

ASPECTOS TECNOLÓGICOS DO SERVIÇO DE RADIOTERAPIA VETERINÁRIA

Bianca de Fátima Pinheiro Fabri Ramos¹
Rafaela Ferraz de Camargo²
Marco Antônio Rodrigues Fernandes³

RESUMO

A radioterapia veterinária representa uma importante especialidade para o tratamento das diferentes doenças oncológicas nas mais diversas espécies de animais. O uso de radiação ionizante tem demonstrado resultados eficientes na terapia e no controle dessas doenças. Podem ser empregadas diversas técnicas radioterápicas para a excelência do tratamento veterinário como: IMRT, VMAT, SBRT, IGRT e Radiocirurgia, garantindo maior segurança e efetividade ao tratamento veterinário. Objetivou-se com esse trabalho apresentar os aspectos tecnológicos das modalidades radioterápicas aplicadas na área. Foram realizadas visitas em setores de radioterapia humana para melhor compreender a rotina de funcionamento e as técnicas terapêuticas utilizadas, além de analisar os custos para a implantação e manutenção de um serviço veterinário. Verificou-se que é possível utilizar os mesmos equipamentos irradiadores, como o acelerador linear clínico, sistemas de planejamentos e gerenciamento radioterápico usados nos procedimentos de radioterapia humana. As variações estão relacionadas aos acessórios: mesas especiais para o atendimento de animais de grande porte, acessórios de posicionamento e sedação, controle de temperatura e higienização. As técnicas radioterápicas utilizadas são similares às usadas na radioterapia humana e o uso de imagens anatômicas tomográficas contribui para maior benefício ao planejamento e ao tratamento. Conclui-se que, quanto mais sofisticada a tecnologia disponível nos procedimentos de radioterapia, mais benefícios terapêuticos podem ser obtidos, principalmente considerando as particularidades da veterinária, como variedades anatômicas das espécies, sedação durante a sessão e não cooperação voluntária. O nível de tecnologia empregada é proporcional ao custo de investimento, manutenção e instrumentos de controle de qualidade.

Palavras-chave: veterinária; radioterapia; biotecnologia; oncologia.

TECHNOLOGICAL ASPECTS OF THE VETERINARY RADIOTHERAPY SERVICE

ABSTRACT

Veterinary radiotherapy represents an important specialty for the treatment of different oncological diseases in the most diverse species of animals. The use of ionizing radiation has shown efficient results in the therapy and control of these diseases. Several radiotherapy techniques can be used for excellence in veterinary treatment, such as: IMRT, VMAT, SBRT, IGRT and Radiosurgery, ensuring safety and effectiveness in veterinary treatment. The aim of this study was to present the technological aspects of the radiotherapy modalities applied in the field. Visitations were carried out in human radiotherapy sectors to better understand the operating routine and the therapeutic techniques used, in addition to analyzing the costs for the implementation and maintenance of a veterinary service. It was verified that it is possible to use the same irradiation equipment, such as the clinical linear accelerator, radiotherapy planning

¹ Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia de Botucatu (UNESP). *Correspondência: bianca.pinheiro@unesp.br

² Doutorando na Faculdade de Medicina de Botucatu (FMB-Unesp). rafaelaferraz123@yahoo.com.br

³ Docente da Faculdade de Medicina de Botucatu (FMB-Unesp) mar.fernandes@unesp.br

and management systems used in human radiotherapy. Variations are related to accessories: special tables for handling large animals, positioning and sedation accessories, temperature control and hygiene. The radiotherapy techniques used are similar to those used in human radiotherapy and the use of tomographic anatomical images contributes to greater benefit in planning and treatment. The more sophisticated the technology available in radiotherapy procedures, the more therapeutic benefits can be obtained; mainly considering the particularities of the veterinarian, such as anatomical varieties of the species, sedation during the session and voluntary non-cooperation. The level of technology employed is proportional to the cost of investment, maintenance and quality control instruments.

Keywords: veterinary; radiotherapy; biotechnology; oncology.

ASPECTOS TECNOLÓGICOS DEL SERVICIO DE RADIOTERAPIA VETERINARIA

RESÚMEN

La radioterapia veterinaria representa una importante especialidad para el tratamiento de diferentes enfermedades oncológicas en las más diversas especies animales. El uso de radiaciones ionizantes ha demostrado resultados eficientes en la terapia y control de estas enfermedades. Se pueden utilizar diversas técnicas de radioterapia para brindar un excelente tratamiento veterinario, tales como: IMRT, VMAT, SBRT, IGRT y Radiocirugía, garantizando mayor seguridad y efectividad en el tratamiento veterinario. El objetivo de este trabajo fue presentar los aspectos tecnológicos de las modalidades de radioterapia aplicadas en el área. Se realizaron visitas a sectores de radioterapia humana para conocer mejor la rutina operativa y las técnicas terapéuticas utilizadas, además de analizar los costos de implementación y mantenimiento de un servicio veterinario. Se descubrió que es posible utilizar el mismo equipo de irradiación, como el acelerador lineal clínico, los sistemas de planificación y gestión de radioterapia utilizados en los procedimientos de radioterapia humana. Las variaciones están relacionadas con los accesorios: mesas especiales para el cuidado de animales grandes, accesorios de posicionamiento y sedación, control de temperatura e higiene. Las técnicas de radioterapia utilizadas son similares a las utilizadas en radioterapia humana y el uso de imágenes anatómicas tomográficas contribuye a un mayor beneficio en la planificación y el tratamiento. Se concluye que cuanto más sofisticada sea la tecnología disponible en los procedimientos de radioterapia, más beneficios terapéuticos se pueden obtener, especialmente considerando las particularidades veterinarias, como variedades anatómicas de especies, sedación durante la sesión y no cooperación voluntaria. El nivel de tecnología utilizado es proporcional al costo de inversión, mantenimiento e instrumentos de control de calidad.

Palabras-clave: veterinario; radioterapia; biotecnología; oncología.

INTRODUÇÃO

A medicina veterinária possui atuação tanto no diagnóstico, como no tratamento de diferentes doenças nas mais diversas espécies de animais. O uso de fontes de radiações ionizantes tem demonstrado resultados eficientes na terapia e controle das doenças em animais, especialmente nas patologias oncológicas (1).

A radioterapia é um tratamento no qual se aplica radiação ionizante no tumor para destruir ou diminuir o seu desenvolvimento, causando o menor dano possível nas células sadias circunvizinhas (2, 3).

Na radioterapia, com a necessidade de aperfeiçoamento das técnicas empregadas, foram surgindo métodos sofisticados de aquisição de imagem para a visualização da área irradiada e maior preservação dos tecidos sadios atingidos pelo feixe de radiação, além de sistemas avançados para determinação da distribuição de dose mais homogênea e otimizada. Neste sentido, as técnicas avançadas de radioterapia vêm ganhando espaço, e a cada dia são cada vez mais aplicadas na medicina (4). Os constantes avanços tecnológicos no campo da saúde têm proporcionado o desenvolvimento de modernos e sofisticados equipamentos e medicamentos que são prontamente absorvidos pelos clínicos veterinários (5).

Em 1994 a radioterapia foi reconhecida como uma especialidade pelo Colégio Americano de Radiologia Veterinária, no entanto, nos últimos anos a técnica de radioterapia vem ganhando maior destaque na veterinária, tendo em vista a crescente busca pela melhor qualidade de vida dos animais assistidos e o avanço tecnológico que permite sofisticados planejamentos e aquisições de imagens (6, 7).

Segundo Larue e Custis (6), a radioterapia aplicada na veterinária ainda tem como base as técnicas aplicadas na medicina humana, assim como os cães e gatos servem como base para a realização do tratamento em outras espécies. Dentre as modalidades radioterápicas disponíveis, as técnicas avançadas, como a radioterapia conformacional, proporcionam importantes avanços, tais como, a possibilidade de entregar uma dose tumoricida maior e oferecer melhor proteção dos tecidos sadios circunvizinhos. Todavia, as modernas e sofisticadas técnicas de radioterapia apresentam alto custo de implantação, aquisição de equipamentos e manutenção.

Um fator importante para se considerar na veterinária é a necessidade de sedação do paciente durante o tratamento, em razão da sua não cooperação voluntária. Sendo assim, protocolos com hipofracionamento da dose são mais aceitos na veterinária, diminuindo a quantidade de sessões e conseqüentemente a sedação (8, 9).

Tendo em vista a crescente busca por melhor qualidade de vida nos animais e o avanço da radioterapia veterinária, faz-se necessário o estudo e apresentação dos aspectos tecnológicos que envolvam um serviço de radioterapia veterinária. Este trabalho teve como objetivo apresentar os aspectos tecnológicos das modalidades radioterápicas aplicadas em medicina veterinária.

MATERIAL E MÉTODOS

A rotina de um serviço de radioterapia foi acompanhada junto ao Setor Técnico de Radioterapia do Hospital das Clínicas da Faculdade de Medicina de Botucatu (HC-FMB), onde foram estudados os protocolos dos tratamentos oferecidos, bem como as relações entre os parâmetros clínicos, radiométricos e físicos dos procedimentos radioterápicos realizados em humanos, os quais devem ser adequados para as especificidades da oncologia veterinária.

Visando à adequação das técnicas para o tratamento de tumores em medicina veterinária, e a coleta de informações referentes aos custos dos equipamentos e acessórios para técnicas avançadas, foi realizada uma visita em um serviço de radioterapia privado, localizado na cidade de São Paulo-SP, o qual oferece técnica de Radioterapia Conformacional Tridimensional (RT-3D), Radioterapia por Intensidade Modulada (IMRT), Radioterapia em Arco Modulador Volumétrico (VMAT), Radioterapia Estereotáxica Fracionada Corpórea (SBRT), Radioterapia Guiada por Imagem (IGRT) e Radiocirurgia, podendo-se então melhor compreender as rotinas dos procedimentos das técnicas avançadas de tratamento.

Os equipamentos e acessórios exigidos na rotina da radioterapia veterinárias foram consultados junto a empresas fabricantes e representantes comerciais do ramo.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Contato com fornecedores de equipamentos radioterápicos

As informações obtidas com os fornecedores de equipamentos radioterápicos, mostraram que se pode utilizar os mesmos equipamentos irradiadores, tais como o acelerador linear clínico, sistemas de planejamentos e gerenciamento radioterápico usados na rotina dos procedimentos de radioterapia humana. As variações estão relacionadas com acessórios, tais como, mesas especiais para o atendimento de animais de grande porte, acessórios de posicionamento e sedação, controle de temperatura e higienização.

As técnicas radioterápicas utilizadas são similares às usadas na radioterapia de humanos, mesmo as mais complexas, tais como: RT-3D e as IMRT e VMAT. O uso de métodos de imagens radiológicas, como a tomografia computadorizada e a ressonância magnética, contribuem para uma melhor visualização anatômica da região a ser tratada, auxiliando no planejamento do tratamento e no maior benefício aos pacientes atendidos. O tratamento também apresenta maior efetividade com a aplicação de algoritmos de cálculo de dose com correção de heterogeneidade.

Acompanhamento da rotina de radioterapia com técnicas avançadas

Com a finalidade de compreender melhor o funcionamento das técnicas avançadas de radioterapia, além de possíveis adequações para o uso na radioterapia veterinária, foi realizada uma visita técnica em um hospital privado na cidade de São Paulo-SP. Esse serviço em questão conta com equipamento de alta tecnologia, por meio do qual são possíveis as realizações das técnicas de IMRT, VMAT, SBRT, IGRT e Radiocirurgia.

Um exemplo utilizado no serviço radioterápico da visita que seria bem aplicado na veterinária, é o caso da modulação do feixe de acordo com o movimento do órgão (4D). Assim como na radioterapia convencional em casos específicos se tem a necessidade da cooperação do paciente, por exemplo, pelo controle da respiração (inspiração-expiração), com essa técnica é possível acompanhar o órgão em tempo real e verificar se o alvo está sendo atingido. Como na veterinária não se tem a cooperação do paciente durante o tratamento, o uso de técnicas avançadas como essa iria trazer maior qualidade e segurança no tratamento.

Verifica-se que cada paciente possui suas particularidades, existindo diferentes formas de posicioná-los, considerando a região anatômica e a lesão; na veterinária, esse aspecto fica ainda mais evidente, em vista da especificidade anatômica de cada espécie. Para facilitar no posicionamento e enquadramento do campo de radiação planejado, modernas tecnologias disponibilizam sensores, *lasers* e câmeras de monitoramento na sala de tratamento, possibilitando que o profissional acompanhe o posicionamento, e caso necessite de intervenções, o posicionamento é adequado por meio de movimentos, como pequenas angulações na própria mesa (6D). A mesa de tratamento convencional não tem a possibilidade de movimento simultâneo com o feixe de irradiação, benefício que a tecnologia de mesa 6D oferece com excelência.

O equipamento de alta tecnologia conta com funções não disponibilizadas na radioterapia convencional, e assim como no uso em humanos, na veterinária se tornam fundamentais, tendo em vista necessidades específicas, como por exemplo o hipofracionamento e a não imobilização voluntária do animal durante o tratamento.

Os resultados obtidos no acompanhamento das rotinas com técnicas avançadas confirmam os dados de Larue e Custis (6), que mostraram as principais indicações, vantagens e desvantagens das técnicas avançadas de radioterapia, tais como: IMRT, IGRT, SBRT,

destacando-se os benefícios na entrega de doses mais homogêneas e conformadas, e as desvantagens do alto custo com o equipamento e a manutenção necessária periodicamente.

Acompanhamento da Rotina no Setor Técnico de Radioterapia do HC-FMB

A rotina no Setor Técnico de Radioterapia do Hospital das Clínicas (HC) da Faculdade de Medicina de Botucatu (FMB) foi acompanhada para se compreender as especificidades da técnica convencional utilizada, assim como o equipamento, acessórios e planejamentos, visando a adequação para o uso na medicina veterinária.

O equipamento em uso é o acelerador linear da marca Varian, modelo Clinac 2100C, responsável por atender pacientes da cidade de Botucatu-SP e região. Primeiramente, o paciente com indicação para a radioterapia comparece no setor para obtenção das imagens radiológicas anatômicas para o planejamento do tratamento. Na técnica de radioterapia bidimensional convencional (RT-2D), antigamente usada, as imagens dos campos de radiação eram realizadas em um equipamento de radiologia destinado para a simulação dos campos de radiação.

Com o avanço tecnológico e o desenvolvimento de sistemas de planejamento computadorizado, tornou-se possível o planejamento do tratamento através da técnica RT-3D, onde as imagens das áreas irradiadas são realizadas em um equipamento de tomografia computadorizada. A visão em três dimensões da região anatômica da área irradiada possibilita maior conformação do campo de tratamento com melhor preservação dos tecidos sadios circunvizinhos ao volume alvo de tratamento.

Alguns serviços de radioterapia possuem um equipamento de tomografia computadorizada especialmente dedicado ao setor de radioterapia para obtenção das próprias imagens da área irradiada em 3 planos anatômicos (CT-SIM). Todavia, na rotina do serviço de radioterapia do HC-FMB, utiliza-se o equipamento de tomografia do setor de radiodiagnóstico por imagem. Para tanto, são necessárias algumas adaptações no equipamento de TC, tais como o uso de uma prancha reta e horizontal para garantir a imobilização planejada da área a ser irradiada (Figura 1).



Figura 1. Tomógrafo adaptado com a prancha de madeira para o planejamento radioterápico.

Após a realização da tomografia de planejamento, as imagens são enviadas para o Sistema de Comunicação e Arquivamento de Imagens (PACS), sendo importadas para o Sistema de Planejamento do Tratamento Radioterápico (TPS), onde serão feitos os cálculos dos parâmetros radiométricos (distribuição de doses de radiação, angulações do *gantry*, da mesa e colimador, etc.) considerando o volume alvo e os órgãos de risco atingidos pelos feixes de radiação, visando a melhor otimização do tratamento, buscando liberar a dose total preconizada no volume alvo e minimizar os efeitos radiobiológicos nos tecidos sadios circunvizinhos.

Silva (10) mostrou a possibilidade de adequação do uso do *software* 3-D utilizado na radioterapia humana para planejamento de tratamento (TPS) com base em imagens tomográficas de animais selvagens atendidos na Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia de Botucatu-SP (FMVZ). Nesse caso, o serviço precisa dispor de um equipamento que realize as imagens tridimensionais (ressonância magnética ou tomógrafo), exclusivamente para a radioterapia, ou utilizando o mesmo equipamento das rotinas de imagens, como visto o exemplo do HC-FMB. Portanto, a principal diferença para com a aquisição do equipamento veterinário, está nos acessórios e no tamanho da mesa.

Por ser um equipamento de radioterapia convencional, ainda existem algumas limitações frente as técnicas avançadas, como por exemplo, a conformidade do feixe de radiação pelos colimadores *multileaf* não permitem uma variação grande de formatos, como acontece na IMRT. Nesses casos, podem ser utilizados blocos de colimação confeccionados com uma liga metálica denominada cerrobend. Para o tratamento de lesões mais superficiais como tumores de pele, utiliza-se o aplicador de elétrons (Figura 2-A) sendo também necessário a confecção de blocos de proteção (Figura 2-B) para a colimação de áreas sadias ao redor do campo de tratamento.

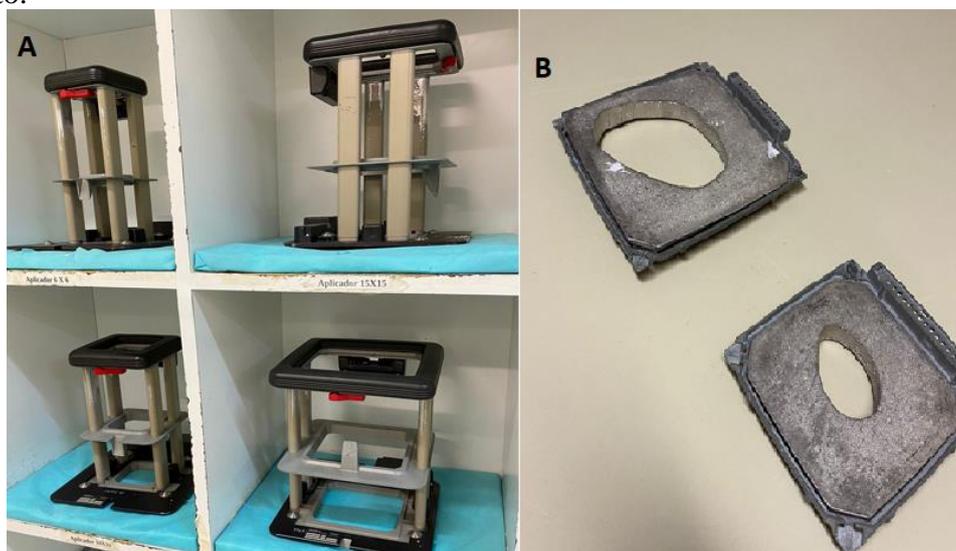


Figura 2. Aplicadores de elétrons e blocos de chumbo. A) Diferentes tamanhos de aplicadores de elétrons (utilizados para lesões mais superficiais); B) blocos de chumbo construídos com o formato das lesões dos pacientes.

A aquisição da imagem com o paciente posicionado para o tratamento (portal filme), é realizada no equipamento de tratamento, utilizando feixe de radiação do próprio acelerador linear, com um porta filme (chassi) posicionado no respectivo suporte (Figura 3), e centralizado com o campo de radiação. O filme radiográfico é submetido ao processo de revelação em uma processadora automática. Em serviços de radioterapia mais avançados, as imagens dos campos de radiação são obtidas em tempo real por meio de sistemas de aquisição de imagens digitais (IGRT – radioterapia guiada por imagem), disponíveis na sala de tratamento.



Figura 3. Portal para realização da imagem no Setor de Técnico de Radioterapia do HC-FMB.

Assim como ocorre no tratamento com técnicas avançadas, igualmente na técnica convencional, durante todo o tratamento o paciente após o posicionamento, tem a dose liberada pelo sistema de tratamento e é monitorado por um sistema de câmeras de vídeo, garantindo que não haja nenhuma movimentação após o correto posicionamento do paciente aos feixes de radiação planejados.

A técnica de Radioterapia por Intensidade Modulada do feixe de radiação (IMRT) e a técnica de Radioterapia Guiada por Imagem (IGRT) requerem equipamentos de radiação complexos e onerosos, que contam com um sistema moderno de aquisição de imagens e possuem colimadores *multileaf* com lâminas de tamanho reduzido para uma melhor conformação dos campos de tratamento e melhor preservação dos tecidos sadios circunvizinhos. Desse modo, alternativas adaptadas à realidade de cada serviço podem contribuir também para a realização de um tratamento satisfatório, como a confecção de blocos de colimação para conformar o campo de tratamento no volume alvo, e a aquisição das imagens dos campos de radiação por meio de radiografias planares.

O tempo de tratamento (fracionamento do número de sessões) realizado na radioterapia em humanos é um fator limitante na medicina veterinária, considerando como principal dificuldade a necessidade de sedação em cada sessão de tratamento, como mostra Moore (8). O hipofracionamento é mais aceitável na veterinária, e deve-se ponderar que as técnicas avançadas apresentam maior precisão na entrega da dose.

CONCLUSÃO

Quanto mais sofisticada a tecnologia disponível nos equipamentos e acessórios empregados nos procedimentos de radioterapia, mais benefícios terapêuticos podem ser obtidos, principalmente considerando as particularidades da veterinária, ou seja, variedades anatômicas das espécies, sedação durante a sessão e não cooperação voluntária. Todavia, deve-se ponderar que os custos dos investimentos, da manutenção do serviço e dos instrumentos de controle de qualidade são proporcionais ao nível da tecnologia empregada.

REFERÊNCIAS

1. Silva DR, Faleiro MBR, Moura VMDB. Tumores de células redondas em cães: aspectos gerais e marcadores imunohistoquímicos. *Encicl Bio* [Internet]. 2015 [citado 15 Jul 2022];11(22):2650-81. Disponível em: http://dx.doi.org/10.18677/Enciclopedia_Biosfera_2015_233
2. Scaff L. Física na radioterapia: a base analógica de uma era digital. São Paulo: Projeto Saber; 2010.
3. Brasil. Ministério da Saúde. Instituto Nacional do Câncer. O que é radioterapia? Rio de Janeiro: INCA; 2020.
4. Marta GN, Hanna AS, Castilho M, Chen MJ, Ferrigno R. Diretrizes para tratamento de tumores da cabeça e pescoço com radioterapia de intensidade modulada [Internet]. São Paulo: Sociedade Brasileira de Radioterapia; 2014 [citado 16 Jul 2022]. Disponível em: <https://sbradioterapia.com.br/wp-content/uploads/2016/01/tratamento-de-tumores-da-cabeca-e-pescoco-com-radioterapia-de-intensidade-modulada.pdf>
5. Fernandes MAR. Metodologia para determinação da carga de trabalho efetiva em equipamentos de teleterapia. Proposta para otimização das blindagens da sala de radioterapia veterinária [tese]. Botucatu (SP): Faculdade de Medicina de Botucatu, Universidade Estadual Paulista; 2018.
6. Larue SM, Custis JT. Advances in veterinary radiation therapy targeting tumors and improving patient comfort. *Vet Clin North Am Small Anim Pract* [Internet]. 2014 [citado 9 Jul 2022];44(5):909-23. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/25174907/>
7. Nolan MW, Dobson JM. The future of radiotherapy in small animals: should the fractions be coarse or fine? *J Small Anim Pract* [Internet]. 2018 [citado 15 Jul 2022];59(9):521-30. Disponível em: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/jsap.12871>
8. Moore AS. Radiation therapy for the treatment of tumours in small companion animals. *Vet J* [Internet]. 2002 [citado 16 Jul 2022];164(3):176-87. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/12505390/>
9. Cunha SCS, Carvalho LAV, Canary PC, Reisner M, Corgozinho KB, Pereira NA, et al. Tratamento hipofracionado de radioterapia em felinos portadores de carcinoma epidermóide facial. *Arq Bras Med Vet Zootec* [Internet]. 2010 [citado 9 Jul 2022];62(5):1135-41. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/abmvz/a/FWthJ977Xv5PD4Qc7ykskSK/?lang=pt>
10. Silva DA. Planejamento computacional tri-dimensional para radioterapia em região pélvica de animais selvagens [dissertação] [Internet]. Botucatu (SP): Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia, Universidade Estadual Paulista; 2018 [citado 15 Set 2022]. Disponível em: <https://repositorio.unesp.br/items/2c406248-557e-4f3a-81b6-75ac7ed45440>

Recebido em: 22/01/2024**Aceito em: 06/06/2024**