima “*The first time never in a real animal*” patente à entrada de salas de simulação (frequentemente designadas de “*Skills Labs*”).

Na vertente pedagógica, um *Escape Room* educacional envolvendo estudantes do 3.º ao 5.º ano revelou um aumento estatisticamente significativo da confiança e uma redução substancial de erros em identificação ecográfica, tendo os participantes assinalado o benefício do ambiente seguro e da repetibilidade. O *Escape Room* permitiu também dar um *feedback* imediato, nomeadamente através das respostas corretas aos enigmas e à obtenção de tinta/corante de determinada cor nos quistos (por oposição à bexiga ou vesícula biliar). É consensual que o *feedback* é um fator crítico de aprendizagem. Este modelo lúdico e colaborativo reforçou as competências técnicas, assim com o trabalho em equipa e tomada de decisão clínica, enquanto diminui a probabilidade de obtenção de amostras celulares inadequadas em pacientes reais.

Os resultados obtidos na avaliação qualitativa permitem concluir que a atividade prática com o modelo de simulação teve um impacto positivo na formação dos estudantes, promovendo autoconfiança e redução do erro técnico. Importa destacar que os estudantes não treinaram apenas a execução da técnica, como também demonstraram capacidade de aplicar, com sucesso, conhecimentos previamente adquiridos em contexto teórico, traduzindo-os em competências práticas

observáveis durante a simulação. Além disso, a percepção dos Médicos Veterinários reforça a credibilidade e o valor do modelo enquanto instrumento de ensino clínico, com elevada aceitação e realismo percebido em diferentes estruturas anatômicas.

Em suma, o modelo de gelatina aqui descrito constitui uma ferramenta pedagógica importante, que alia fidelidade anatômica e ecográfica a custos reduzidos. A sua aplicabilidade pode transcender a formação de estudantes, abrangendo também a formação de Veterinários na prática clínica, especialmente aqueles que tenham elevadas taxas de amostras insuficientes, e sugere-se a sua adaptação a outros momentos formativos, como *workshops*. Ao proporcionar um ambiente padronizado e sem desconforto para o “paciente”, este simulador promove uma formação ética, segura e orientada pela evidência, prolongando o caminho da transformação curricular na Medicina Veterinária para um ensino baseado em competências.

6. PERSPETIVAS FUTURAS

Este estudo apresenta várias limitações, a nível do simulador e do desenho experimental. Quanto ao simulador, em primeiro lugar, importa referir que com a adição de *psyllium*, observou-se que parte da substância se depositava, originando uma estratificação visível na imagem ecográfica sob a forma de uma camada mais hiperecogénica. Este aspeto não corresponde às características de um fígado saudável, uma vez que nem essa divisão em fases nem essa textura se verificam em condições normais. Além disso, essa camada induz uma valorização artificial do padrão ecográfico das estruturas circundantes, comprometendo a fidelidade da imagem.

Como alternativa, propõe-se a substituição e/ou inclusão de órgãos reais ou peças anatômicas previamente fixadas no interior da gelatina abdominal. Esta abordagem permitiria ultrapassar o problema da estratificação e, simultaneamente, melhorar a fidelidade anatômica do modelo. Acresce ainda a vantagem de facilitar a representação de órgãos cuja construção artificial é complexa e de difícil replicação, como o estômago e os rins.

Outro aspeto do simulador que se considera passível de melhoria é a gelatina utilizada para preencher o espaço abdominal. Embora não seja totalmente anecoica, apresenta uma textura excessivamente homogênea e hipoecoica, assemelhando-se mais a líquido livre. Tal não corresponde à condição que se pretende simular, nomeadamente o abdómen normal de um cão, o que compromete o realismo ecográfico do modelo. Acresce ainda que a ausência de movimentos respiratórios compromete a fidelidade do modelo. Este é um elemento de grande relevância, uma vez que, na prática clínica, o ritmo respiratório influencia diretamente a qualidade da imagem ecográfica e constitui um desafio adicional durante a execução da técnica de punção ecoguiada. Assim, propomos que esta

funcionalidade seja integrada futuramente, sobretudo em modelos destinados a utilizadores com maior experiência, permitindo uma progressão pedagógica adequada: primeiro a consolidação da técnica em condições estáticas, seguida da introdução de variabilidade dinâmica para simular a realidade clínica com maior fidelidade.

Ainda sobre o modelo, sugere-se a substituição da camada superficial de polietileno, atualmente utilizada para simular a pele e reduzir o atrito da sonda na gelatina, por uma pele sintética (e.g. pele de silicone, Vetiqo®). Este material reproduz de forma mais fidedigna a pele canina após tricotomia, incluindo pormenores anatómicos como mamilos, linha alba e cicatriz umbilical, e a sua textura aproxima-se mais à sensação tátil biológica. Apesar da sua utilização reduzir ligeiramente a resolução da imagem ecográfica e aumentar o custo de produção do modelo, considera-se que os benefícios obtidos, em termos de realismo e aplicabilidade, superam essas limitações.

Ainda sobre o simulador, será igualmente importante proceder a uma validação quantitativa do modelo, através da medição da velocidade de propagação do som nos materiais utilizados, garantindo que os ultrassons atravessam tecidos com características acústicas semelhantes às do parênquima hepático e esplénico, garantindo que a validação não deverá basear-se exclusivamente na avaliação visual das imagens ecográficas.

A nível de desenho experimental, são elencáveis algumas limitações. Em primeiro lugar, não foi aqui realizada uma aferição do procedimento através de formulários estruturados (*Objective Structured Clinical Examination*; OSCE) nem havia uma descrição passo a passo da técnica de PAF ecoguiada no vídeo fornecido nas instruções. Assim, apesar dos estudantes manifestarem um aumento da confiança no procedimento, este não foi verificado individualmente e de forma sistemática. Outra limitação prende-se com o número de estudantes e com o facto de não ter sido incluído um grupo controlo (que veria apenas vídeos) que seria depois comparado com o grupo que usou o simulador. Apesar da existência de inquéritos antes e após a atividade, não se pode excluir que os efeitos positivos na aprendizagem se devam exclusivamente ao simulador, podendo ser devidos a outros fatores, como o trabalho em equipa ou a aprendizagem entre pares. Adicionalmente, não foi possível avaliar a manutenção das competências adquiridas pelos estudantes. Esta limitação poderia ser ultrapassada através da repetição da avaliação, utilizando a mesma grelha de observação, após um intervalo de seis meses ou um ano, o que permitiria verificar a retenção de conhecimentos e habilidades práticas a médio prazo.

Importa referir ainda que alguns estudantes não chegaram a realizar a PAF ecoguiada, que constituía o principal objetivo do simulador. Esta limitação deveu-se, essencialmente, à natureza voluntária da participação e ao tempo restrito alocado ao “*Escape Room*”. A integração desta atividade no plano de uma Unidade Curricular permitiria garantir uma execução mais uniforme da técnica por

todos os estudantes, bem como a sua avaliação objetiva e estruturada, nomeadamente através da aplicação de OSCEs.

Por fim, sugere-se o refinamento do modelo, quer a nível do conteúdo (ingredientes) quer a nível do contentor (invólucro). No primeiro ponto, deverão ser testados outros tipos de silicones e substâncias alternativas. Apesar da gelatina apresentar vantagens como durabilidade, versatilidade, e baixo custo, a sua conservação e transporte são pouco práticos, exigindo condições específicas de refrigeração e apresentando limitações logísticas importantes. A nível do invólucro, pretende-se melhorar a construção da grade costal, usando impressão 3D e materiais flexíveis (e.g. Filaflex), para permitir que se possa pressionar nas uniões costochondrais, tal como é feito na prática clínica. Ainda assim, importa referir que a parte mais árdua do trabalho (construção e validação do modelo) já se encontra concluída, sendo apenas de perspetivar melhoramentos que decorrerão de uma utilização mais ampla por docentes e estudantes.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Alencar, J. L., Prado, M. R., Ercolin, A. C. M., Pires, S. T., Disselli, T., Stanquini, C. S., de Andrade, A. M. R., & Hage, M. (2023). Artisanal model replaces animal use for ultrasound-guided fine needle puncture practice in medical sciences teaching. *Adv Physiol Educ*, 47(2), 366-371. <https://doi.org/10.1152/advan.00034.2023>
- Beaulieu, A., Nykamp, S., Phillips, J., Arroyo, L. G., Koenig, J., & Zur Linden, A. (2022). Development and Validation of a Three-Dimensional Printed Training Model to Teach Ultrasound-Guided Injections of the Cervical Articular Process Joints in Horses. *J Vet Med Educ*, 49(4), 442-453. <https://doi.org/10.3138/jvme-2020-0137>
- Berendes, S., Schaper, E., Tipold, A., & Wissing, S. (2023). Evaluation of the eOSCE for testing clinical skills. *Front Vet Sci*, 10, 1196311. <https://doi.org/10.3389/fvets.2023.1196311>
- Braid, H. R. (2022). The Use of Simulators for Teaching Practical Clinical Skills to Veterinary Students — A Review. *Alternatives to Laboratory Animals*, 50(3), 184-194. <https://doi.org/10.1177/02611929221098138>
- Bude, R. O., & Adler, R. S. (1995). An easily made, low-cost, tissue-like ultrasound phantom material. *Journal of Clinical Ultrasound*, 23(4), 271-273. <https://doi.org/https://doi.org/10.1002/jcu.1870230413>
- Cafarelli, A., Miloro, P., Verbeni, A., Carbone, M., & Menciassi, A. (2016). Speed of sound in rubber-based materials for ultrasonic phantoms. *Journal of Ultrasound*, 19(4), 251-256. <https://doi.org/10.1007/s40477-016-0204-7>
- Cafarelli, A., Verbeni, A., Poliziani, A., Dario, P., Menciassi, A., & Ricotti, L. (2017). Tuning acoustic and mechanical properties of materials for ultrasound phantoms and smart substrates for cell cultures. *Acta Biomater*, 49, 368-378. <https://doi.org/10.1016/j.actbio.2016.11.049>
- Carrig, C. B., & Pyle, R. L. (2001). ANATOMIC MODELS AND PHANTOMS FOR DIAGNOSTIC ULTRASOUND INSTRUCTION. *Veterinary Radiology & Ultrasound*, 42(4), 320-328. <https://doi.org/https://doi.org/10.1111/j.1740-8261.2001.tb00947.x>
- Cloonan, A. J., Shahmirzadi, D., Li, R. X., Doyle, B. J., Konofagou, E. E., & McGloughlin, T. M. (2014). 3D-Printed Tissue-Mimicking Phantoms for Medical Imaging and Computational Validation Applications. *3D Print Addit Manuf*, 1(1), 14-23. <https://doi.org/10.1089/3dp.2013.0010>
- Coombes, N., & Silva-Fletcher, A. (2018). *Veterinary clinical skills manual*. CABI.
- Culjat, M. O., Goldenberg, D., Tewari, P., & Singh, R. S. (2010). A review of tissue substitutes for ultrasound imaging. *Ultrasound Med Biol*, 36(6), 861-873. <https://doi.org/10.1016/j.ultrasmedbio.2010.02.012>
- Czerner, M., Martucci, J. F., Fasce, L. A., Ruseckaite, R. A., & Frontini, P. M. (2013). Mechanical and Fracture Behavior of Gelatin Gels.
- Da Costa, B. N., Sousa, M. G., Tanji, F. N., Ulanin, M., Wolf, M., & Stedile, S. T. O. (2022). The Use of 3-D Models of Echocardiographic Imaging Planes for Teaching Echocardiography Techniques for Use in Dogs and Cats. *Alternatives to Laboratory Animals*, 50(3), 208-220. <https://doi.org/10.1177/02611929221101608>
- Davis, M. H., Ponnampertuma, G. G., McAleer, S., & Dale, V. H. (2006). The Objective Structured Clinical Examination (OSCE) as a determinant of veterinary clinical skills. *J Vet Med Educ*, 33(4), 578-587. <https://doi.org/10.3138/jvme.33.4.578>
- Deepscope Ltd. (n.d.). *Deepscope Veterinary Ultrasound Simulator*. London, UK: Deepscope Ltd. Consultado em <https://www.deepscope.co.uk/veterinary>, 18/07/2025
- Dennison, S. E., & Delaney, F. A. (2010). An in-house phantom as an alternative to commercially available Doppler flow phantoms. *Vet Radiol Ultrasound*, 51(5), 545-547. <https://doi.org/10.1111/j.1740-8261.2010.01697.x>
- EAEVE, Baillie, S., Lekeux, P., Barbarossa, A., Rackard, S., Cadiergues, M.-C., Yurdakök, B., & Göbel, T. (2025). EAEVE Guidelines for Assessment in Veterinary Education. *OSF*. <https://doi.org/10.17605/osf.io/x9cyr>

- Elevate Healthcare Inc. (n.d.). *Soft Tissue Biopsy Ultrasound Training Block*. Sarasota, USA: Elevate Healthcare Inc. Consultado em <https://www.gtsimulators.com/collections/cae-blue-phantom-cae-healthcare/products/soft-tissue-biopsy-ultrasound-training-block-bptm130>, 18/07/2025
- Elisei, R. C., Graur, F., Melzer, A., Moldovan, S. C., Tiu, C., Popa, C., Mois, E., Pisla, D., Vaida, C., Stefanescu, H., Cote, A., & Al-Hajjar, N. (2024). Liver Phantoms Cast in 3D-Printed Mold for Image-Guided Procedures. *Diagnostics (Basel)*, 14(14). <https://doi.org/10.3390/diagnostics14141521>
- Elisei, R. C., Graur, F., Szold, A., Melzer, A., Moldovan, S. C., Motrescu, M., Mois, E., Popa, C., Pisla, D., Vaida, C., Tudor, T., Cote, A., & Al-Hajjar, N. (2024). Gelatin-Based Liver Phantoms for Training Purposes: A Cookbook Approach. *J Clin Med*, 13(12). <https://doi.org/10.3390/jcm13123440>
- European Coordination Committee for Veterinary Training (ECCVT). (2019). *List of subjects and Day One Competences (approved on 17 January 2019)*. Brussels, Belgium: ECCVT.
- Evans, H. E., & DeLahunta, A. (2017). *Guide to the dissection of the dog* (Eighth edition. ed.). Elsevier.
- Farrer, A. I., Odeen, H., de Bever, J., Coats, B., Parker, D. L., Payne, A., & Christensen, D. A. (2015). Characterization and evaluation of tissue-mimicking gelatin phantoms for use with MRgFUS. *J Ther Ultrasound*, 3, 9. <https://doi.org/10.1186/s40349-015-0030-y>
- Fletcher, D. J., Militello, R., Schoeffler, G. L., & Rogers, C. L. (2012). Development and evaluation of a high-fidelity canine patient simulator for veterinary clinical training. *J Vet Med Educ*, 39(1), 7-12. <https://doi.org/10.3138/jvme.0711.073R>
- Fodor, D., Badea, R., Poanta, L., Dumitrascu, D. L., Buzoianu, A. D., & Mircea, P. A. (2012). The use of ultrasonography in learning clinical examination - a pilot study involving third year medical students. *Med Ultrason*, 14(3), 177-181. <https://doi.org/10.11152/mu.2013.2066.143.df177>
- Forrest, K., McKimm, J., & Edgar, S. (2013). *Essential Simulation in Clinical Education*. Wiley. <https://books.google.pt/books?id=naODDwAAQBAJ>
- Gelberg, S., & Gelberg, H. (2005). Stress Management Interventions for Veterinary Students. *Journal of Veterinary Medical Education*, 32(2), 173-181. <https://doi.org/10.3138/jvme.32.2.173>
- Giannotti, E., Jethwa, K., Closs, S., Sun, R., Bhatti, H., James, J., & Clarke, C. (2022). Promoting simulation-based training in radiology: a homemade phantom for the practice of ultrasound-guided procedures. *Br J Radiol*, 95(1137), 20220354. <https://doi.org/10.1259/bjr.20220354>
- Gresens, A. A., Britt, R. C., Feliberti, E. C., & Britt, L. D. (2012). Ultrasound-guided breast biopsy for surgical residents: evaluation of a phantom model. *J Surg Educ*, 69(3), 411-415. <https://doi.org/10.1016/j.jsurg.2011.10.015>
- Hoshi, K., Irisawa, A., Shibukawa, G., Yamabe, A., Fujisawa, M., Igarashi, R., Yoshida, Y., Abe, Y., & Imbe, K. (2016). Validation of a realistic, simple, and inexpensive EUS-FNA training model using isolated porcine stomach. *Endosc Int Open*, 4(9), E1004-1008. <https://doi.org/10.1055/s-0042-110094>
- Kim, Y. H. (2016). Ultrasound Phantoms to Protect Patients from Novices. *Korean J Pain*, 29(2), 73-77. <https://doi.org/10.3344/kjp.2016.29.2.73>
- Knight, A. (2007). The effectiveness of humane teaching methods in veterinary education. *Altex*, 24(2), 91-109. <https://doi.org/10.14573/altex.2007.2.91>
- Le, M. T., Voigt, L., Nathanson, R., Maw, A. M., Johnson, G., Dancel, R., Mathews, B., Moreira, A., Sauthoff, H., Gelabert, C., Kurian, L. M., Dumovich, J., Proud, K. C., Solis-McCarthy, J., Candotti, C., Dayton, C., Arena, A., Boesch, B., Flores, S.,...Soni, N. J. (2022). Comparison of four handheld point-of-care ultrasound devices by expert users. *Ultrasound J*, 14(1), 27. <https://doi.org/10.1186/s13089-022-00274-6>
- Lerski, R. A., Duggan, T. C., & Christie, J. (1982). A simple tissue-like ultrasound phantom material. *Br J Radiol*, 55(650), 156-157. <https://doi.org/10.1259/0007-1285-55-650-156>
- Lombardero, M., Yllera, M. M., Costa-E-Silva, A., Oliveira, M. J., & Ferreira, P. G. (2017). Saturated salt solution: a further step to a formaldehyde-free embalming method for veterinary gross anatomy. *Journal of Anatomy*, 231(2), 309-317. <https://doi.org/10.1111/joa.12634>

- Luis Pires, J., Payo, P., & Marcos, R. (2022). The Use of Simulators for Teaching Fine Needle Aspiration Cytology in Veterinary Medicine. *J Vet Med Educ*, 49(1), 39-44. <https://doi.org/10.3138/jvme-2020-0036>
- Madden, M., Collins, R., Schwarz, T., & Sunol, A. (2022). Use of 3D Printing Technology to Create a Canine Simulator for Cerebrospinal Fluid Sampling at the Lumbar Subarachnoid Space. *J Vet Med Educ*, e20210159. <https://doi.org/10.3138/jvme-2021-0159>
- Mangalote, I. A. C., Aboumarzouk, O., Al-Ansari, A. A., & Dakua, S. P. (2024). A comprehensive study to learn the impact of augmented reality and haptic interaction in ultrasound-guided percutaneous liver biopsy training and education. *Artificial Intelligence Review*, 57(7). <https://doi.org/10.1007/s10462-024-10791-6>
- Marcos, R., Fonte-Oliveira, L., Santos, M., & Caniatti, M. (2023). An immersive simulation strategy to teach cytology sample collection methods and basic diagnosis skills: A two academic center study. *Vet Clin Pathol*, 52(4), 722-731. <https://doi.org/10.1111/vcp.13280>
- Marcos, R., Moreira, R., Macedo, S., & Lopes, G. (2024). Desenvolvimento e validação de modelo de simulação para citologia vaginal canina. *Journal of Veterinary Medical Education*, 51(3), e20240141-e20240204. <https://doi.org/10.3138/jvme-2022-0141.pt>
- Moore, B. T., Osika, T., Satterly, S., Shah, S., Thirion, T., Hampton, S., Aylward, S., & Montgomery, S. (2023). Evaluation of commercially available point-of-care ultrasound for automated optic nerve sheath measurement. *Ultrasound J*, 15(1), 33. <https://doi.org/10.1186/s13089-023-00331-8>
- Neubauer, V., Gächter, A., Probst, T., Brühl, D., Dale, R., Pieh, C., & Humer, E. (2024). Stress factors in veterinary medicine - a cross-sectional study among veterinary students and practicing vets in Austria. *Frontiers in Veterinary Science*, 11. <https://doi.org/10.3389/fvets.2024.1389042>
- Nicholson, R. A., & Crofton, M. (2014). Training phantom for ultrasound guided biopsy. *British Journal of Radiology*, 70(830), 192-194. <https://doi.org/10.1259/bjr.70.830.9135447>
- Noyes, J. A., Carbonneau, K. J., & Matthew, S. M. (2022). Comparative Effectiveness of Training with Simulators Versus Traditional Instruction in Veterinary Education: Meta-Analysis and Systematic Review. *J Vet Med Educ*, 49(1), 25-38. <https://doi.org/10.3138/jvme-2020-0026>
- Osmer, C. L. (2008). A gelatine-based ultrasound phantom. *Anaesthesia*, 63(1), 107-107. <https://doi.org/https://doi.org/10.1111/j.1365-2044.2007.05396.x>
- Pacioni, A., Carbone, M., Freschi, C., Viglialoro, R., Ferrari, V., & Ferrari, M. (2015). Patient-specific ultrasound liver phantom: materials and fabrication method. *Int J Comput Assist Radiol Surg*, 10(7), 1065-1075. <https://doi.org/10.1007/s11548-014-1120-y>
- Penninck, D., & d'Anjou, M. A. (2015). *Atlas of Small Animal Ultrasonography* (2nd ed.). Wiley. <https://books.google.pt/books?id= d1bCwAAQBAJ>
- Phillips, H., Franklin, C., Brearley, J., Holmes, M., & Genain, M. A. (2023). Natural ballistic gelatine ultrasound phantoms are suitable to be used for student education and can be produced cheaply and effectively. *Veterinary Radiology & Ultrasound*, 64(4), 733-739. <https://doi.org/10.1111/vru.13235>
- Qurash, M. T., Yaacob, N. Y., Azuan, N., Khaleel, Y. S., & Zakaria, R. (2018). Special Ultrasound Phantom for Interventional Training: Construction, Advantages, and Application. *J Med Ultrasound*, 26(4), 210-214. https://doi.org/10.4103/JMU.JMU_40_18
- Rethy, A., Sæternes, J. O., Halgunset, J., Mårvik, R., Hofstad, E. F., Sánchez-Margallo, J. A., & Langø, T. (2018). Anthropomorphic liver phantom with flow for multimodal image-guided liver therapy research and training. *International Journal of Computer Assisted Radiology and Surgery*, 13(1), 61-72. <https://doi.org/10.1007/s11548-017-1669-3>
- Richardson, C., Bernard, S., & Dinh, V. A. (2015). A Cost-effective, Gelatin-Based Phantom Model for Learning Ultrasound-Guided Fine-Needle Aspiration Procedures of the Head and Neck. *J Ultrasound Med*, 34(8), 1479-1484. <https://doi.org/10.7863/ultra.34.8.1479>
- Rothberg, J. M., Ralston, T. S., Rothberg, A. G., Martin, J., Zahorian, J. S., Alie, S. A., Sanchez, N. J., Chen, K., Chen, C., Thiele, K., Grosjean, D., Yang, J., Bao, L., Schneider, R., Schaetz, S., Meyer, C., Neben, A., Ryan, B., Petrus, J. R.,...Fife, K. G. (2021). Ultrasound-on-chip platform for medical

- imaging, analysis, and collective intelligence. *Proc Natl Acad Sci U S A*, 118(27). <https://doi.org/10.1073/pnas.2019339118>
- Russell, F. M., Zakeri, B., Herbert, A., Ferre, R. M., Leiser, A., & Wallach, P. M. (May 2022). The State of Point-of-Care Ultrasound Training in Undergraduate Medical Education: Findings From a National Survey. *Academic Medicine*, 97(5). <https://doi.org/10.1097/ACM.00000000000004512>
- Scalese, R. J., & Issenberg, S. B. (2005). Effective Use of Simulations for the Teaching and Acquisition of Veterinary Professional and Clinical Skills. *Journal of Veterinary Medical Education*, 32(4), 461-467. <https://doi.org/10.3138/jvme.32.4.461>
- Shrimal, P., Thakur, N., Gopinath, B., Mishra, P. R., Rajalekshmi, R., Bhoi, S., Aggarwal, P., Jamshed, N., & Upadhyay, A. D. (2024). Comparing commercial versus low-cost gelatinous phantoms for ultrasound-guided needle tracking: A randomized crossover trial, among emergency medicine residents. *Turk J Emerg Med*, 24(2), 103-110. https://doi.org/10.4103/tjem.tjem_206_23
- Statistics Kingdom. (2017). *Statistics calculators*. Melbourne, Australia: Statistics Kingdom. Consultado em <http://www.statskingdom.com>, 18/07/2025
- Sugimoto, K., Moriyasu, F., Shiraishi, J., Yamada, M., & Imai, Y. (2011). A phantom study comparing ultrasound-guided liver tumor puncture using new real-time 3D ultrasound and conventional 2D ultrasound. *AJR Am J Roentgenol*, 196(6), W753-757. <https://doi.org/10.2214/AJR.10.5552>
- Tan, X., Li, D., Jeong, M., Yu, T., Ma, Z., Afat, S., Grund, K.-E., & Qiu, T. (2021). Soft Liver Phantom with a Hollow Biliary System. *Annals of Biomedical Engineering*, 49(9), 2139-2149. <https://doi.org/10.1007/s10439-021-02726-x>
- Tanious, S. F., Cline, J., Cavin, J., Davidson, N., Coleman, J. K., & Goodmurphy, C. W. (2015). Shooting with sound: optimizing an affordable ballistic gelatin recipe in a graded ultrasound phantom education program. *J Ultrasound Med*, 34(6), 1011-1018. <https://doi.org/10.7863/ultra.34.6.1011>
- True Phantom Solutions. (n.d.). *Dog Phantom – Training Ultrasound*. Ontario, Canada: True Phantom Solutions. Consultado em <https://www.truephantom.com/product/dog-phantom-training-ultrasound/>, 18/07/2025
- Turner, R. B. S., Liffman, R., Woodward, A. P., Beck, C., Courtman, N., & Dandrieux, J. R. S. (2021). Assessment of the clinical usefulness of ultrasound-guided cytological specimens obtained from gastrointestinal lesions in dogs and cats. *J Small Anim Pract*, 62(2), 114-122. <https://doi.org/10.1111/jsap.13260>
- Valliyate, M., Robinson, N. G., & Goodman, J. R. (2012). Current concepts in simulation and other alternatives for veterinary education: a review [journal article]. *Veterinární medicína*, 57(7), 325-337. <https://doi.org/10.17221/6261-VETMED>
- Vernemmen, I., Demeyere, M., Van Steenkiste, G., Buschmann, E., Decloedt, A., & Van Loon, G. (2025). Novel Intracardiac Ultrasound Images Developed on a Cardiac Ultrasound Simulator and Validated in Live Horses. *Journal of Veterinary Internal Medicine*, 39(3). <https://doi.org/10.1111/jvim.70087>
- Yoo, M. C., Villegas, L., & Jones, D. B. (2004). Basic ultrasound curriculum for medical students: validation of content and phantom. *J Laparoendosc Adv Surg Tech A*, 14(6), 374-379. <https://doi.org/10.1089/lap.2004.14.374>

ANEXOS

Anexo A

Tabela A1. Tabela comparativa das características das sondas *Clarius C7 Vet HD3* e *Butterfly iQ+ Vet*.

Marca	Modelo	Tipo de transdutor	Frequência	Bateria	Peso	Sistema Operativo
<i>Butterfly</i>	iQ+ Vet	2D Chip CMOS integrado com transdutores CMUT de aprox. 9000 elementos	1-10 MHz Profundidade máxima: 30cm	120 minutos de uso contínuo Tempo de carregamento: 5 horas (carregamento sem fios, por indução)	309g	Ligação por cabo a dispositivos iOS: Apple iOS 14+ Android: Android 11+
<i>Clarius</i>	C7 Vet HD3	Microconvexo com cristais piezoelétricos	3–10 MHz Profundidade máxima: 18cm	60 minutos de uso contínuo (tempo máximo recomendado por exame: 20 min) Tempo de carregamento: 90 minutos	289g	Ligação wireless via Bluetooth 4.0 + Wi-Fi 5GHz iOS: Apple iOS 14+ Android: Android 11+

Anexo B

Tabela B1. Tabela comparativa dos testes realizados com diferentes materiais.

Teste	Material	Características	Resultados
Teste 1: Silicone 1 puro VS Talco	Silicone <i>Smooth-On</i> <i>Dragon</i> <i>Skin™ 10 AF</i> <i>Anti-</i> <i>Fungal*</i>	100% silicone → para avaliar textura e maleabilidade geral do silicone Smooth-On 10AF - Silicone + 5% pó de talco → o talco aumenta a ecogenicidade do silicone, no entanto, não pode exceder 5% do peso	- Moldes duros e difíceis de desenformar Ecografia: - Ambos ecogénicos, mas imagem melhor e mais profunda com talco. - Penetração limitada a 3 cm, provavelmente por bolhas de ar → retirar gás encapsulado nos próximos testes. - Bolas de <i>paintball</i> visíveis, mas sem avaliação em profundidade. - Agulha pouco visível; trajeto e entrada visíveis após remoção. - Sugere-se <i>Slacker™</i> 7% para o silicone se unir após punção. - Próximos moldes: manter bolas de <i>paintball</i> e talco.
Teste 2: Silicone 1 Vaselina VS Óleo mineral	Silicone <i>Smooth-On</i> <i>Dragon</i> <i>Skin™ 10 AF</i> <i>Anti-</i> <i>Fungal*</i>	- Silicone + 5% pó de talco + 20% óleo mineral - Silicone + 5% pó de talco + 20% vaselina - talco aumenta a ecogenicidade do silicone, no entanto, não pode exceder 5% do peso - óleo/vaselina ajuda a integrar melhor o talco, não podendo exceder 20% do peso	- Menor presença de bolhas de ar - Vaselina conferiu uma textura mais fluída e elástica. Ecografia: - Ambos ecogénicos; imagem mais homogênea com vaselina. - Penetração ecográfica limitada a 3 cm, provavelmente por bolhas de ar - Bolas de <i>paintball</i> visíveis, mas sem avaliação em profundidade. - Agulha pouco visível; trajeto visível após remoção.
Teste 3: Silicone 1 Vácuo	Silicone <i>Smooth-On</i> <i>Dragon</i> <i>Skin™ 10 AF</i> <i>Anti-</i> <i>Fungal*</i>	- Silicone + 5% pó de talco + 20% vaselina - Foi retirado o ar com recurso a exsicador, como recomendado em Pacioni et al. (2015)	Exsicador: reduziu significativamente as bolhas de ar → obrigatório em modelos futuros. Ecografia: - Imagem mais homogênea e hipoeoica. - Profundidade de penetração ainda limitada a 3 cm, apesar da melhoria de imagem. - Cápsula da bola de <i>paintball</i> visível.
Teste 4: Silicone 2 Blanda blanda	Silicone Laboratorios Herbitas S.L.® Blanda blanda	- Extra macio - Dureza shore A: 2-4 1 gota de catalisador (<i>reaktol</i>) por cada grama de silicone - Foi retirado o ar com recurso a exsicador	Exsicador ineficaz neste modelo devido à maior viscosidade do silicone. - Fácil e rápido de manusear. Vantagem: o molde recupera a forma e regenera o trajeto da agulha Ecografia: - Imagem mais homogênea e hipoeoica. - Penetração ecográfica limitada a 5 cm, apesar da boa imagem. - Cápsula da bola de <i>paintball</i> visível.
Teste 5: Gelatina normal VS 20% [NaCl]	Gelatina balística	- Água + 14% gelatina em pó + 0,6% glicerina - Água com 20% [NaCl] + 14% gelatina + 0,6% glicerina	Modelo com água normal: - Frágil e friável - Solidificou totalmente no frigorífico após 4h Modelo com água hipersalina: - Não solidificou no frigorífico mesmo após 1 semana (consistência ≈ clara de ovo) → necessário solidificar no congelador a -18°C.

			• Desvantagens: perde consistência ao manusear, limitando o tempo de uso; inserção de objetos difícil, pois boiam devido à menor densidade relativa. • Vantagem: ao ser aquecido e voltar a solidificar, recupera a forma original, eliminando os trajetos da agulha. Ecografia: • Imagem homogênea e hipoeicoica. • Penetração ecográfica máxima, com boa visualização da cápsula da bola de <i>paintball</i>. • Agulha visível durante inserção; trajeto e ponto de entrada visíveis após remoção. • Perde integridade com uso prolongado, especialmente se for congelado.
Teste 6: Gelatina 20% [NaCl] VS 10% [NaCl]	Gelatina balística com 10% [NaCl]	• Água com 20% [NaCl] + 14% gelatina + 0,6% glicerina • Água com 10% [NaCl] + 14% gelatina + 0,6% glicerina	Modelo com água hipersalina a 10% [NaCl]: • Após 18 dias, mantém forma, consistência e sem sinais de fungos. • Solidificou no frigorífico em 4 h → necessário avaliar estabilidade à temperatura ambiente. • Inserção de objetos difícil • Vantagem: ao ser aquecido e voltar a solidificar, recupera a forma original, eliminando os trajetos da agulha. Ecografia: • Imagem homogênea e hipoeicoica. • Penetração ecográfica máxima, com visualização da cápsula da bola de <i>paintball</i>. • Agulha bem visível durante inserção; trajeto e ponto de entrada visíveis após remoção.
Teste 7: Gelatina Fígado	Gelatina balística com <i>psyllium</i>	• Água com 10% [NaCl] + 14% gelatina + 0,6% glicerina + 2,5% <i>psyllium</i> • Água com 10% [NaCl] + 14% gelatina + 0,6% glicerina + 2,5% <i>psyllium</i> + 20% álcool etílico 96%	• Durante a solidificação ocorreu estratificação do <i>psyllium</i> → evitar este erro na preparação futura. Ecografia: • A adição de <i>psyllium</i> gerou um padrão ecográfico semelhante ao do fígado. • Álcool destabilizou a consistência e não melhorou a imagem → será excluído nas próximas formulações. • Agulha visível durante inserção; trajeto e ponto de entrada visíveis após remoção.
Teste 8: Gelatina Baço	Gelatina balística com amido de milho	• Água com 10% [NaCl] + 14% gelatina + 0,6% glicerina + 16% amido de milho	• Textura mais densa e consistente, com opacidade natural conferida pela farinha. Ecografia: • Imagem mais homogênea e hiperecogénica em comparação com o modelo com <i>psyllium</i>. • Agulha visível durante inserção; trajeto e ponto de entrada visíveis após remoção.

*Nota: características técnicas do silicone *Smooth-On Dragon Skin™ 10 AF Anti Fungal*:

- Viscosidade: 23 Pa·s
- Densidade: 1.070 kg/m³
- Volume específico: 1,49 × 10⁻³ m³/kg
- Tempo de trabalho: 20 min
- Tempo de cura: 5h
- Dureza Shore A: 10A
- Resistência à tração: 3,28 MPa
- Módulo a 100%: 0,15 MPa
- Alongamento na rutura: 1000%
- Resistência ao rasgo (Die B): 17,8 kN/m
- Contração: <0,001 mm/mm

Anexo C – Formulações

Formulação base

- **Material:** 1 taça, 1 copo medidor, uma balança, uma colher/vara de arames, uma panela, um recipiente da medida pretendida, uma fonte de calor.
- **Ingredientes:**
 - 4000mL de água com concentração de NaCl a 10%
 - 560g (14%) gelatina em pó, incolor, sem sabor e sem açúcar
 - 24mL (0,6%) glicerina líquida
- **Preparação:**
 - Adicionar a glicerina à água salina numa panela e misturar. Uma vez quente, adicionar a gelatina e mexer até dissolver (uma vara de arames facilita o processo).
 - Depois de dissolvido, retirar com a ajuda de uma colher a espuma que se formou à superfície.
 - Verter para o recipiente e levar ao frigorífico ou congelador para solidificar.
- **Tempo de solidificação:** 4-5h e 2h, respetivamente. No frigorífico deve ficar 8h no mínimo para obter melhores resultados.
- **Conservar no frigorífico, tapado para evitar dessecação.** Mantém-se útil durante 9 meses, no mínimo, e pode ser manipulado à temperatura ambiente durante 2 horas.

Formulação para Fígado

Considerando a formulação inicial:

- **Ingredientes:**
 - 2500mL de água com concentração de NaCl a 10%
 - 350g (14%) gelatina em pó, incolor e sem sabor
 - 15mL (0,6%) glicerina líquida
 - 62,5g (2,5%) *psyllium*
- **Preparação:**
 - Adicionar a glicerina à água salina numa panela e misturar. Uma vez quente, adicionar a gelatina e mexer até dissolver (uma vara de arames facilita o processo).
 - Depois de dissolvido, retirar com a ajuda de uma colher a espuma que se formou à superfície e adicionar o *psyllium*, mexendo até homogeneizar.
 - Verter para o recipiente e levar ao frigorífico ou congelador para solidificar.

Formulação para Baço

- **Ingredientes:**

- 432mL de água com concentração de NaCl a 10%
- 60g (14%) gelatina em pó, incolor e sem sabor
- 2,6mL (0,6%) glicerina líquida
- 69g (16%) farinha de amido de milho

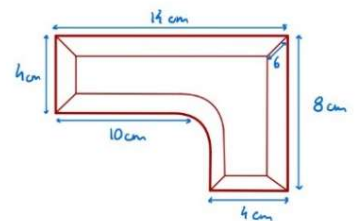
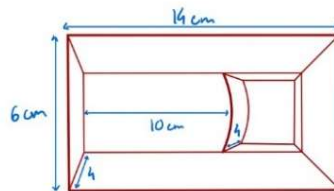
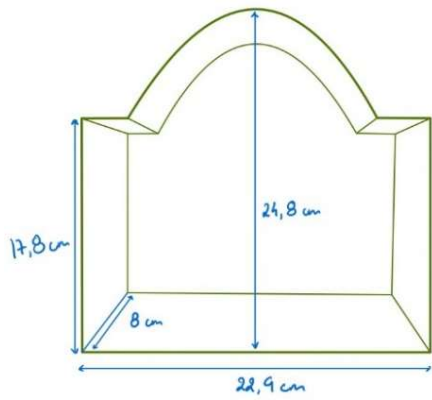
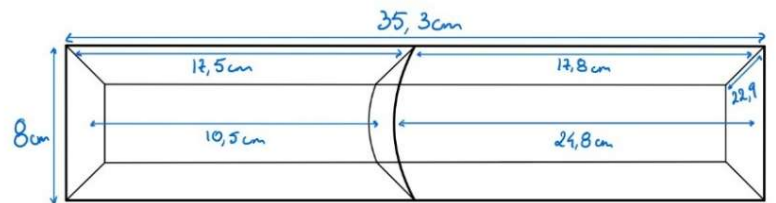
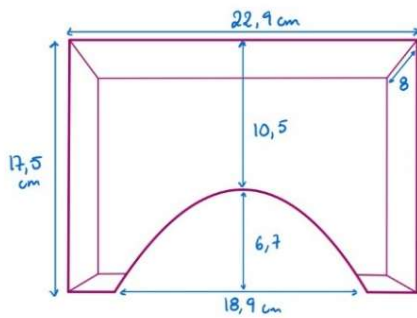
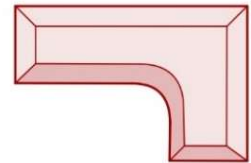
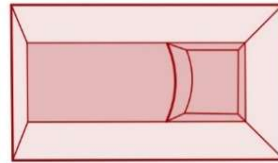
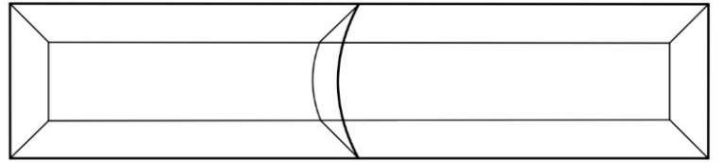
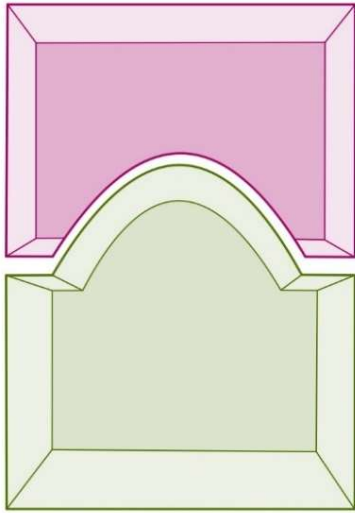
- **Preparação:**

- Adicionar a glicerina à água salina numa panela e misturar. Uma vez quente, adicionar a gelatina e mexer até dissolver (uma vara de arames facilita o processo).
- Depois de dissolvido, retirar com a ajuda de uma colher a espuma que se formou à superfície.
- De seguida, adicionar a farinha de amido de milho e dissolver até atingir uma consistência homogénea e espessa (tipo iogurte), tendo cuidado para não formar espuma ou incorporar ar. Caso o preparado fique com uma textura esponjosa, deve ser descartado e realizado um novo.
- Verter para o recipiente e levar ao frigorífico ou congelador para solidificar.

Recomendações e cuidados:

- É muito importante retirar toda a espuma que se formar para diminuir as bolhas de ar na mistura final.
- Para corrigir imperfeições, perfurações de agulhas ou recolocar alvos, basta aquecer novamente a gelatina (ou a área afetada) e colocar no frigorífico para solidificar. É importante garantir que não há bolhas de ar e o tempo de solidificação é mais curto.
- Podem ser adicionadas algumas gotas de corante aos preparados para tornar a sua superfície opaca e impossibilitar a visualização de estruturas mais profundas.
- Tempo total de fabrico de um (1) simulador completo, tendo já os moldes preparados para verter os preparados de gelatina: ≈24h

Anexo D – Desenho dos moldes



Anexo E

Imagens comparativas de imagens reais de fígado, baço, cólon, doppler de cor de veia cava, com as imagens obtidas em condições ótimas pelo modelo

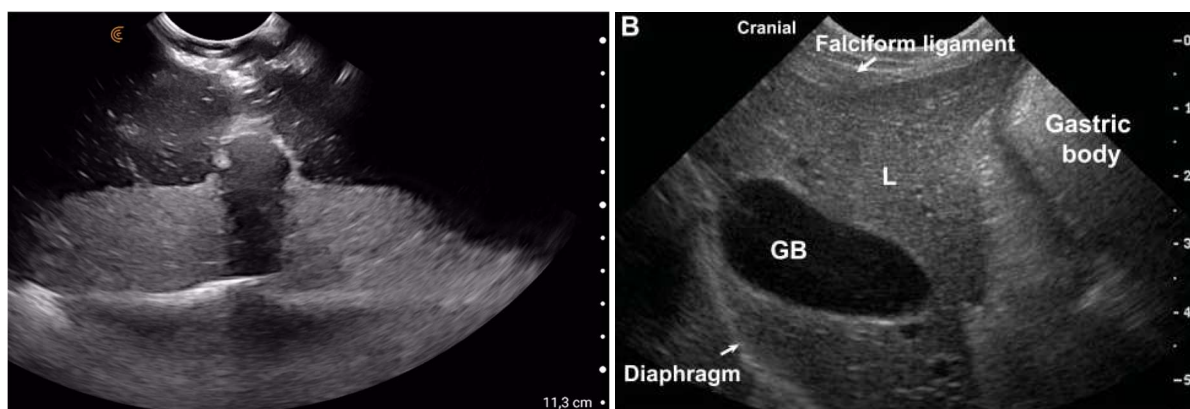


Figura E1. Comparação da imagem ecográfica do modelo de “fígado” (esquerda) e de um fígado (L) e vesícula biliar (GB) normais (direita; retirada de Penninck and d'Anjou (2015), p.184).

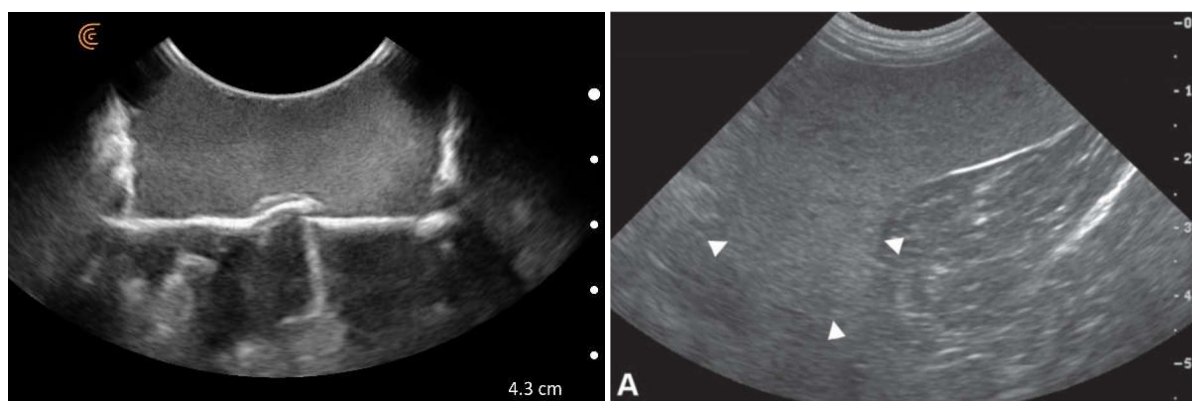


Figura E2. Comparação da imagem ecográfica do modelo de “baço” (esquerda) e de um baço normal (direita - setas; retirada de Penninck and d'Anjou (2015), p.240).

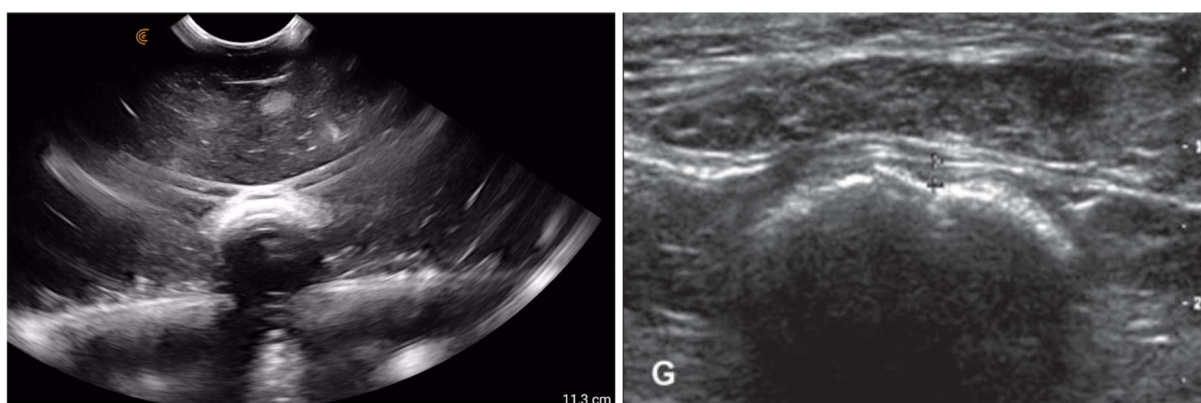


Figura E3. Comparação da imagem ecográfica do modelo de “cólon” (esquerda) e de um cólon normal (direita; retirada de Penninck and d'Anjou (2015), p.262).

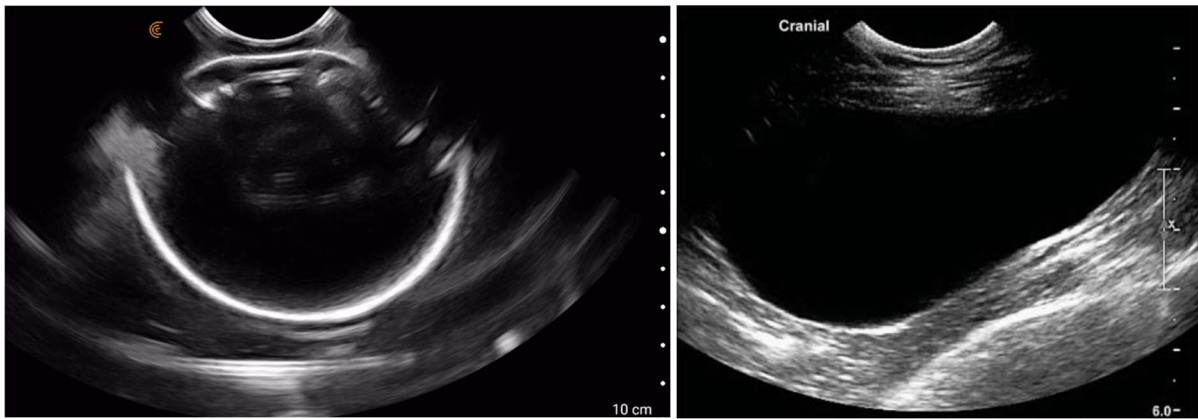


Figura E4. Comparação da imagem ecográfica do modelo de “bexiga” (esquerda) e de uma bexiga normal (direita; retirada de Penninck and d'Anjou (2015), p.364).

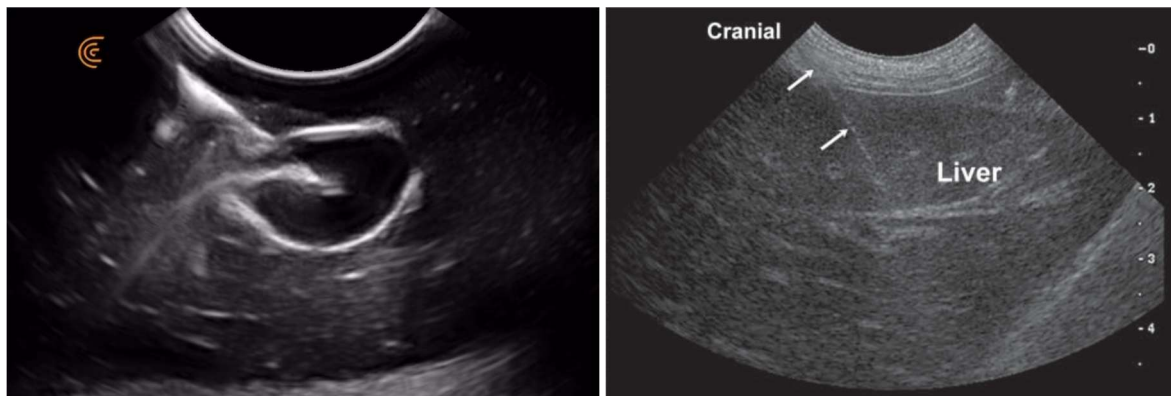


Figura E5. Comparação da imagem ecográfica de PAF ecoguiada no modelo (esquerda) e num fígado normal (direita; retirada de Penninck and d'Anjou (2015), p.235).

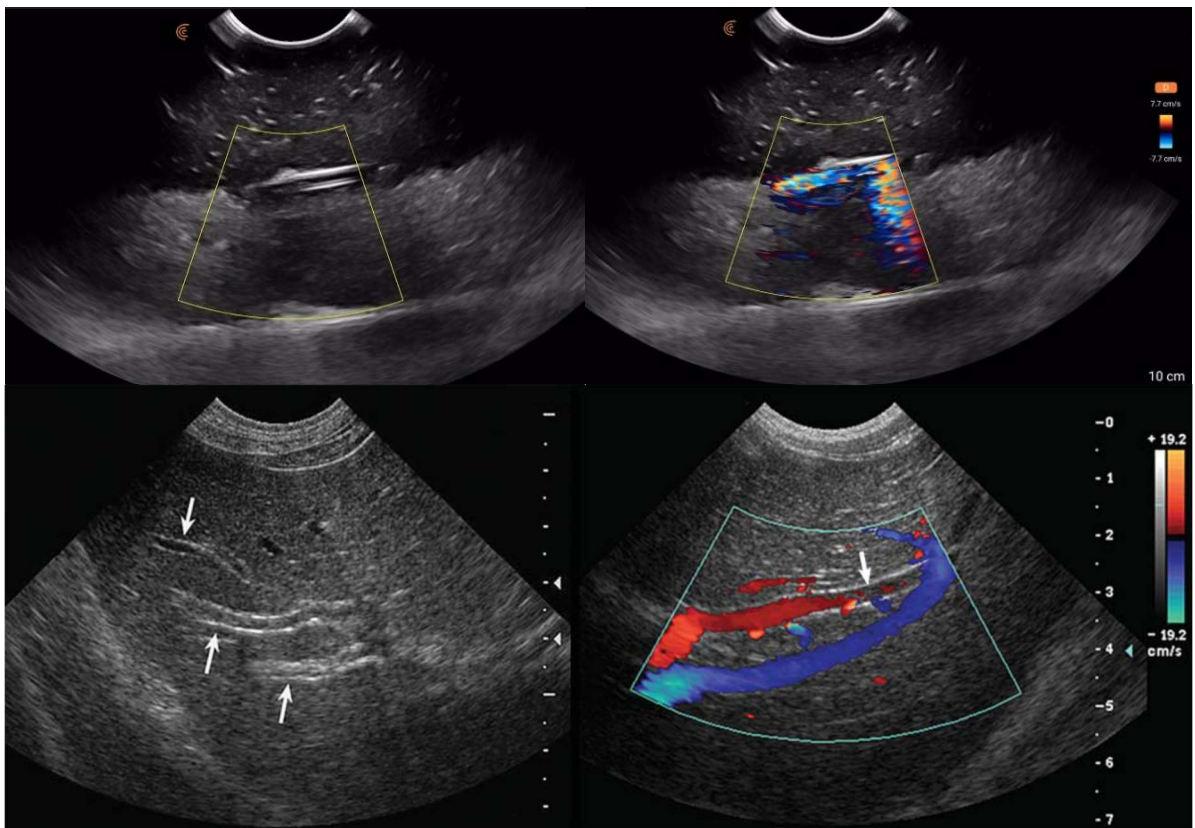


Figura E6. Comparação da avaliação de fluxo da vasculatura hepática com Doppler de cor: modelo em cima e fígado normal em baixo (retirada de Penninck and d'Anjou (2015), p.190).

Anexo F – Questionário destinado aos Médicos Veterinários

Inquérito para Médicos Veterinários

Data: ____/____/____

Inquérito – Treino da técnica de punção por agulha fina (PAF) ecoguiada em modelo *low-cost*

Tempo estimado para preenchimento = 3 min. Obrigada pela sua participação.

Idade (Por favor, escreva os números correspondentes): ____ anos

Sexo (Por favor, selecione uma opção/pode preferir não responder):

☐ Feminino

☐ Masculino

Tempo a exercer (Por favor, escreva o número correspondente): ____ mês(es)/ano(s)

- Realiza ecografia abdominal em animais de companhia?
 - ☐ Sim → Se sim, quantas (faça uma estimativa mensal): _____
 - ☐ Não
- Já recebeu algum tipo de formação em ecografia de animais de companhia (depois de terminar o curso)?
 - ☐ Sim
 - ☐ Não
- Já usou algum modelo de simulação em algum momento formativo (congressos, formações, workshops) depois de terminar o curso?
 - ☐ Sim → Se sim, em que contexto: _____
 - ☐ Não
- Acredita que a utilização de modelos de simulação tem utilidade em eventos de formação contínua sobre ecografia e PAF?
 - ☐ Discordo totalmente
 - ☐ Discordo
 - ☐ Não concordo nem discordo
 - ☐ Concordo
 - ☐ Concordo totalmente
- Realizou ecografia nos modelos apresentados?
 - ☐ Sim
 - ☐ Não
- Realizou PAF ecoguiada com sucesso nos modelos apresentados?
 - ☐ Sim
 - ☐ Não
- Quais órgãos abdominais conseguiu identificar? (pode selecionar mais do que uma opção)
 - ☐ Bexiga
 - ☐ Baço
 - ☐ Cólon
 - ☐ Fígado
 - ☐ Vesícula biliar

Inquérito específico para avaliar o realismo do modelo *low-cost* de ensino da técnica de punção por agulha fina ecoguiada

	Muito irrealista	Pouco realista	Moderadamente realista	Realista	Muito realista
1. Muito irrealista: o modelo apresenta poucas semelhanças com a anatomia e as características do tecido real.					
2. Pouco realista: o modelo possui alguns elementos realistas, mas a sua fidelidade à prática clínica é limitada.					
3. Moderadamente realista: o modelo reproduz alguns aspetos da realidade, embora ainda falte em detalhes essenciais.					
4. Realista: o modelo apresenta uma boa semelhança com a realidade, permitindo uma prática próxima à experiência clínica.					
5. Muito realista: o modelo oferece uma experiência altamente autêntica, reproduzindo de forma convincente a anatomia e a sensação tátil de um tecido real.					
(Por favor, marque apenas <u>uma</u> opção <u>em cada linha</u>)					
a) O modelo simulou adequadamente as condições de uma PAF guiada por ecografia.	1	2	3	4	5
b) A textura ecogénica de fígado era semelhante ao órgão respetivo num animal vivo.	1	2	3	4	5
c) A textura ecogénica de baço era semelhante ao órgão respetivo num animal vivo.	1	2	3	4	5
d) A textura ecogénica de cólon era semelhante ao órgão respetivo num animal vivo.	1	2	3	4	5
e) A textura ecogénica de bexiga era semelhante ao órgão respetivo num animal vivo.	1	2	3	4	5
f) A avaliação com Doppler era semelhante ao fluxo sanguíneo num animal vivo.	1	2	3	4	5
g) Recomendo o uso deste modelo como complemento prático aos conhecimentos adquiridos em momentos formativos.	1	2	3	4	5

Comentários/Sugestões

Muito obrigada pela participação 😊

Anexo G – Questionário Pré-Simulação destinado aos Estudantes

Inquérito pré-simulação

Data: ____/____/____

Inquérito – Treino da técnica de punção por agulha fina (PAF) ecoguiada em modelo *low-cost*

Tempo estimado para preenchimento = 3 min. Obrigada pela sua participação.

Idade (Por favor, escreva os números correspondentes): ____ anos

Sexo (Por favor, selecione uma opção/pode preferir não responder):

☐ Feminino

☐ Masculino

Ano curricular (Por favor, escreva o número correspondente): ____ ano

- Já **assistiu** a uma ecografia abdominal em animais de companhia?
 - ☐ Sim → Se sim, quantas (faça uma estimativa): _____
 - ☐ Não
- Já **realizou** uma ecografia abdominal em animais de companhia?
 - ☐ Sim → Se sim, quantas (faça uma estimativa): _____
 - ☐ Não
- Conhece a técnica de Punção por Agulha Fina (PAF)?
 - ☐ Sim
 - ☐ Não
- Já alguma vez **realizou** uma PAF?
 - ☐ Sim
 - ☐ Não
- Já **assistiu** a alguma PAF guiada por ecografia?
 - ☐ Sim
 - ☐ Não
- Já **realizou** alguma PAF guiada por ecografia?
 - ☐ Sim
 - ☐ Não
- Sentir-se-á confortável a realizar o procedimento (PAF ecoguiada) num animal vivo?
 - ☐ Sim
 - ☐ Sim, mas com ligeira insegurança
 - ☐ Sim, mas com moderada insegurança
 - ☐ Sim, mas com muita insegurança
 - ☐ Não
- Já usou algum modelo de simulação nas aulas ao longo do seu percurso académico?
 - ☐ Sim → Se sim, em que Unidade Curricular: _____
 - ☐ Não
- Tem prática na manipulação de seringas com agulhas?
 - ☐ Sem experiência (0 vezes)
 - ☐ Pouco experiente (1-5 vezes)
 - ☐ Experiente (5-25 vezes)
 - ☐ Muito experiente (>25 vezes)

Inquérito para avaliar conhecimento prévio relativamente ao modelo de ensino da técnica de Punção por Agulha Fina (PAF) e Ecografia

Por favor rodeie um dos números da escala de 1 a 5, considerando que:

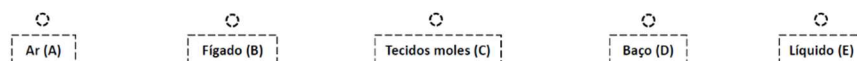
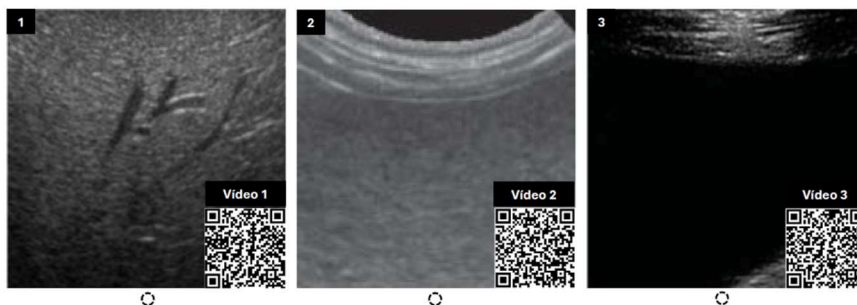
- Conhecimento muito limitado (*Knows* – nível inicial): reconheço que tenho pouco ou nenhum conhecimento teórico/prático.
- Conhecimento básico (*Knows* – nível intermédio): entendo conceitos fundamentais, mas não me sinto seguro(a) para aplicá-los na prática.
- Sei como aplicar (*Knows How*): conheço os passos essenciais e poderia realizar a técnica com alguma orientação ou supervisão.
- Consigo demonstrar na prática (*Shows*): sou capaz de executar o exame em contexto supervisionado e interpretar resultados básicos.
- Realizo de forma autónoma (*Does*): domino a técnica e consigo realizá-la de forma independente, interpretando os achados na rotina clínica.

Como classifica o seu conhecimento :	(Por favor, marque apenas <u>uma</u> opção <u>em cada linha</u>)	Muito limitado	Básico	Sei aplicar	Demonstro na prática	Realizo de forma autónoma
a) sobre aspetos teóricos de ecografia		1	2	3	4	5
b) a nível prático sobre ecografia abdominal		1	2	3	4	5
c) sobre os aspetos teóricos da PAF		1	2	3	4	5
d) a nível prático sobre a PAF		1	2	3	4	5
e) sobre os aspetos teóricos da PAF ecoguiada		1	2	3	4	5
f) a nível prático sobre a PAF ecoguiada		1	2	3	4	5

Faça corresponder a legenda à respetiva imagem ecográfica:

(Por favor, use setas ou os números e selecione apenas uma opção para cada imagem ecográfica)

Pode usar os QR codes para ver vídeos curtos (20 seg) sobre esse exame ecográfico (certifique-se que está a ver o vídeo correspondente à imagem)



Anexo H – Instruções *Escape Room*

Punção por Agulha Fina ecoguiada

Utiliza o seguinte QR para aprenderes como realizar uma PAF corretamente, princípios básicos da ecografia, como funciona a APP da Clarius e como realizar uma punção ecoguiada corretamente (vídeo 3 minutos).

Quando te sentires preparado(a), podes praticar as técnicas nos modelos de simulação durante 30 minutos.

Os procedimentos clínicos devem sempre ser verificados por alguém. Informa um monitor quando estiveres pronto(a) para realizares a tua tentativa de punção ecoguiada num modelo.



Vídeo

Material necessário para PAF ecoguiada
esquerda para a direita: seringa estéril, agulhas de calibre 22 e 25G, tubos de colheita de amostra (caso saia material líquido), lâminas e lápis para identificar SEMPRE as amostras.



Posicionar a agulha e o ecógrafo

A agulha é alinhada com o marcador da sonda num plano sagital para ser captada pelos ultrassons. Deve-se ter cuidado para evitar a inserção da agulha na sonda, uma vez que isso pode estragar a sonda (muito cara!) e afetar a imagem.



INSTRUÇÕES ESCAPE ROOM

Toretto é um cão de 4 anos, porte médio, que veio referido pelo veterinário assistente como tendo formações quísticas na cavidade abdominal.

A tua tarefa consiste em realizar o exame ecográfico deste abdómen e resolver os desafios que se apresentam com vista a abrir o cofre e ganhar o respetivo prémio. Para descobrires a combinação terás de resolver 3 desafios:

➤ Para o primeiro número da combinação, terás de resolver a seguinte questão: os quistos estão no...

(NOTA: Não confundas quistos com a vesícula biliar; essa está ao lado de um vaso com fluxo, que podes ver facilmente com o Doppler)

1. Bexiga
2. Baço
3. Fígado
4. Rim
5. Intestino



➤ Para o segundo número da combinação, terás de seguir a formação tubular (intestino grosso) e de a medir. Depois disso responde:

1. Segue a direito até ao xifoide e mede ≈1 cm
2. Segue a direito até ao xifoide e mede ≈2 cm
3. Passa debaixo da bexiga, curvando para a direita (do animal) e mede ≈1 cm
4. Passa debaixo do baço, curvando para a direita (do animal) e mede ≈1 cm
5. Passa debaixo da bexiga, curvando para a esquerda (do animal) e mede ≈1 cm
6. Passa debaixo do baço, curvando para a esquerda (do animal) e mede ≈2 cm
7. Passa debaixo da bexiga, curvando para a esquerda (do animal) e mede ≈2 cm
8. Passa debaixo do baço, curvando para a direita (do animal) e mede ≈2 cm

➤ Para o terceiro número da combinação, terás de fazer a punção com agulha fina de um dos quistos e esfregar da amostra recolhida. O líquido do quisto tem um líquido:

1. Vermelho
2. Amarelo
3. Verde
4. Azul

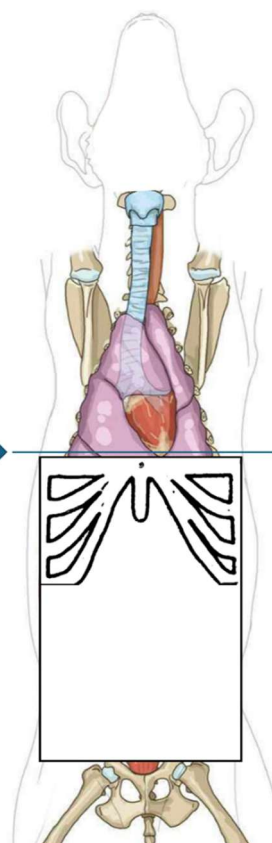
Resolve o desafio em grupo e, entretanto, aproveita para praticares individualmente os procedimentos de exame ecográfico abdominal e punção ecoguiada.

Tens ainda a possibilidade de desenhar aquilo que vês com o ecógrafo para te ajudar a compreender melhor o layout dos órgãos (RELEMBRA: apenas estás a ver o abdómen).

Tórax
(não está no modelo)

Diafragma
(não está no modelo)

Abdómen do
Toretto



Bom trabalho e diverte-te!

Anexo I – Questionário Pós-Simulação destinado aos Estudantes

Inquérito pós-simulação

Data: ____/____/____

Inquérito – Treino da técnica de punção por agulha fina (PAF) ecoguiada em modelo *low-cost*

Tempo estimado para preenchimento ≈ 3 min. Obrigada pela sua participação.

- Assisti ao vídeo sobre ecografia e PAF?
☐ Sim
☐ Não
- Classifique a clareza do vídeo a que assistiu?
☐ Muito confuso
☐ Confuso
☐ Claro
☐ Muito Claro
- Realizou ecografia nos modelos apresentados?
☐ Sim
☐ Não
- Realizou PAF ecoguiada nos modelos apresentados?
☐ Sim
☐ Não
- Considera que tudo o que aprendeu sobre a punção aspirativa de agulha fina equivale a 100%. Desse 100%, qual será a parte que atribuiria ao vídeo e à simulação no modelo?
☐ Vídeo 100% - 0% Simulação
☐ Vídeo 75% - 25% Simulação
☐ Vídeo 50% - 50% Simulação
☐ Vídeo 25% - 75% Simulação
☐ Vídeo 0% - 100% Simulação
- Avalie o seu grau de nervosismo durante a avaliação prática (modelo gelatina).
☐ Muito tranquilo
☐ Tranquilo
☐ Indiferente
☐ Nervoso
☐ Muito nervoso
- Considera que se não tivesse praticado no modelo de simulação, durante a avaliação prática estaria:
☐ Mais nervoso
☐ Igualmente nervoso
☐ Menos nervoso
- Sentir-se-ia capaz de realizar esta técnica num animal vivo, depois de observar o vídeo e praticar no modelo?
☐ Sim
☐ Sim, mas com um pouco de receio
☐ Sim, mas com algum receio
☐ Sim, mas com muito receio
☐ Não

- Após assistir aos vídeos e praticar nos modelos, notou alguma diferença na compreensão ou habilidade para a realização de ecografia e/ou PAF?
☐ Impactou muito negativamente a minha performance
☐ Impactou negativamente a minha performance
☐ Não teve qualquer impacto
☐ Impactou positivamente a minha performance
☐ Impactou muito positivamente a minha performance
- Avalie o modelo de ecografia que utilizou nesta atividade (modelo gelatina) para aprendizagem da PAF ecoguiada.
☐ Muito útil
☐ Algo útil
☐ Pouco útil
☐ Sem utilidade
- Avalie o modelo de ecografia que utilizou nesta atividade (modelo gelatina) para aprendizagem de ecografia abdominal.
☐ Muito útil
☐ Algo útil
☐ Pouco útil
☐ Sem utilidade
- Avalie o seu grau de satisfação da realização do “Escape Room” nesta atividade para aprendizagem de ecografia abdominal.
☐ Muito satisfeito
☐ Satisfeito
☐ Indiferente
☐ Insatisfeito
☐ Muito insatisfeito

13. Comentários/Sugestões

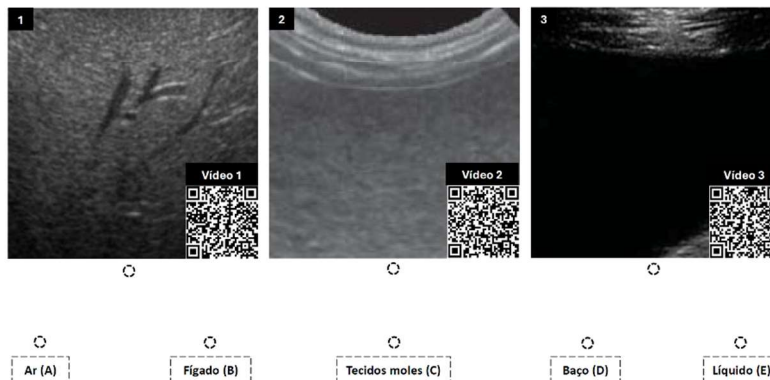
Inquérito específico para avaliar o modelo <i>low-cost</i> de ensino da técnica de punção por agulha fina ecoguiada					
(Por favor, marque apenas <u>uma</u> opção <u>em cada linha</u>)					
a) Sinto-me mais confiante para realizar uma ecografia em animais após a simulação.	Discordo fortemente	Discordo	Não concordo nem discordo	Concordo	Concordo plenamente
b) Estou mais motivado(a) a utilizar ecografia e PAF na minha prática clínica futura.	1	2	3	4	5
c) O modelo simulou adequadamente as condições de uma PAF guiada por ecografia.	1	2	3	4	5
d) A prática com o modelo melhorou a minha precisão na colheita de amostras por PAF.	1	2	3	4	5
e) Recomendo o uso do modelo como complemento prático aos conhecimentos adquiridos nas aulas.	1	2	3	4	5

Como classifica o realismo do modelo <i>low-cost</i>					
1. Muito irrealista: o modelo apresenta poucas semelhanças com a anatomia e as características do tecido real.	Muito irrealista	Pouco realista	Moderadamente realista	Realista	Muito realista
2. Pouco realista: o modelo possui alguns elementos realistas, mas a sua fidelidade à prática clínica é limitada.					
3. Moderadamente realista: o modelo reproduz alguns aspetos da realidade, embora ainda falte em detalhes essenciais.					
4. Realista: o modelo apresenta uma boa semelhança com a realidade, permitindo uma prática próxima à experiência clínica.					
5. Muito realista: o modelo oferece uma experiência altamente autêntica, reproduzindo de forma convincente a anatomia e a sensação tátil de um tecido real.					

Faça corresponder a legenda à legenda à respetiva imagem ecográfica:

(Por favor, use setas ou os números e seleccione apenas uma opção para cada imagem ecográfica)

Pode usar os QR codes para ver vídeos curtos (20 seg) sobre esse exame ecográfico (certifique-se que está a ver o vídeo correspondente à imagem)



Muito obrigada pela tua participação 😊

Modelos educativos e novas técnicas de inovação pedagógica: modelo de simulação *low-cost* de punção com agulha fina ecoguiada em animais de companhia

Bárbara Simões Estrela

ICBAS

