

Universidade do Vale do Paraíba  
Instituto de Pesquisa e Desenvolvimento  
Programa de Pós-Graduação em Engenharia Biomédica

FRANCILEINE RODRIGUES DA CONCEIÇÃO

**PERFIL DA TEMPERATURA INDUZIDA PELA RADIOFREQUÊNCIA EM  
TECIDOS BIOLÓGICOS *EX VIVO* AFERIDO PELA TERMOGRAFIA  
INFRAVERMELHA COMPUTADORIZADA**

São José dos Campos, SP

2020

FRANCILEINE RODRIGUES DA CONCEIÇÃO

**PERFIL DA TEMPERATURA INDUZIDA PELA RADIOFREQUÊNCIA EM  
TECIDOS BIOLÓGICOS *EX VIVO* AFERIDO PELA TERMOGRAFIA  
INFRAVERMELHA COMPUTADORIZADA**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-graduação em Engenharia Biomédica, como complementação dos créditos para obtenção do título de Mestre em Engenharia Biomédica.

Orientador: Prof. Dr. Rodrigo Alvaro Brandão Lopes Martins  
Co-orientador: Profa. Dra. Emilia Angela Lo Schiavo Arisawa

São José dos Campos, SP

2020

## TERMO DE AUTORIZAÇÃO DE DIVULGAÇÃO DA OBRA

### Ficha catalográfica

Conceição, Francileine Rodrigues da  
Perfil da temperatura induzida pela radiofrequência em  
tecidos biológicos ex vivo aferido pela termografia infravermelha  
computadorizada / Francileine Rodrigues da Conceição;  
orientador, Rodrigo Alvaro Brandão Lopes Martins; co-orientadora  
Emilia Angela Lo Schiavo Arisawa. - São José dos Campos, SP,  
2020.

1 CD-ROM, 64 p.

Dissertação (Mestrado Acadêmico) - Universidade do Vale do  
Paraíba, São José dos Campos. Programa de Pós-Graduação em  
Engenharia Biomédica.

Inclui referências

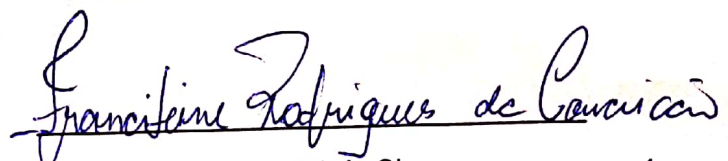
1. Engenharia Biomédica. 2. Termografia Infravermelha. 3.  
Radiofrequência. 4. Estética. 5. Rejuvenescimento. I. Martins,  
Rodrigo Alvaro Brandão Lopes , orient. II. Arisawa, Emilia Angela  
Lo Schiavo , co-orient. III. Universidade do Vale do Paraíba.  
Programa de Pós-Graduação em Engenharia Biomédica. IV. Título.

Eu, Francileine Rodrigues da Conceição, autor(a) da obra acima referenciada:

Autorizo a divulgação total ou parcial da obra impressa, digital ou fixada em  
outro tipo de mídia, bem como, a sua reprodução total ou parcial, devendo o  
usuário da reprodução atribuir os créditos ao autor da obra, citando a fonte.

Declaro, para todos os fins e efeitos de direito, que o Trabalho foi elaborado  
respeitando os princípios da moral e da ética e não violou qualquer direito de  
propriedade intelectual sob pena de responder civil, criminal, ética e  
profissionalmente por meus atos.

São José dos Campos, 5 de Janeiro de 2021.

  
Autor(a) da Obra

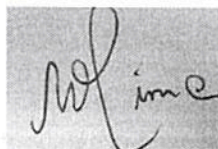
---

**FRANCILEINE RODRIGUES DA CONCEIÇÃO**

**“PERFIL DA TEMPERATURA INDUZIDA PELA RADIOFREQUÊNCIA EM TECIDOS BIOLÓGICOS Ex vivo AFERIDO PELA TERMOGRAFIA INFRAVERMELHA COMPUTADORIZADA”.**

Dissertação aprovada como requisito parcial à obtenção do grau de Mestre, do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Biomédica, do Instituto de Pesquisa e Desenvolvimento da Universidade do Vale do Paraíba - Univap, pela seguinte banca examinadora:

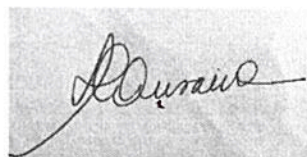
PROF. DR. MÁRIO OLIVEIRA LIMA



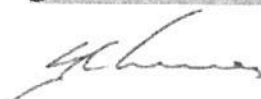
PROF. DR. RODRIGO ÁLVARO BRANDÃO LOPES MARTINS



PROF.<sup>a</sup> DR.<sup>a</sup> EMILIA ANGELA LO SCHIAVO ARISAWA



PROF. DR. RODRIGO LABAT MARCOS - Uninove



Data da defesa: 06, 01, 2021

## DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho primeiramente a **Deus**, pois sem Ele eu não teria forças para essa longa jornada.

À minha filha querida, **Virna Marília Rodrigues Coelho**, que mesmo com toda sua inocência da infância e por seus questionamentos, me fez retomar os estudos e cursar uma faculdade.

Ao meu amado irmão/filho **Rafael Rodrigues** (*in memoriam*), que sempre será lembrando em minhas conquistas, pois foi uma das minhas inspirações para buscar meu crescimento profissional pela educação. Tenho certeza que, se aqui estivesse, compartilharia comigo mais essa vitória.

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço em primeiro lugar ao meu pai celestial e criador DEUS, por ter permitido que eu tivesse saúde, fé e determinação para chegar até aqui.

Aos meus pais, Josefa Rodrigues e Roseno Atônio e aos meus queridos irmãos, Francivaldo, Socorro, Anderson e Larissa, que me ajudaram de todas as formas que estavam ao seu alcance.

À minha co-orientadora, Prof<sup>a</sup> Dra Emilia Angela Lo Schiavo Arisawa, que desde minha chegada nesta cidade foi uma verdadeira Mãe, sempre disposta a ouvir e encontrar soluções para tantos imprevistos que ocorreram durante o curso, pela sua atenção, compreensão e pelos muitos ensinamentos. Minha sincera admiração e eterna GRATIDÃO para essa grande Mulher.

Gratidão ao meu orientador, Prof. Dr Rodrigo Alvaro Brandão Lopes Martins, que quando pensei em desistir do curso me acolheu como sua orientanda, fez o que estava ao seu alcance (mesmo em situações que pareciam impossíveis) para que eu conseguisse desenvolver o projeto e chegar até aqui. Nunca conseguirei lhe agradecer à altura pela confiança e ajuda. MUITO OBRIGADA.

A um verdadeiro anjo que Deus colocou em meu caminho, chamado Ana Paula Pinto. Mesmo tão jovem soube me ajudar em todos os sentidos com uma maturidade que me surpreendeu. Conhecê-la foi uma das melhores coisas que me aconteceu desde que vim para SJC. Tenho enorme gratidão por toda ajuda prestada, principalmente pela forma amiga e carinhosa que teve para comigo desde minha chegada ao laboratório. Agradeço a Deus por cada momento que estive ao meu lado e por ter me presenteado com sua AMIZADE.

Grata a dois amigos, Vânia Thaís e Raimundo Gomes, que foram meus primeiros incentivadores para cursar o mestrado, me receberam em sua casa e me deram todo apoio necessário para minha permanência nesta cidade. A esses dois irmãos minha eterna gratidão.

A todos os colegas do laboratório, pois a vivência com eles foi de suma importância nessa caminhada, em especial Douglas, Elaine e Sérgio, que também foram colaboradores nesse projeto.

“Tudo posso naquele que me fortalece”  
(Filipenses 4:13)

# PERFIL DA TEMPERATURA INDUZIDA PELA RADIOFREQUÊNCIA EM TECIDOS BIOLÓGICOS *EX VIVO* AFERIDO PELA TERMOGRAFIA INFRAVERMELHA COMPUTADORIZADA

## RESUMO

A radiofrequência (RF) é um recurso utilizado no tratamento da flacidez e gordura localizada, sendo considerada eficaz e de baixo custo. A termografia infravermelha computadorizada (TIC) tem se demonstrado como uma ferramenta não invasiva de diagnóstico eficaz, que permite o monitoramento em tempo real das variações de temperatura (T) nos tecidos biológicos. Buscando estudar os efeitos da RF nos tecidos, este estudo tem por objetivo avaliar variações na massa, espessura e validar a TIC para detecção de alterações de T, antes e após aplicação da RF, em tecidos biológicos *ex vivo*. Foram utilizados 17 corpos de prova (*Susscrofa domestica*), peso entre 0,260 e 0,646 Kg, alocados em dois grupos: G1- potência de 60 W, seis animais, e G2- potência de 120 W, 11 animais. As aplicações de RF foram realizadas com aparelho de RF monopolar em 27,12 MHz, por 5 minutos, em uma área de 100 cm<sup>2</sup>. Foram coletados dados referentes à massa, espessura e aferidas as temperaturas superficial e lateral com auxílio de termômetro infravermelho (TI), enquanto o perfil de profundidade térmica foi avaliado pela TIC (ThermaCam S65HS, FLIR<sup>®</sup>) antes e após o tratamento com RF. Os dados coletados da TIC foram analisados pelo software ThermaCAM Researcher Pro 2.8 SR-1. Os demais resultados foram analisados utilizando o programa BioStat 5.3. Os resultados demonstraram variação média do peso dos corpos de prova antes e após a RF de 1,83±1,34g ( $p= 0,02$ ) em G1 e 2,36±1,29g ( $p< 0,0001$ ) em G2; não houve variação da espessura em nenhum dos grupos estudados. As temperaturas aferidas com TI na região superficial dos corpos de prova apresentaram aumento de 13,6±6,01° C ( $p= 0,0039$ ) em G1 e de 32,82±15,77° C ( $p< 0,0001$ ) em G2, após a RF. As imagens obtidas pelo TIC, após a RF, demonstraram que as áreas com maior T também se localizavam na superfície, com aumento de 12,15° C em G1 ( $p= 0,0083$ ) e 22,91° C em G2 ( $p= 0,0033$ ). Além disso, a avaliação dos termogramas demonstrou tendência de queda das temperaturas nas camadas mais profundas dos corpos de prova. Os resultados deste estudo pioneiro permitem concluir que tanto a TIC quanto o termômetro infravermelho demonstraram elevação da temperatura nos corpos de prova após a aplicação da RF, principalmente na região superficial das amostras estudadas. Alerta-se, ainda, que quando utilizada a potência de 120 W, detectou-se drástico aumento de temperatura na epiderme, que pode causar desconforto ou até mesmo queimaduras ao paciente. Assim, a TIC permite avaliar a profundidade do aquecimento induzida pela aplicação da RF em tecidos *ex vivo*, com valores semelhantes ao obtidos com o termômetro infravermelho, essa aplicabilidade pode ser utilizada para o monitoramento de procedimentos clínicos na área da estética.

**Palavras-chave:** Termografia Infravermelha. Radiofrequência. Tecido adiposo. Estética. Rejuvenescimento.

# PROFILE OF TEMPERATURE INDUCED BY RADIOFREQUENCY IN EX VIVO BIOLOGICAL TISSUES AFFECTED BY THERMOGRAPHY COMPUTERIZED INFRARED

## ABSTRACT

Radiofrequency (RF) is a resource used in the treatment of sagging and localized fat, being considered effective and low cost. Computerized infrared thermography (ICT) has been shown to be an effective non-invasive diagnostic tool that allows real-time monitoring of temperature variations (T) in biological tissues. Seeking to investigate the effects of RF on tissues, this study aims to evaluate variations in mass, thickness and to validate ICT for detecting T changes, before and after RF application, in ex vivo biological tissues. Seventeen specimens (*Sus scrofa domestica*), weighing between 0.260 and 0.646 kg, were used in two groups: G1- 60 W power, six animals, and G2 - 120 W power, 11 animals. RF applications were performed with a monopolar RF device at 27.12 MHz, for 5 minutes, in an area of 100 cm<sup>2</sup>. Mass and thickness data were collected, and the surface and side temperatures were measured with the aid of an infrared thermometer (TI), while the thermal depth profile was assessed by ICT (ThermaCam S65HS, FLIR ®) before and after treatment with RF. The data collected from the ICT were analyzed using the ThermaCAM Researcher Pro 2.8 SR-1 software. The other results were analyzed using the BioStat 5.3 program. The results showed an average variation in the weight of the specimens before and after the RF of  $1.83 \pm 1.34\text{g}$  ( $p = 0.02$ ) on G1 and  $2.36 \pm 1.29\text{g}$  ( $p < 0.0001$ ) on G2; there was no variation in thickness in any of the groups studied. The temperatures measured with TI on the surface of the specimens increased by  $13.6 \pm 6.01^\circ\text{C}$  ( $p = 0.0039$ ) in G1 and  $32.82 \pm 15.77^\circ\text{C}$  ( $p < 0.0001$ ) in G2, after the RF. The images obtained by the ICT, after the RF, showed that the areas with the highest T were also located on the surface, with an increase of  $12.15^\circ\text{C}$  in G1 ( $p = 0.0083$ ) and  $22.91^\circ\text{C}$  in G2 ( $p = 0.0033$ ). The results of this pioneering study allow us to conclude that both the ICT and the infrared thermometer showed an increase in temperature in the specimens after RF, mainly in the superficial region of the studied samples. We also warn that RF at 120 W power induced a drastic increase in temperature in the epidermis, which can cause discomfort or even burns to the patient. Furthermore, the evaluation of thermograms showed a tendency for temperatures to drop in the deeper layers of the specimens. The results of this pioneering study allow us to conclude that the ICT allows to evaluate the depth of the RF induced heating in ex vivo tissues, with values similar to those obtained with the infrared thermometer. This applicability can be used to monitor clinical procedures in the field of aesthetics.

**Keywords:** Infrared Thermography. Radiofrequency. Adipose tissue. Aesthetics Rejuvenation.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Camadas e estruturas observadas na pele.....	21
Figura 2: Imagem representativa do espectro eletromagnético.....	24
Figura 3: Imagem representativa do procedimento realizado para aferição da massa dos corpos de prova .....	35
Figura 4: Imagem representativa do procedimento realizado para aferição da espessura dos corpos de prova com o auxílio do paquímetro plástico .....	36
Figura 5: Imagem representativa do procedimento realizado para aferição das temperaturas superficial e lateral dos corpos de prova com o auxílio do termômetro infravermelho .....	37
Figura 6: Imagem representativa de um corpo de prova gerada pela câmara termográfica .....	38
Figura 7: Layout do software ThermaCam Researcher Pro 2.8 SR-1 .....	38
Figura 8: Imagem ilustrativa da aplicação da radiofrequência nos corpos de prova .....	40
Figura 9: Linha do tempo do protocolo experimental .....	40
Figura 10: Temperatura Superficial obtida com o auxílio do termômetro infravermelho, antes e após a aplicação da RF com a potência de 60W.....	42
Figura 11: Temperatura Lateral obtida com o auxílio do termômetro infravermelho, antes e após a aplicação da RF com a potência de 60 W.....	42
Figura 12: Massa antes e após aplicação da RF com potência de 60 W.....	43
Figura 13: Termograma da seleção dos pontos no corpo de prova antes e após a RF com potência de 60 W.....	44
Figura 14: Profundidade de aquecimento da RF analisada pela termografia infravermelha computadorizada. ....	45
Figura 15: Temperatura Superficial obtida com o auxílio do termômetro infravermelho, antes e após a aplicação da RF com a potência de 120 W.....	46
Figura 16: Temperatura Lateral obtida com o auxílio do termômetro infravermelho, antes e após a aplicação da RF com a potência de 120 W.....	47
Figura 17: Massa antes e após aplicação da RF com potência de 120 W.....	47
Figura 18: Termograma da seleção dos pontos no corpo de prova antes e após a RF com potência de 120 W.....	48
Figura 19: Profundidade de aquecimento da RF analisada pela termografia infravermelha computadorizada. ....	49

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Características das amostras antes e após a aplicação da radiofrequência com a potência de 60 W (G1).....	41
Tabela 2: Temperatura antes e após a RF mensurada pela termografia infravermelha computadorizada. ....	44
Tabela 3: Características das amostras antes e após a aplicação da radiofrequência com a potência de 120 W (G2).....	45
Tabela 4: Temperatura antes e após a RF mensurada pela termografia infravermelha computadorizada. ....	48

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

CEUA	Comissão de Ética em Pesquisa com Animais
cm	Centímetro
cm <sup>2</sup>	Centímetro Quadrado
FEG	Fibro Edema Gelóide
g	Grama
H0	Hipótese Nula
H1	Hipótese Alternativa
Hz	Hertz
IP&D	Instituto de Pesquisa e Desenvolvimento
J	Joule
J/cm <sup>2</sup>	Joule por Centímetro Quadrado
Kg	Quilograma
M	Mega
mm	Milímetro
N	Número Amostral
RF	Radiofrequência
RFM	Radiofrequência Monopolar
SI	Sistema Internacional de Unidades
T	Temperatura
TIC	Termografia Infravermelha Computadorizada
TAS	Tecido Adiposo Superficial
TAV	Tecido Adiposo Visceral
TIFF	Acrônimo para Tagged Image File Format
W	Watts

## LISTA DE SÍMBOLOS

° C	Grau Celsius
®	Marca Registrada
±	Desvio padrão
%	Porcentagem

## SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO .....	14
2 HIPÓTESE .....	17
3 JUSTIFICATIVA.....	18
4 OBJETIVOS.....	19
4.1 Objetivo Geral.....	19
4.2 Objetivos Específicos .....	19
5 REVISÃO DA LITERATURA .....	20
5.1 Tecido Adiposo .....	20
5.1.1 Definição e Componentes .....	20
5.1.2 Funções do tecido adiposo .....	22
5.2 Radiofrequência .....	23
5.2.1 Definição, histórico e mecanismo de funcionamento.....	23
5.2.2 Radiofrequência na estética.....	26
5.2.3 Ausência na padronização de protocolos de tratamento .....	28
5.3 Termografia Infravermelha Computadorizada .....	29
5.3.1 Definição e Mecanismo.....	29
5.3.2 Termografia Infravermelha Computadorizada na Estética .....	31
6 MATERIAL E MÉTODOS .....	34
6.1 Desenho experimental .....	34
6.2 Amostra.....	34
6.3 Local de Estudo.....	34
6.4 Procedimentos Éticos do Estudo .....	34
6.5 Protocolo experimental.....	35
6.5.1 Preparo das amostras.....	35
6.5.2 Seleção e aclimatização.....	35
6.5.3 Pesagem.....	35
6.5.4 Aferição da espessura dos corpos de prova .....	36
6.5.5 Aferição da temperatura dos corpos de prova .....	36
6.5.2 Termografia Infravermelha Computadorizada .....	37
6.5.3 Radiofrequência .....	39
6.6 Análise dos dados.....	40
7 RESULTADOS.....	41
7.1 Radiofrequência - Potência de 60 W (Grupo 1).....	41
7.2 Radiofrequência- Potência de 120 W (Grupo 2).....	45
8. DISCUSSÃO .....	50
9 CONCLUSÃO .....	55
REFERÊNCIAS.....	56
APÊNDICE 1 .....	62
ANEXO A: Comissão de Ética na Utilização de Animais (CEUA).....	635
ANEXO B: Certificado de apresentação no INIC 2020 .....	64
ANEXO C: Comprovante de submissão do artigo à Revista Brasileira de Engenharia Biomédica.....	65

## 1 INTRODUÇÃO

Há um aumento expressivo na demanda de pacientes por rejuvenescimento, perda de peso e melhora na pele, ou seja, qualquer tratamento eficaz, seguro, indolor e de baixo custo que possa favorecer a estética corporal, facial e a saúde. Os avanços tecnológicos levaram a um excedente de dispositivos médicos, que possuem mecanismos sofisticados para alcançar tal objetivo. Este cenário requer que os diversos profissionais da saúde entendam intrinsecamente como os dispositivos baseados em energia funcionam, bem como a miríade de aplicações estéticas e melhora na saúde (DAVIS; BOEN; FABI, 2019; SADICK, 2019a).

Diversos tipos de dispositivos baseados em energia estão sendo explorados com interesse estético, como lasers, ultrassom, ondas acústicas e ondas de radiofrequência (RF), e como esperado, todos eles apresentam vantagens e limitações. A RF, de todos os tratamentos baseados em energia, é talvez o mais versátil em termos do número e tipos de dispositivos existentes, além de vasta indicação estética (MALERICH *et al.*, 2014; SADICK; ROTHHAUS, 2016).

A RF é uma técnica de tratamento não invasiva, a qual leva aporte circulatório e de nutrientes, eleva a oxigenação local, hidrata o tecido, aumenta a velocidade em eliminar metabólicos. Além disso, existem relatos sobre indução de lipólise, contração do tecido conjuntivo, reorientação e aumento do número, espessura e densidade das fibras de colágeno. Todas essas ações favorecem a regeneração da flacidez cutânea (nos níveis leve e moderado), melhorando contornos faciais e corporais, reduzindo sulcos e ríides (SILVA *et al.*, 2014).

Anos atrás, a RF era usada quase que exclusivamente para reduzir a flacidez da pele da face. Atualmente, tornou-se o tratamento preferido para diminuição de cicatrizes de acne, celulite, frouxidão pós-parto, fotoenvelhecimento e redução de gordura localizada. Considerando a escassez de protocolos e metodologias padronizadas, os protocolos de tratamento são aplicados de forma empírica, minimizando o potencial dessa técnica (SADICK; ROTHHAUS, 2016; SADICK, 2019a).

Estudos clínicos realizados com a RF monopolar foram utilizados para tratar a flacidez na região do rosto e pescoço, com melhora de 50% após a aplicação da técnica (TAUB; TUCKER; PALANGE, 2012) e outro estudo que visou avaliar a RF no

rejuvenescimento da pele panfacial, observando-se melhora em 90% dos participantes tratados (SADICK; ROTHHAUS, 2016).

O mecanismo básico subjacente ao efeito estético determinado pela RF baseia-se na resistência do tecido nas várias camadas da pele para transformar a energia da RF (eletromagnética) em energia térmica. Tendo isto em mente, a transferência bem sucedida de RF em energia térmica, depende do tamanho e profundidade do tecido a ser tratado, da quantidade de energia fornecida e local do tratamento, dentre outros fatores. Assim, o dano ao tecido é minimizado e a melanina epidérmica permanece inalterada e a RF pode ser usada em pacientes de todos os tipos de pele. Geralmente, os tratamentos de RF atuais estão associados a poucas complicações e efeitos adversos, permitindo rápido tempo de recuperação (SADICK, 2019a; SADICK, 2019b).

Devido à falta de protocolos clínicos fundamentados cientificamente relacionados ao tratamento estético utilizando a RF, a termografia infravermelha computadorizada (TIC) é uma ferramenta que apresenta potencial para elucidar este campo do conhecimento. A análise apresenta caráter não invasivo e não radioativo, sendo apta para avaliar as funções fisiológicas que envolvem o controle da temperatura da pele, órgão indispensável na regulação da temperatura corporal (MERLA *et al.*, 2010; CÔRTE; HERNANDEZ, 2016).

A termografia infravermelha foi estabelecida como uma ferramenta de diagnóstico alternativa eficaz. A TIC é uma técnica remota, sem contato, de baixo custo, segura e não invasiva. É rápida e pode ser usada em diferentes estudos para experimentos de termografia médica e monitoramento simultâneo de grandes áreas. As interpretações de termogramas codificados com pseudo cores são mais fáceis e rápidas. Esta técnica registra apenas a radiação natural que emana das superfícies da pele e não tem efeitos de radiação prejudiciais, e é adequada para uso prolongado e repetido. O TIC é uma técnica que fornece informações em tempo real, permitindo monitorar variações dinâmicas de temperatura e provou ser um ótimo indicador de saúde. Estudos demonstraram que os termogramas podem fornecer informações de anomalias físicas e, portanto, ser úteis para o diagnóstico de doenças físicas (CHRISTIANSEN; GEROW, 1990; ROMANO *et al.*, 2011; LAHIRI *et al.*, 2012; LAW *et al.*, 2018).

Os sensores das câmeras de termografia captam a radiação infravermelha, gerando a mensuração e mapeamento indireto da distribuição das temperaturas

emitidas pelos tecidos biológicos. A temperatura da superfície é influenciada pelo fluxo sanguíneo, onde locais de maior circulação gera maior calor. A circulação é controlada por anastomoses arteriovenosas sob o sistema nervoso simpático e regulação hormonal em resposta a mudanças de temperatura externa, hipovolemia e excitação (CHRISTIANSEN; GEROW, 1990; LAHIRI *et al.*, 2012; LAW *et al.*, 2018).

Pelo exposto, o questionamento elaborado para este estudo foi “quais alterações são induzidas pela aplicação da RF em tecidos biológicos *ex vivo*, considerando os parâmetros de massa, espessura e temperaturas na superfície e na profundidade dos tecidos.”. Para responder a essa pergunta este estudo teve por objetivo avaliar alterações induzidas pela RF na massa, espessura, e temperatura de corpos de prova *ex vivo*, bem como validar TIC como método não invasivo para avaliar a temperatura tecidual.

## 2 HIPÓTESE

H0: A TIC (Termografia Infravermelha Computadorizada) não terá capacidade de aferir adequadamente as variações de temperatura induzidas pela RF nos corpos de prova *ex vivo*.

H1: A TIC aferirá adequadamente as variações de temperatura induzidas pela RF nos corpos de prova *ex vivo*.

### 3 JUSTIFICATIVA

Na literatura científica há uma carência de trabalhos comprovando a eficácia da técnica de radiofrequência quanto a sua capacidade de aquecimento. Entretanto podem ser citadas aplicações no tratamento de pele (WILCZYŃSKI *et al.*, 2018), rejuvenescimento facial (SILVA; PINTO; BACELAR, 2018), flacidez cutânea e contorno corporal (TAGLIOLATTO, 2015), na medicina do esporte (CÔRTE; HERNANDEZ, 2016), entre outras. Outro ponto que justifica o presente estudo é que até o momento não há equipamentos capazes de aferir a profundidade de aquecimento gerado pela RF nos tecidos biológicos.

A partir de um olhar prático em clínicas de fisioterapia e estética, observou-se que o tratamento com RF é realizado indiscriminadamente em todo país. É necessária a elaboração de estudos para elucidar os efeitos da RF. A análise pela termografia infravermelha computadorizada permitirá analisar os resultados visando explicar possíveis ações dessa ferramenta sobre tecidos biológicos. Os resultados poderão embasar os profissionais da área da estética e saúde sobre a eficácia dessa intervenção, servindo ainda como base teórica para graduandos e pesquisadores sobre o tema.

## **4 OBJETIVOS**

### **4.1 Objetivo Geral**

O objetivo deste estudo foi avaliar a TIC quanto à sua capacidade de aferir alterações de temperatura induzidas pela aplicação da radiofrequência em tecidos biológicos *ex vivo*, bem como avaliar mudanças induzidas por essa ferramenta terapêutica sobre parâmetros teciduais.

### **4.2 Objetivos Específicos**

- Avaliar a TIC como instrumento de análise de alterações de temperatura antes e após a aplicação da radiofrequência nos corpos de prova;
- Aferir as alterações de temperatura antes e após a aplicação da radiofrequência nos corpos de prova com o termômetro infravermelho e comparar com os resultados obtidos pela TIC;
- Avaliar os parâmetros referentes à massa e espessura dos corpos de prova antes e após aplicação da radiofrequência.

## 5 REVISÃO DA LITERATURA

### 5.1 Tecido Adiposo

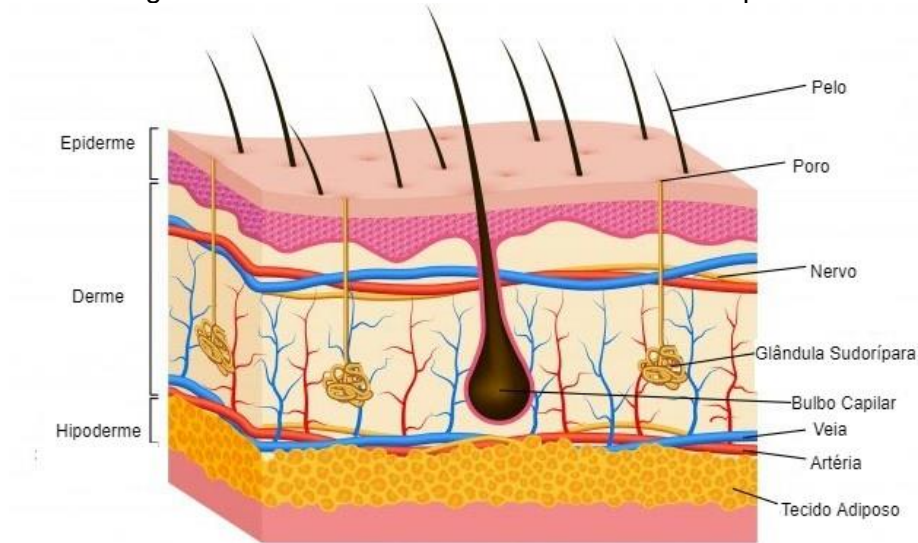
#### 5.1.1 Definição e Componentes

A pele é formada por tecidos originados da ectoderme e mesoderme, é o maior órgão em peso, e de fundamental importância para a garantir a temperatura corporal dentro de uma faixa de normalidade de 36,1 a 37,8° C. As principais camadas da pele são a epiderme (superficial) e a derme profunda (profunda). A tela subcutânea, denominada hipoderme, localiza-se abaixo da derme, e ancora a derme aos tecidos e órgãos subjacentes (HALL; GUYTON, 2011; FERNANDES *et al.*, 2014; GILABERTE *et al.*, 2016; TORTORA; DERRICKSON, 2017).

A espessura da pele varia de 1,5 mm a 4 mm, dependendo da região anatômica, e essa camada dupla envolve toda a superfície exterior do corpo. A epiderme tem espessura que varia entre 0,06 mm (face) até 1,3 mm (palma da mão), e sua principal função é atuar como barreira protetora contra o ambiente externo. A derme tem espessura que varia de 0,5 mm a 3 mm, sendo responsável pelo suporte de rede vascular e pela defesa imunológica (HARRIS, 2016).

A hipoderme atua como reserva de energia e permite a mobilidade, por deslizamento sobre estruturas subjacentes. É formada principalmente por adipócitos, organizados em lóbulos limitados por tecido conjuntivo fibroso. Além disso, os adipócitos produzem leptina, dentre outros hormônios, que regula o peso corporal. Na tela subcutânea existem grandes vasos sanguíneos que nutrem a pele e há o armazenamento de gordura (MENDONÇA; RODRIGUES, 2011; TORTORA; DERRICKSON, 2017). Deste modo, a figura 1 elucidada de forma visual as camadas e estruturas observadas na pele.

Figura 1: Camadas e estruturas observadas na pele.



Fonte: FREEPIK, 2020.

Composto primordialmente pelos adipócitos, o tecido adiposo apresenta em sua matriz tecido conjuntivo, fibroblastos, estroma vascular, fibras nervosas, células da imunidade inata e pré adipócitos (REHFELD; NYLANDER; KARNOV, 2017).

O tecido adiposo, em mamíferos, é categorizado basicamente em dois tipos: tecido adiposo branco ou tecido unilocular, e tecido adiposo marrom ou tecido multilocular. O primeiro possui a função de armazenar energia na forma de triglicérides, em uma grande gota formada por lipídios que representa aproximadamente 85% do volume celular. O tecido adiposo unilocular é prevalente no ser humano, apresentando distribuição difusa por todo o organismo, contornando ou infiltrando-se por toda extensão subcutânea, órgãos e vísceras ocas (MONTARI, 2016; SILVA *et al.*, 2019).

Por outro lado, o tecido multilocular é encontrado em abundância em fetos e recém-nascidos, além de ser prevalente em bebês de até 1 ano. Após este período é substituído por tecido unilocular. Em adultos este tecido é encontrado em pequenas quantidades, principalmente na parte superior do tórax, região do pescoço, em torno dos rins, aorta e do mediastino. O tecido multilocular compõe aproximadamente 5% da massa corporal em recém-nascidos, apresentando também abundância mitocondrial. Deste modo, tem relação íntima com a produção de calor, sendo o principal mecanismo de termoregulação corporal dos bebês (SANTOS; TORRENT, 2010; PINTO, 2014; MONTANARI, 2016; REHFELD; NYLANDER; KARNOV, 2017).

É importante frisar que o tecido adiposo é um tipo de tecido conjuntivo especializado, que possui a habilidade de armazenar lipídios em seu interior, possibilitando a extração de ácidos graxos da corrente sanguínea para sintetizar os triglicerídeos. Além disso, por mecanismo bioquímico semelhante é possível retirar a glicose circulante, convertendo-a em triglicerídeo no fígado para ser armazenada no tecido adiposo. Dessa maneira, a célula adiposa abastece, sintetiza e oferece ácido graxo e triglicerídeo, de acordo com as necessidades do organismo (BACELAR, 2018).

Cerca de 60% a 80% do peso armazenado no tecido adiposo unilocular são constituídos por lipídios, e desses, 90% a 99% são triacilglicerois, dentre outras moléculas. Além dos lipídios, os 10% a 1% restante do peso observado são constituintes de água e proteínas (BACELAR, 2018). Outra função importante do tecido adiposo é a atribuição endócrina, no qual o termo adipocina é utilizado para nomear peptídeos bioativos sintetizados e secretados por esse tecido, podendo ser citado a leptina, adiponectina, resistina, visfatina, apelina, dentre outros (SILVA *et al.*, 2019).

### **5.1.2 Funções do tecido adiposo**

O tecido adiposo pode ser conceituado como um órgão que possui diversas funções, tais como: função de isolamento térmico e barreira física ao trauma, constitui uma camada rica em células tronco, atua como fonte energética, além de secretar proteínas e peptídeos bioativos com ação local e sistêmica (LOFEU *et al.*, 2015).

Apresenta basicamente duas camadas, destacadas pela presença de uma camada de tecido membranoso, descritas como Tecido Adiposo Superficial (TAS) e Tecido Adiposo Profundo ou Tecido Adiposo Visceral (TAV) (CUNHA; CUNHA; MACHADO, 2014; CUNHA *et al.*, 2017).

O TAS está presente em todo o corpo do ser humano, diferentemente do TAV que se localiza em apenas algumas regiões e nas vísceras, seguindo a descrição sugerida pela nomenclatura. Ambos possuem aspectos histológicos e anatômicos distintos, sendo que o TAS é subdividido em duas camadas, a Hipoderme ou Tecido

Adiposo Areolar, e Tecido Adiposo Subcutâneo ou Tecido Adiposo Lamelar (TAL) (CUNHA, *et al.*, 2017).

Macroscopicamente, observam-se lóbulos de gordura envoltos por septos de fibras com formato parecido a favos de mel, de maneira contínua por toda sua extensão. À microscopia visualiza-se a organização da hipoderme, com uma ou mais camadas, cuja característica é dependente da região do corpo em que se localiza. Observam-se aglomerados de adipócitos em lóbulos, circundados por septos de tecido conjuntivo com disposição similar a um polígono ovalar (LANCEROTTO *et al.*, 2011; CUNHA *et al.*, 2017).

A influência do tecido adiposo sobre o corpo humano pode ser validada por meio da elevada quantidade de substâncias que agem sobre ele, provocando ações como adipogênese, secreção de substâncias, metabolização de hormônios esteroides sexuais e retroalimentação relacionado à estimulação de hormônios mediante a expressão de um grande conjunto de receptores de membrana, tanto citosólicos, quanto nucleares (PINTO, 2014).

## **5.2 Radiofrequência**

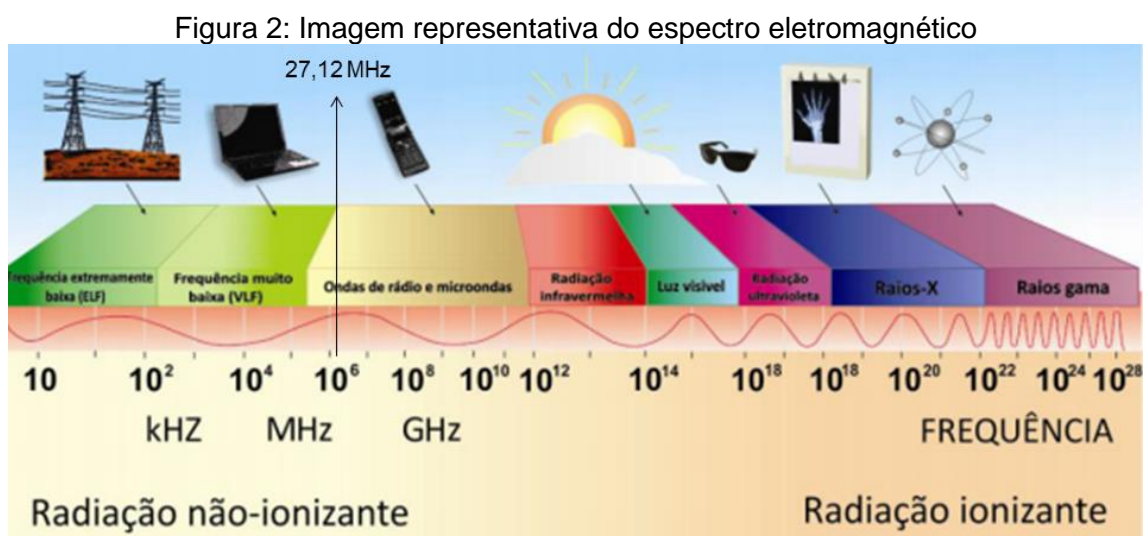
### **5.2.1 Definição, histórico e mecanismo de funcionamento**

Estudos citam que a Radiofrequência (RF) foi utilizada primeiramente no século XIX por Jacques Arsène D'Ansoval, e até hoje vem sendo empregada. Dessa forma, não se trata de uma criação recente, sendo utilizada no início do século XX, no ano de 1911, para o corte e cauterização de tecidos. Foi utilizada com potências elevadas, para fins medicinais, em 1976, no combate de células cancerígenas.

Atualmente, vem se mostrando importante para finalidades terapêuticas, com potência adequada apenas para elevar a temperatura do tecido, sem que haja agressão à pele. Para uso terapêutico, a RF assemelha-se à corrente de rádio, considerando o aspecto "frequência de correntes". Entretanto, se diferencia nos sistemas mecânicos que a fazem funcionar e nas oscilações eletromagnéticas, por possuírem atributos exclusivos e distintos de correntes alternadas (VEJJABHINANTA *et al.*, 2014; LOFEU; BRITO; BARTOLOMEI, 2015).

Os dispositivos de RF não invasivos são comumente classificados como monopolar, bipolar, tripolar e multipolar. Além disso, abordagens populares entre os fabricantes de tecnologia buscam combinar modalidades de energia adicional, permitindo maior eficácia e redução de efeitos adversos. Exemplos incluem dispositivos RF integrados com sistemas de vácuo, banda larga / luz infravermelha, lasers e eletromagnético de campo pulsado. Esta diversidade de dispositivos e refinamento de recursos permitiu sua aplicação em uma quantidade crescente de indicações estéticas faciais e corporais (SADICK; ROTH AUS, 2016).

A RF é uma onda eletromagnética. O mecanismo para aplicação biológica fundamenta-se na interação da onda eletromagnética, aumentando assim o grau de agitação (vibração) das biomoléculas, principalmente a água, deste modo produzindo calor, entre 30 KHz e 300 MHz, porém, é mais utilizada nas frequências entre 0,5 a 1,5 MHz com a finalidade de levar à produção de calor na faixa de 37° C a 45° C estimulando fibras colágenas e elastina (NERY; SOUZA; PIAZZA, 2013). Deste modo, correntes que se apresentam menores que 3.000 Hertz (Hz) são utilizados para eletroestimulação e eletroanalgesia, enquanto a RF é utilizada na área dermatológica para produção de calor por conversão, que se trata da condução da onda de RF interagindo com o tecido e produzindo calor (BORGES; SCORZA, 2016). A figura 2 apresenta o espectro eletromagnético e exemplos ilustrativos correspondente a cada faixa.



Legenda: A seta aponta a faixa do espectro em que a RFM se localiza (27,12 MHz)

Fonte: Adaptado de IBRAMED (2015).

Os efeitos térmicos causados pela passagem da RF são decorrentes dos seguintes fenômenos: a) vibração iônica: os tecidos possuem íons, que quando submetidos à RF vibram na mesma frequência gerando fricção e colisão nos tecidos adjacentes, com conseqüente aumento da temperatura, sendo esta a forma mais eficiente de transformação de energia eletromagnética em calor; b) rotação das moléculas dipolares: a água presente no corpo, apesar de ser composta por moléculas neutras, atrai cargas opostas, responsáveis por convergir em um dipolo, ocasionando colisão entre os tecidos próximos, com menor efeito térmico que a forma anterior (BORGES, 2010).

A transferência resultante da energia térmica decorrente do tratamento com RF, segundo Beasley e Weiss (2014), ocasiona a remodelação do colágeno por aquecimento, por uma transição estrutural, que se assemelha a um gel, remodelando, deste modo, o tecido. Outro ponto que vale ressaltar é que a RF induz a lipólise localizada, além de estimular fatores de crescimento celular, o qual irá possibilitar a remodelação do tecido. Além disso, segundo Sadick e Rothaus 2016, as manifestações clínicas resultantes do tratamento com RF podem ser confirmadas pela regulação positiva da expressão do gene do colágeno.

Tendo isto em mente, a RF se alicerça em ondas eletromagnéticas que promovem uma oscilação molecular na água, e esta energia absorvida pela água é transferida na forma de calor para a camada mais profunda da pele (CARVALHO *et al.*, 2011). Trata-se de uma intervenção não invasiva, e quando empregada no tratamento da adiposidade, por exemplo, proporciona o aquecimento profundo dos tecidos internos produzindo uma ação de quebra dos adipócitos, com redução de medidas, evoluindo para reorganização das fibras de colágeno (LOFEU *et al.*, 2015).

Por ser uma técnica não invasiva, apresenta vantagens e eficácia quando comparada aos demais tratamentos estéticos. A RF, pode ser empregada em qualquer fototipo de pele, apresentando baixo risco ou efeitos adversos, permitindo o aquecimento cutâneo homogêneo, sem promover a dor e sem necessitar de repouso após aplicação. Como desvantagens, pode-se considerar o risco de queimaduras na pele, devido ao aquecimento, quando utilizada por profissionais sem o conhecimento necessário para emprego da técnica (ANOLIK *et al.*, 2009).

Ultimamente, a fama dos cosméticos não invasivos e alternativas de tratamento rejuvenescedores utilizando a RF cresceu de maneira significativa. Isso se deu pelo pequeno risco de desordens e por sua versatilidade, podendo ser

aplicada tanto no rosto quanto no corpo inteiro, sem oferecer risco, além da facilidade de ser aplicada a qualquer momento do ano e em qualquer tipo de pele (WILCZYŃSKI *et al.*, 2018). Assim, trata-se de um recurso não invasivo para rejuvenescimento. Desse modo, a onda eletromagnética atinge tecidos consideravelmente profundos (TAGLIOLATTO, 2015).

Adicionalmente, a energia gerada por meio da RF consegue penetrar nas células da epiderme, derme e hipoderme, podendo alcançar até as células musculares. Ao passar pelos tecidos, a corrente dá origem à fricção ou resistência nos tecidos, produzindo aumento térmico da temperatura tissular (LOFEU *et al.*, 2015).

### 5.2.2 Radiofrequência na estética

Como descrito anteriormente, sugere-se que o mecanismo da RF no tecido seja por meio da energia gerada em materiais transferida do campo elétrico da RF para as cargas nos tecidos, seja por meio de vibração ou rotação molecular, que resulta no aquecimento do tecido subcutâneo e reorganização das fibras de colágeno (BORGES, 2010).

A Tabela 1 apresenta alguns estudos relacionados à RF aplicada em procedimentos estéticos com o objetivo de tratar flacidez cutânea e gordura localizada.

*Tabela 1: Estudos clínicos relacionados a RF aplicada na estética.... (continuação)*

<b>Autores/ Ano</b>	<b>Objetivo</b>	<b>Metodologia</b>	<b>Resultados</b>
Pino et al, 2006.	Avaliar o efeito da RF sobre o tecido adiposo subcutâneo.	n= 26 mulheres; 2 sessões (15 dias); RF Unipolar (Alma Lasers, IL, USA); F:2-5 MHz; DE:91 J/cm <sup>2</sup> ; Local: nádegas e coxas; Duração: 3x 30 segundos. Avaliação pelo ultrassom.	68% dos pacientes apresentaram uma contração do volume de aproximadamente 20%, demonstrando que a RF atua no tecido conjuntivo do tecido adiposo subcutâneo.

Tabela 1: Estudos clínicos relacionados a RF aplicada na estética..... (continuação)

Goldberg; Fazeli; Berlin, 2008.	Determinar os efeitos do aquecimento profundo induzido por RF unipolar e alterações no metabolismo lipídico.	n= 30 mulheres; 6 sessões (1 a cada 2 sem); RF unipolar (Alma Lasers, IL); Local: Superior da coxa (prega glútea) P: 150 a 170W Duração: 3x30 segundos. Avaliação de medidas corporais, fotografias clínicas, biópsias de pele e gordura, análises de lipídios de sangue padrão e análises de ressonância magnética (RM) das áreas tratadas.	27 voluntárias com melhora clínica; Diminuição da medida de 2,45 cm da região tratada; Nenhuma mudança significativa no pós-tratamento referente a peso ou lipídios no sangue foram observados; Evidência histológica de fibrose dérmica pós-tratamento, sem qualquer mudança na camada da derme foi notado; A RM não revelou nenhuma mudança nas camadas da pele.
Manuskiatti e colaboradores, 2009.	Avaliar RF na redução de circunferência, tratamento de celulite e endurecimento da pele.	n= 39 mulheres; 8 semanas (1x/sem); RF TriPollar (Regen™, Pollogen, Israel); P: 20 e 28,5 W; F: 1 MHz; Local: Braços, abdome, coxas e nádegas; Duração: 30, 40, 45 e 60 minutos, respectivamente; Movimentos deslizantes.	Diminuição significativa de 3,5 cm e 1,7 cm no abdômen e coxa, respectivamente. Redução média de 0,61 mm no tecido adiposo da coxa (Avaliado pelo ultrassom). Cutumeter: s/ diferença. Melhora de 50% da aparência da celulite (Nurnberger-Muller).
Van der Lugt et al., 2009.	Avaliar a eficácia da RF no tratamento da celulite na região das nádegas	n= 50 mulheres; 12 semanas (1xsemana); RF ThermaLipo bipolar device (Thermamedic, Spain) Fluência: 6 J/cm <sup>3</sup> . Local: Nádegas; Duração: 12 minutos; Avaliação visual; histológica (de 15 voluntárias que aceitaram) e textura por imagens ópticas 3-D	Aspecto visual da celulite: “Bom” após tratamento (tto)/ Dor relatada: 42-44° C Histologia: Após 1ª sessão: separação de fibras na derme (edema) + lise da membrana dos adipócitos. Após 2 meses de tto: Colágeno dérmico mais abundante e organizado. Imagens ópticas 3D: Melhora da textura 42-55%.
Levenberg, 2010.	Avaliar a segurança e eficácia do dispositivo Apollo para o tratamento não	n= 37 mulheres; 7 semanas (1x semana); RF tripolar (Apollo, Pollogen, Israel); P: 50 W; F: 1 MHz;	Diminuição dos valores de perimetria; sem mudanças no perfil lipídico.

invasivo de Local: Abdominal, coxas,  
excesso de nádegas, braços e rosto;  
gordura Avaliações por  
localizada e fotografia, Perímetro 3D;  
aperto facial medidas  
antropométricas; teste  
de sangue; escala de  
conforto de RF;

Tabela 1: Estudos clínicos relacionados a RF aplicada na estética..... (continuação)

Mlosek et al., 2011.	Avaliar a eficácia do tratamento anticelulite realizado por RF.	a n= 43 mulheres (17 placebo); 8 sessões (1x semana); DE: 110 J / cm <sup>2</sup> (placebo) 0 J / cm <sup>2</sup> ); Local: Posterior da coxa); Avaliação por perimetria, escala de celulite e ultrassom.	A celulite foi reduzida em 89,2%. Houve diminuição da espessura da derme e tecido subcutâneo, aumento da ecogenicidade refletindo no aumento do número de fibras de colágeno, diminuição do crescimento do tecido subcutâneo em bandas na derme e redução de edema; perimetria diminuída
Suh et al., 2016.	Avaliar a eficácia e segurança dos resultados clínicos, radiológicos do tratamento por radiofrequência, sem contato e com dispositivo de campo seletivo.	a n= 12 mulheres; 5 sessões (1x semana); RF monopolar (Vanquish, BTL Industries, U.S.A); F: 27.12 MHz; P: 180–200 W; Local: Abdome e flancos; Duração: 45 minutos. Avaliação pela perimetria, peso corporal; fotografia; tomografia computadorizada.	Redução significativa na circunferência abdominal após as 5 sessões; Tomografia computadorizada: diminuição do volume de gordura (10,9%).

Fonte: a autora

### 5.2.3 Ausência na padronização de protocolos de tratamento

Alizadeh e colaboradores (2016), realizaram revisão de artigos que abordaram tratamentos estéticos para a gordura localizada e flacidez. Nessa pesquisa encontraram a radiofrequência para tal proposta. Os autores verificaram que não existe um protocolo padrão para o tempo de tratamento e o intervalo das sessões terapêuticas. Uma temperatura mais alta em um tempo mais curto pode ser eficaz para diminuição do tecido adiposo, mas com provável desconforto térmico para os pacientes. Por isso, o tempo de aplicação com menor temperatura deve ser considerado.

De acordo com uma revisão sistemática com metanálise, que incluiu 12 trabalhos clínicos experimentais, publicados entre 2006 e 2017, é notável a falta de parâmetros dos protocolos utilizados na metodologia descritas nos artigos. Os autores concluíram haver poucas evidências para comprovar os efeitos da RF no tecido adiposo e que há uma baixa qualidade metodológica, não permitindo assim uma generalização dos métodos e resultados. Em relação a eficácia, apesar das limitações relatadas nos estudos analisados, todos consideraram que a RF tem efeito positivo no tecido adiposo (VALE *et al.*, 2018).

Um estudo de revisão realizado por Araújo e colaboradores (2015), sobre a RF no tratamento da flacidez cutânea revelou que 46% dos trabalhos revisados (de 31 artigos) utilizaram a potência de 330 W; 25% não citaram a potência utilizada ou dados como tempo de aplicação e tamanho do bico que possibilitaria o cálculo do mesmo.

Ainda, os autores acima destacaram que a maioria dos aparelhos de RF disponíveis no mercado são internacionais, e possibilitam alterar os parâmetros que variam de 1 MHz a 6 MHz, a potência de 40 MHz a 240 W. O principal efeito colateral é a dor durante o tratamento e para minimizá-la o paciente recebe um anestésico tópico e/ou oral (ARAÚJO *et al.*, 2015).

Os dispositivos de RF brasileiros, de acordo com seus respectivos manuais e sites dos fabricantes, apresenta frequência, na maioria dos equipamentos, que varia entre 0,64 MHz e 27,12 MHz. A potência utilizada está entre 50 W a 150 W e o tempo de aplicação variável entre 5 a 10 minutos por unidade de área. De acordo com os manuais nacionais, maiores potências são utilizadas para procedimentos corporais e as menores para faciais. Também está descrito que o tratamento é indolor, sem a necessidade de uso de anestésicos. Apesar dessa afirmação dos fabricantes, na prática clínica é possível notar que a aplicação de RF não é totalmente indolor e pode induzir desconforto com o aumento da temperatura (ARAÚJO *et al.*, 2015).

### **5.3 Termografia Infravermelha Computadorizada**

#### **5.3.1 Definição e Mecanismo**

Grande parte da instrumentação de diagnósticos por imagem emprega segmentos do espectro eletromagnético, como o Raios-X e a tomografia, dentre outros. Porém, diferentemente de outros dispositivos médicos, a termografia é uma ferramenta não radioativa, que possibilita uso irrestrito, de baixo custo, quando comparado a outras técnicas, não agressivo, com diagnóstico de fácil compreensão pelos usuários e com redução de custos em manutenção (CÔRTE; HERNANDEZ, 2016; FORCELINI; VARNIER; MERINO, 2018). Para realização do exame termográfico é de suma importância ter conhecimento dos fatores que envolvem o resultado do exame, como: fatores ambientais (dimensão do local de coleta, temperatura do ambiente, umidade relativa do ar, pressão atmosférica e radiação), fatores técnicos (câmera usada, protocolo, software, análise estatística) e fatores individuais (sexo, faixa etária, antropometria, ritmo circadiano, emissividade da pele, utilização de medicamentos e prática de exercício físico). Todavia, se esses fatores forem monitorados, não há prejuízo nos resultados (PRIEGO QUESADA *et al.*, 2015).

O uso da TIC está baseado no fato do ser humano emitir diversos níveis de energia no comprimento de onda infravermelho. Essa característica é expressa e medida na forma de calor, como consequência natural do metabolismo e para controle da temperatura corporal. Entende-se a TIC como sendo uma técnica fundamentada na detecção de registro das quantidades térmicas superficiais de objetos e sujeitos. Essa detecção ocorre por meio de um equipamento que captura a radiação infravermelha e a converte em imagem térmica, chamada de termograma, que mostra as variações de temperatura por meio de um espectro de cores, imperceptível a olho nu (FORCELINI; VARNIER; MERINO, 2018). Pode-se definir o exame por TIC como sendo um método diagnóstico por imagem, que por meio de um sensor ligado a um sistema computacional determina, sem contato físico, a radiação infravermelha emitida pela superfície cutânea com sensibilidade de 0,05° C (LUCAS; BRIOSCHI, 2016).

A temperatura detectada na pele está associada ao fluxo sanguíneo, controlado por anastomoses arteriovenosas, coordenado pelo sistema nervoso simpático e regulação hormonal em resposta a mudanças de temperatura externa, hipovolemia e excitação, influenciando ambos os hemisférios do corpo de modo uniforme e simultâneo, e proporcionando um padrão simétrico em condições de normalidade (CHRISTIANSEN; GEROW, 1990; KAWANO *et al.*, 1993; CANAVAN;

GRATT, 1995; HADDAD; BRIOSCHI; ARITA, 2012; LAHIRI *et al.*, 2012; LAW *et al.*, 2018).

Por meio desse exame é viável quantificar e monitorar o aspecto térmico das regiões de interesse de forma precisa (HADDAD *et al.*, 2014), a todo momento, considerando o padrão de confrontação de simetria de radiância térmica entre ambos os lados do corpo, esquerdo e direito. A imagem digital possui alta qualidade e sensibilidade, com uma escala de cores denominada de *rainbow*, por conter vermelho, laranja, amarelo, verde, azul celeste, azul royal e violeta, favorecendo a interpretação visual. Cada uma dessas cores simboliza uma faixa de temperatura específica, dependendo da imagem capturada. Os locais do corpo que estão mais frios e possuem menos vascularização, são representados por tons de azul e violeta, ao contrário de cores mais quentes, como branco, vermelho, laranja e amarelo, que representam regiões mais vascularizadas e quentes (BRIOSCHI, 2011).

### **5.3.2 Termografia Infravermelha Computadorizada na Estética**

Na dermatologia, a TIC é uma técnica de imagem promissora para o diagnóstico e monitoramento de doenças de pele. Lahiri e colaboradores, 2012, reuniram estudos clínicos da área para compor revisão sobre o tema. Os principais achados foram relacionados ao uso da TIC para o diagnóstico de hanseníase e câncer de pele, monitoramento de queimaduras e cicatrização de feridas, planejamento pré-operatório e monitoramento pós-operatório para reconstrução da mama.

Assim como no ramo da dermatologia, a TIC também apresenta vantagens para avaliação e monitoramento na área da estética, tanto em relação da composição corporal quanto na eficácia de tratamentos estéticos. A lipodistrofia ginoide (celulite) e a gordura localizada são as imperfeições estéticas menos toleradas dentro do padrão de beleza (PAOLILLO *et al.*, 2011; WILCZYŃSKI *et al.*, 2017).

A avaliação pela TIC tem apresentado crescimento crescente devido uma nova proposta para processamento das imagens, que permite identificar quantitativamente os parâmetros de interesse, diminuindo a subjetividade do avaliador (WILCZYŃSKI *et al.*, 2017).

A TIC permite relacionar o percentual de gordura corporal com a temperatura da pele em diferentes biótipos, etnias e gêneros. Esse conhecimento facilita a interpretação de imagens térmicas (NEVES *et al.*, 2017; SALAMUNES; STADNIK; NEVES *et al.*, 2015).

Neves e colaboradores (2017), em estudo que avaliou por meio da TIC o percentual de gordura corporal e a análise do perfil de temperatura, concluíram que mulheres apresentaram valores mais baixos de temperatura superficial, na parte do tronco e membros inferiores, comparados aos detectados em homens, o que foi relacionado ao maior percentual de gordura corporal naquele gênero.

Wilczyński e colaboradores (2017), desenvolveram um estudo para avaliação biométrica da celulite e a eficácia de um produto comercial para tratamento dessa alteração. Os autores demonstraram que a TIC permitiu especificar mudanças na temperatura da pele e distribuição de campos de temperatura superficial da pele no curso da celulite, além de ser uma importante ferramenta para estudo da segurança e eficácia dos tratamentos oferecidos no mercado.

Em trabalho realizado na Universidade Federal de São Carlos (SP, Brasil) com a participação de 20 mulheres, foram comparados os efeitos do exercício aeróbico em esteira (grupo controle) ao grupo treino aeróbico em esteira associado à radiação infravermelha originada por LEDs (grupo LED - 850 nm), para o tratamento do aspecto da celulite (PAOLILLO *et al.*, 2011). Por meio da avaliação pela TIC foi possível observar que no grupo LED o aumento da atividade metabólica foi mais evidente do que no grupo controle, sendo que o aumento na circulação sanguínea pode melhorar o suprimento de oxigênio e promover a regeneração do tecido, principalmente na pele.

Oliveira e colaboradores (2018), utilizaram a TIC como ferramenta para avaliar o comportamento da circulação local, na região do abdome de uma voluntária, após criolipólise. Neste estudo de caso foi observado que houve diminuição significativa da temperatura durante a fase de resfriamento, que foi restabelecida gradativamente ao final do tratamento e após 48 horas. Na fase de recuperação detectou-se aumento da temperatura local, indicativo de provável início do processo inflamatório.

A RF é uma técnica muito utilizada para o tratamento de flacidez e gordura localizada. Considerando essa teoria, um estudo realizado buscou avaliar o efeito da RF em dois diferentes locais do organismo de mulheres, abdome e antebraço, com a

aplicação de sete pulsos de potência (250 W a 1750 W, começando no pulso um e terminando no sétimo pulso, com incremento parciais de 250 W). A análise por TIC permitiu comprovar que locais com maior quantidade de tecido adiposo subcutâneo acumulado apresentaram maior elevação de temperatura após a RF. Esse resultado pode ser justificado pela resistência elétrica do tecido adiposo ser muito maior do que a detectada em outros tecidos, tornando-se um obstáculo e levando à geração de maior quantidade de calor, com o acúmulo de energia térmica no interior das células (WILCZYŃSKI *et al.*, 2018).

Outro trabalho envolvendo RF e TIC demonstrou a eficácia da RF monopolar associada a protocolo de energia de pressão direcionada para o tratamento de celulite. Após 3 meses de aplicação do protocolo, os termogramas demonstraram melhora na homogeneidade do perfil térmico (FRITZ; SALAVASTRU; GYUROVA, 2018).

## 6 MATERIAL E MÉTODOS

### 6.1 Desenho experimental

Essa pesquisa é caracterizada como sendo do tipo transversal, experimental, de cunho qualitativo e quantitativo.

### 6.2 Amostra

A amostra foi constituída por 17 corpos de prova, retirados da espécie *Sus scrofa domesticus* (popularmente denominados de panceta de porco) com peso variando entre 260 g a 646 g. Os corpos de prova foram alocados aleatoriamente em 2 grupos, para testar as diferentes potências do aparelho:

**Grupo 1:** foi aplicada RF com a potência de 60 W (N= 6);

**Grupo 2:** foi aplicada RF com a potência de 120 W (N= 11).

Para todos os grupos do estudo a radiofrequência apresentava caráter monopolar e frequência de 27,12 MHz.

### 6.3 Local de Estudo

Este estudo foi realizado no Laboratório de Biofotônica e Terapêutica Experimental, no Instituto de Pesquisa e Desenvolvimento (IP&D) da Universidade do Vale do Paraíba (UNIVAP) em São José dos Campos - SP.

### 6.4 Procedimentos Éticos do Estudo

O presente trabalho foi aprovado pela Comissão de Ética na Utilização de Animais (CEUA) sob o protocolo N° A11/CEUA2019 (ANEXO A). A pesquisa foi conduzida de acordo com a Resolução Normativa nº 12 de 30/09/2013 da Diretriz Brasileira para o Cuidado e a Utilização de Animais para Fins Científicos e Didáticos.

É importante ressaltar que a eutanásia dos animais não foi realizada no local da experimentação, visto que o objeto de estudo consistia de pedaços de pele de porco de origem comercial, adquiridos em estabelecimentos legalizados.

## 6.5 Protocolo experimental

### 6.5.1 Preparo das amostras

Os 17 corpos de prova foram acondicionados em um refrigerador a 7° C, até o momento da experimentação.

### 6.5.2 Seleção e aclimatização

Antes do início dos experimentos, os corpos de prova foram mantidos em temperatura ambiente por aproximadamente, uma hora. O processo de preparo foi realizado em sala com ambiente controlado (22° C) para evitar interferência da temperatura na manipulação dos corpos de prova.

### 6.5.3 Pesagem

Para caracterização dos corpos de prova foi realizada a pesagem de cada peça em balança digital para alimentos (precisão 1g-10000g, Dasshaus, Brasil), conforme ilustrado na figura 3.

Figura 3: Imagem representativa do procedimento realizado para aferição da massa dos corpos de prova



Legenda: Balança Digital para Alimentos.  
Fonte: Elaborado pelo autor (2020).

#### **6.5.4 Aferição da espessura dos corpos de prova**

Para caracterização dos corpos de prova foi realizada a aferição da espessura de cada peça com o auxílio de um paquímetro plástico (150 mm, Nove 54, China), conforme demonstrado na figura 4.

Figura 4: Imagem representativa do procedimento realizado para aferição da espessura dos corpos de prova com o auxílio do paquímetro plástico

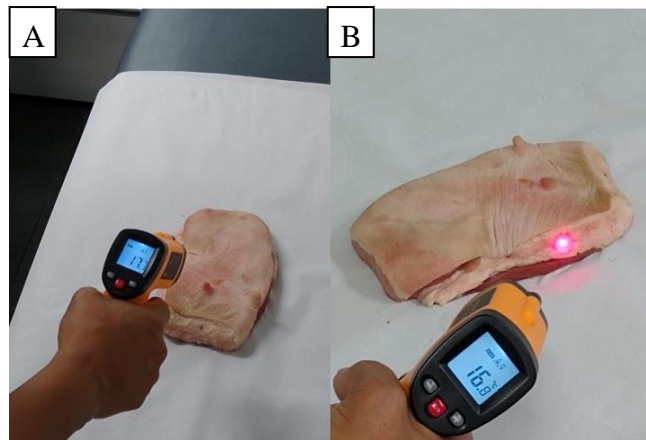


Legenda: Paquímetro Plástico.  
Fonte: Elaborado pelo autor (2020).

#### **6.5.5 Aferição da temperatura dos corpos de prova**

Para aferição das temperaturas superficial (TS) e temperaturas lateral (TL) dos corpos de prova, utilizou-se um termômetro infravermelho (-50° C a 450° C, Mira Laser, China). A Figura 5 apresenta a imagem representativa da aferição das temperaturas de um corpo de prova utilizando o termômetro infravermelho. A imagem “A” representa aferição da TS e “B” aferição da TL.

Figura 5: Imagem representativa do procedimento realizado para aferição das temperaturas superficial e lateral dos corpos de prova com o auxílio do termômetro infravermelho



Legenda: A= Temperatura Superficial (TS); B= Temperatura Lateral (TL)  
Fonte: Elaborado pelo autor (2020).

Os procedimentos acima citados foram realizados em dois momentos, antes e após a utilização da RF, com objetivo de analisar a perda de massa, redução da espessura e variação de temperatura nos corpos de prova.

### **6.5.2 Termografia Infravermelha Computadorizada**

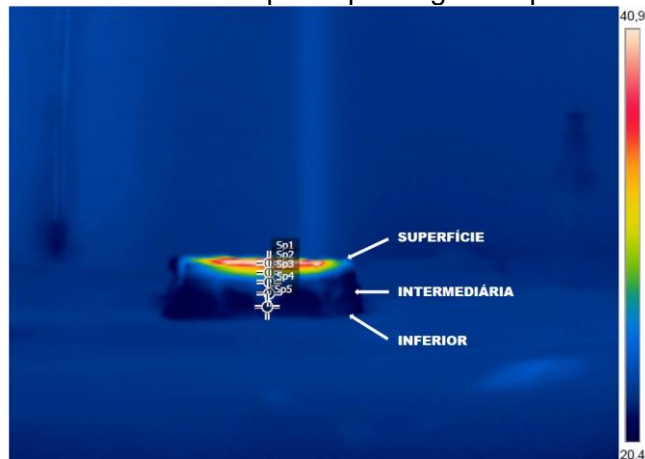
A TIC foi utilizada para aferir a temperatura dos corpos de prova antes e após o uso da RF e, o mais importante, monitorar a profundidade de aquecimento gerada pela RF nos corpos de prova.

A sala utilizada para realizar as avaliações pela TIC foi preparada seguindo o protocolo proposto por Al-Nakhli e colaboradores (2012), com o objetivo de padronizar o ambiente evitando possíveis vieses na aquisição das imagens. O ambiente teve temperatura controlada na faixa de  $22 \pm 2^\circ \text{C}$ .

Para a aquisição das imagens, os corpos de prova ficaram em repouso sobre um lençol de papel por 20 minutos para a climatização com a temperatura da sala.

Após a climatização, foi obtida uma imagem por meio da câmera termográfica (ThermaCam FLIR S65HS<sup>®</sup>) com o foco da câmera posicionado na região lateral dos corpos de prova, onde eram visíveis a superfície, parte intermediária e inferior conforme demonstrado na figura 6.

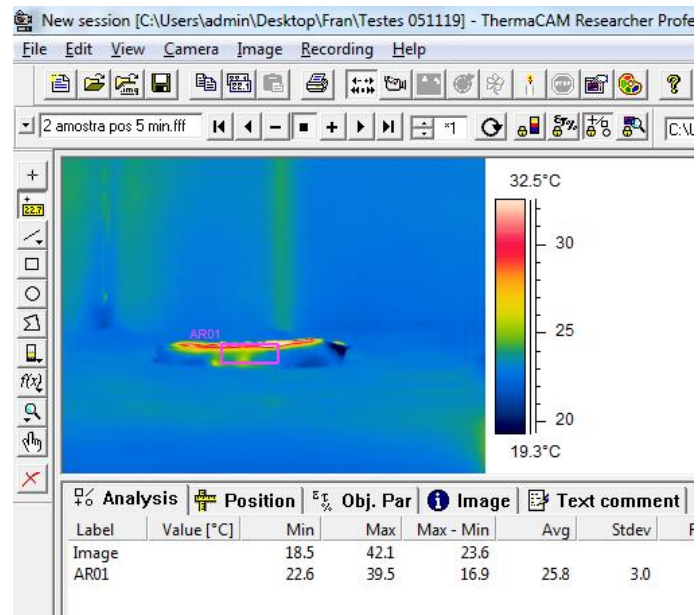
Figura 6: Imagem representativa de um corpo de prova gerada pela câmara termográfica



Fonte: Elaborado pelo autor (2020).

A lente de captação da câmera foi fixada a uma distância de 0,5 m da região a ser analisada, com ângulo de  $45^\circ$ , ficando perpendicular à área de análise. Foram obtidas imagens antes e após o uso da radiofrequência. As imagens captadas foram salvas no formato do próprio programa (.tiff) e analisadas pelo software (ThermaCAM Researcher Pro 2.8 SR-1- Figura 7), na paleta de cores *Rain900*, padronizando a escala de temperatura de 18 a  $40^\circ$  C.

Figura 7: Layout do software ThermaCam Researcher Pro 2.8 SR-1



Fonte: Elaborado pelo autor (2020).

Foram selecionados cinco pontos na direção da superfície para porção mais profunda dos corpos de prova para aferição da temperatura. Após a seleção dos

pontos, o software fornece as temperaturas mínima, média e a máxima para cada ponto (área) selecionado, permitindo comparar cada região com os outros corpos de prova, para posterior análise estatística.

### **6.5.3 Radiofrequência**

Na terapia por radiofrequência utilizou-se um aparelho da linha Hooke (IBRAMED, 2015), sendo testadas as potências de 60 W e 120 W. Os corpos de prova foram submetidos à radiofrequência monopolar com frequência de 27,12 MHz, com o objetivo de eliminar gordura.

Para permitir o deslizamento adequado do cabeçote da RF sobre a superfície dos corpos de prova, com movimentos deslizantes foi aplicado óleo vegetal (semente de uva - By Samya, Brasil), e o tempo total de aplicação da RF foi de 5 minutos.

Para se obter a quantidade de energia aplicada durante o processo descrito, basta multiplicar a potência do equipamento em watts (W) pelo tempo decorrido (em segundos). O resultado obtido fornece a saída da energia em Joules (J). No Sistema Internacional de Unidades (SI), todo trabalho ou energia são medidos em Joules, considerada como unidade tradicionalmente usada para medir energia mecânica (trabalho), sendo também utilizada para medir energia térmica (calor). Deste modo, tem-se que 60 W e 120 W equivalem, respectivamente, a 18000 J e 36000 J de energia total aplicada. Levando em consideração que a aplicação da radiofrequência atingiu uma área de 100 cm<sup>2</sup>, tem-se 180 J/cm<sup>2</sup> e 360 J/cm<sup>2</sup> respectivamente.

A figura 8 demonstra a realização da técnica de radiofrequência sobre um corpo de prova.

Figura 8: Imagem ilustrativa da aplicação da radiofrequência nos corpos de prova



Fonte: Elaborado pelo autor (2020).

A figura 9 representa um esquema da linha do tempo da metodologia referente ao protocolo experimental.

Figura 9: Linha do tempo do protocolo experimental



Fonte: Elaborado pelo autor (2020).

## 6.6 Análise dos dados

As análises estatísticas utilizaram o programa BioStat 5.3. Foi verificada a normalidade dos dados com o teste Shapiro-Wilk, para as amostras consideradas normais utilizou-se o teste t-student pareado e para as amostras não normais utilizou-se o teste de Wilcoxon. O nível de significância utilizado foi igual a 0,05.

## 7 RESULTADOS

A seguir, serão apresentados os resultados obtidos com a aplicação da RF nas potências de 60 W e 120 W, separados em antes e após a aplicação da técnica.

### 7.1 Radiofrequência - Potência de 60 W (Grupo 1)

Na tabela 2 são apresentados os dados referentes à caracterização dos corpos de prova utilizados quanto sua massa, espessura e temperaturas superficial e lateral, sendo esta última aferida com o auxílio do termômetro infravermelho, para o grupo submetido à RF na potência de 60 W (G1).

Tabela 2: Características das amostras antes e após a aplicação da radiofrequência com a potência de 60 W (G1)

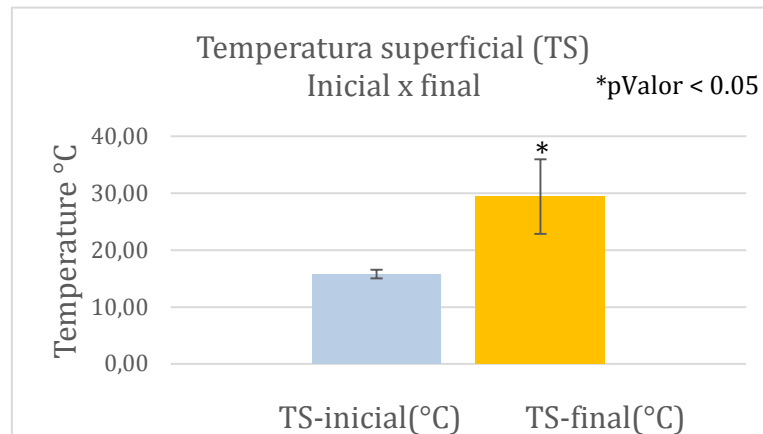
MÉDIA DE TODAS AS AMOSTRAS	Antes	Após	Varição
TS (°C)	15,8 ± 0,75	29,4 ± 6,56	13,6 ± 6,01*
TL (°C)	17,0 ± 0,88	18,83 ± 1,02	1,83 ± 0,84*
Espessura (cm)	3,48 ± 0,99	3,48 ± 0,99	0 ± 0
Massa (g)	392,5 ± 83,93	390,67 ± 83,70	1,83 ± 1,34*

n= 06 amostras. Valores expressos em média ± desvio padrão; g= grama; cm= centímetro; °C= graus Celsius; TS= Temperatura superficial; TL= Temperatura lateral; \* = Valores com diferença estatística ( $p < 0,05$ )

Em relação à espessura das amostras, não foi observada diferença entre os valores aferidos antes e após a aplicação da técnica por RF.

Na Figura 10 são apresentados os dados referentes aos valores das temperaturas aferidas pelo termômetro Infravermelho na superfície dos corpos de prova. Estes foram obtidos antes e após o emprego da RF na potência de 60 W. O valor médio do TS - inicial foi de  $15,80 \pm 0,83^{\circ}$  C e a média do TS - final foi de  $29,40 \pm 7,18^{\circ}$  C, apresentando diferença estatisticamente significativa ( $p < 0,05$ ).

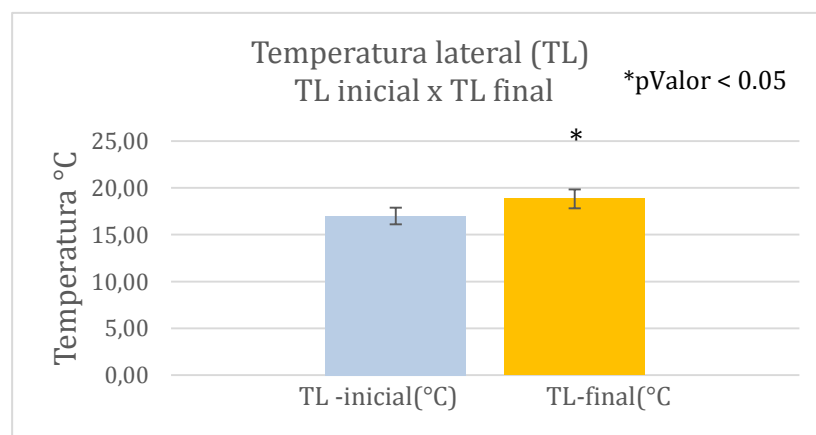
Figura 10: Temperatura Superficial obtida com o auxílio do termômetro infravermelho, antes e após a aplicação da RF com a potência de 60W.



Fonte: Elaborado pelo autor (2020).

Na Figura 11 são apresentados os dados referentes aos valores das temperaturas aferidas pelo termômetro infravermelho na região lateral dos corpos de prova, obtidos antes e após o emprego da RF na potência de 60 W. Observou-se que o valor médio da TL - inicial foi de  $17,00 \pm 0,96^\circ \text{C}$ , e a média da TL- final foi de  $18,83 \pm 1,11^\circ \text{C}$ , apresentando diferença estatisticamente significativa ( $p < 0,05$ ).

Figura 11: Temperatura Lateral obtida com o auxílio do termômetro infravermelho, antes e após a aplicação da RF com a potência de 60 W.

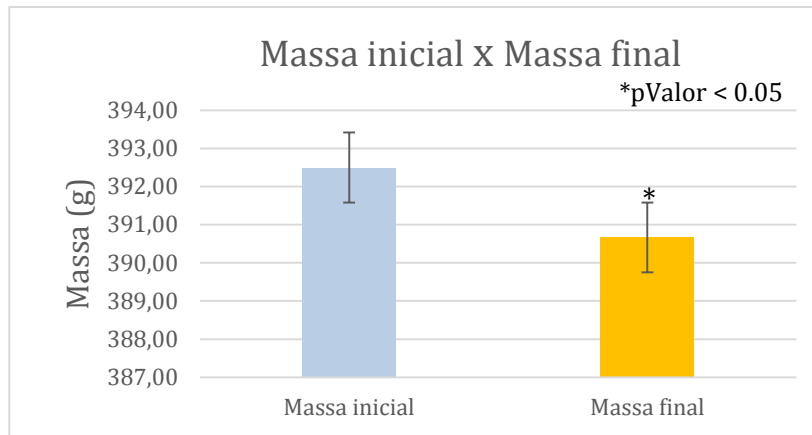


Fonte: Elaborado pelo autor (2020).

Na figura 12 são apresentados os dados referentes as médias da massa dos corpos de prova antes e após o emprego da RF na potência de 60 W. A redução da

massa após RF foi de 1,83g, o que apresentou diminuição estatisticamente significativa ( $p < 0,05$ ) em relação à média da massa inicial e final.

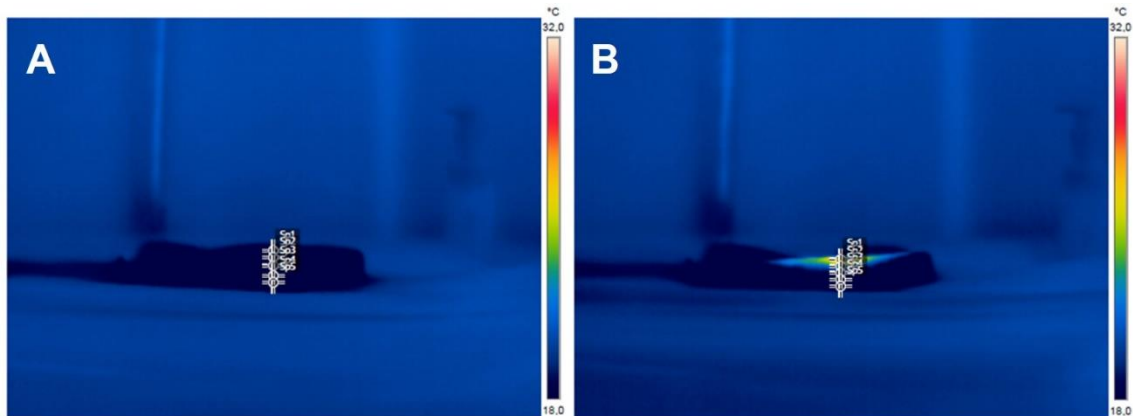
Figura 12: Massa antes e após aplicação da RF com potência de 60 W



Fonte: Elaborado pelo autor (2020).

A seguir são apresentados os resultados referentes aos dados mensurados por meio da TIC. As análises termográficas foram realizadas em 5 pontos selecionados na imagem. As regiões dos corpos de prova desde a superfície até a porção mais profunda foram definidas como ponto 1 (P1) correspondendo ao ponto mais superficial e o ponto 5 (P5) o ponto mais profundo nos corpos de prova, conforme apresentado na figura 13.

Figura 13: Termograma da seleção dos pontos no corpo de prova antes e após a RF com potência de 60 W.



Legenda: Seleção dos cinco pontos para análise da vista lateral do corpo de prova (P1-P5). A = Antes da RF; B = Após à RF.

Fonte: Elaborado pelo autor (2020).

Na tabela 2 são apresentadas as médias referentes aos cinco pontos de cada corpo de prova (n=6) e a diferença de temperatura antes e após a aplicação da RF.

Tabela 3: Temperatura antes e após a RF mensurada pela termografia infravermelha computadorizada.

	P1	P2	P3	P4	P5
<b>Temperatura antes da RF (° C)</b>	14,97	14,81	14,70	14,70	14,82
<b>Temperatura após a RF (° C)</b>	27,12	23,74	20,99	18,27	17,71
<b>Diferença (° C)</b>	12,15*	8,94*	6,29*	3,57*	2,89*

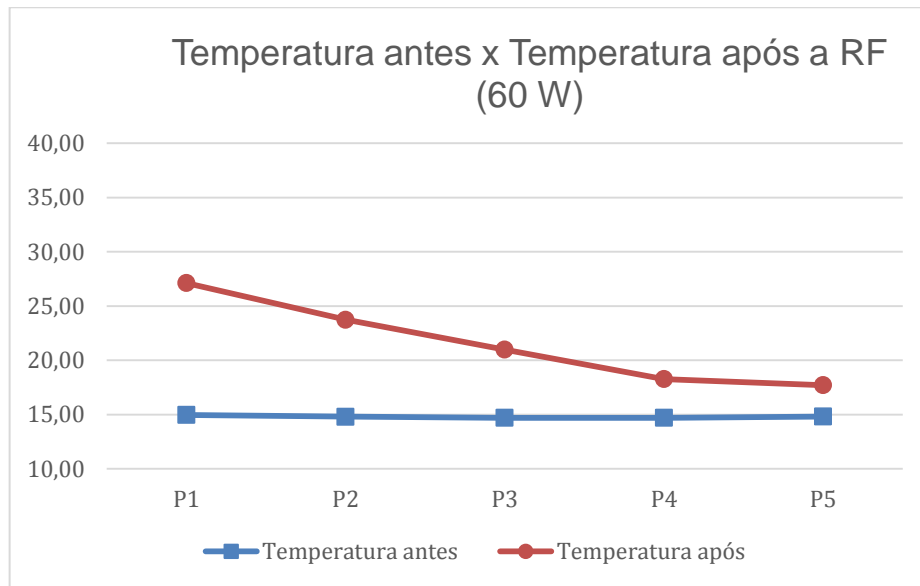
n = 6 amostras. Valores expressos em média; ° C = Graus Celsius; \* = Valores com diferença estatística (p <0.05).

Em relação à espessura das amostras, não foi observada diferença entre os valores aferidos antes e após a aplicação da técnica por RF.

Os resultados mostraram uma mudança estatisticamente significativa na temperatura em todos os pontos analisados antes e depois da RF. A maior variação de temperatura medida pelo TIC foi detectada no ponto P1, na região da superfície dos corpos de prova. Em pontos localizados na profundidade do tecido, os valores medidos foram maiores do que antes da RF, mas menores do que os medidos em P1.

A figura 14 apresenta o gráfico das temperaturas antes e após aplicação da RF, mensuradas por meio da TIC.

Figura 14: Profundidade de aquecimento da RF analisada pela termografia infravermelha computadorizada.



Fonte: Elaborado pelo autor (2020).

## 7.2 Radiofrequência- Potência de 120 W (Grupo 2)

Na tabela 3 são apresentados os dados referentes à caracterização dos corpos de prova utilizados quanto à massa, espessura e temperaturas superficial e lateral, sendo esta última aferida com o auxílio do termômetro infravermelho, para o grupo submetido à RF na potência de 120 W (G2).

Tabela 4: Características das amostras antes e após a aplicação da radiofrequência com a potência de 120 W (G2).

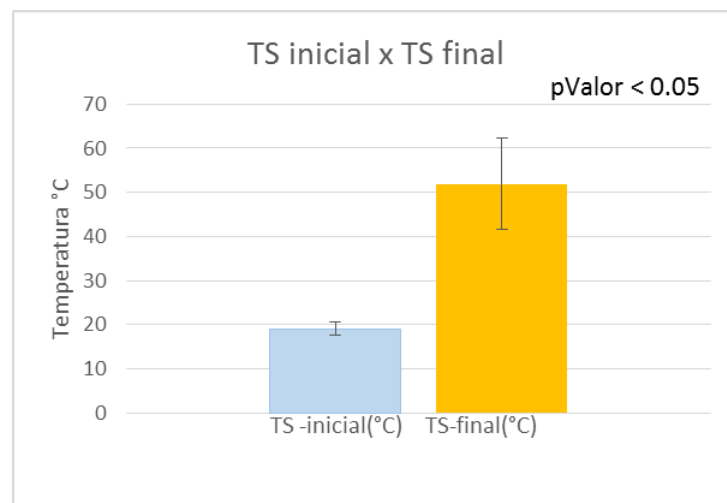
MÉDIA DE TODAS AS AMOSTRAS	Antes	Após	Diferença
TS (°C)	19,10±2,15	51,92±15,42	32,82±15,77*
TL (°C)	19,65±1,71	22,84±3,18	3,19±2,15*
Espessura (cm)	3,78±1,42	3,78±1,42	0,00±0,00
Massa (g)	406,73±125,96	404,36±125,61	2,36±1,29*

n= 11 amostras. Valores expressos em média ± desvio padrão; g= grama; cm= centímetro; °C= graus Celsius; TS= Temperatura superficial; TL= Temperatura lateral; \* = Valores com diferença estatística ( $p < 0,05$ )

Em relação à espessura das amostras, não foi observada diferença entre os valores aferidos antes e após a aplicação da técnica por RF.

Na Figura 15 são apresentados os dados referentes aos valores das temperaturas aferidas pelo termômetro infravermelho na superfície dos corpos de prova. Estes foram obtidos antes e após o emprego da RF na potência de 120 W. O valor médio da TS - inicial foi de  $19,10 \pm 2,15$  ° C e a média do TS - final foi de  $51,92 \pm 15,42$  ° C, apresentando diferença estatisticamente significativa ( $p < 0,05$ ).

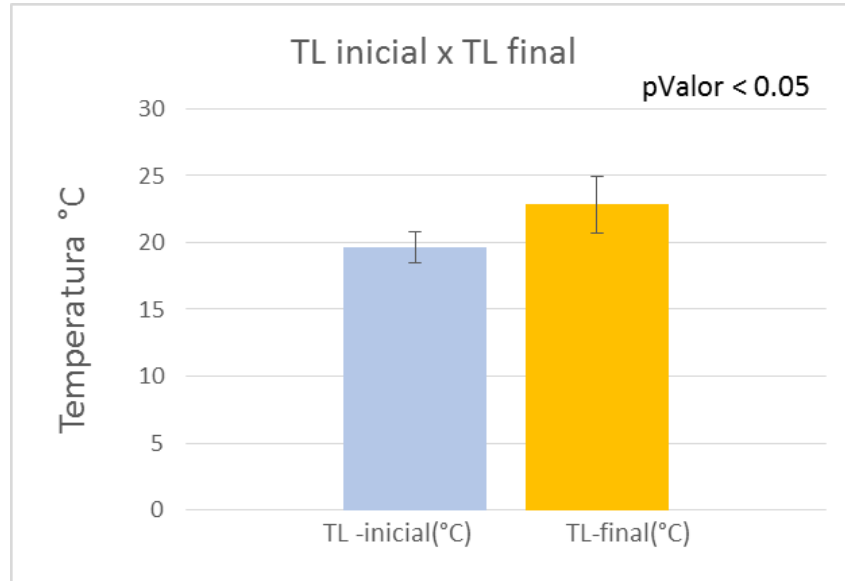
Figura 15: Temperatura Superficial obtida com o auxílio do termômetro infravermelho, antes e após a aplicação da RF com a potência de 120 W.



Fonte: Elaborado pelo autor (2020).

Na Figura 16 são apresentados os dados referentes aos valores das temperaturas aferidas pelo termômetro infravermelho na região lateral dos corpos de prova, obtidos antes e após o emprego da RF na potência de 120 W. Observou-se que o valor médio da TL - inicial foi de  $19,65 \pm 1,71$  ° C, e a média da TL - final foi de  $22,84 \pm 3,18$  ° C, apresentando diferença estatisticamente significativa ( $p < 0,05$ ).

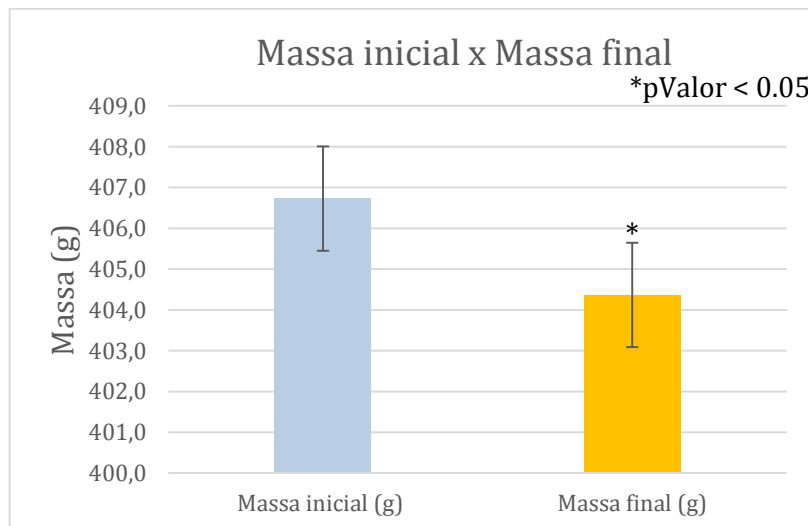
Figura 16: Temperatura Lateral obtida com o auxílio do termômetro infravermelho, antes e após a aplicação da RF com a potência de 120 W.



Fonte: Elaborado pelo autor (2020).

Na figura 17 são apresentados os dados referentes às médias da massa dos corpos de prova antes e após o emprego da RF na potência de 120 W. A redução da massa após RF foi de 2,36g, o que apresentou diminuição estatisticamente significativa ( $p < 0,05$ ) em relação à média da massa inicial e final.

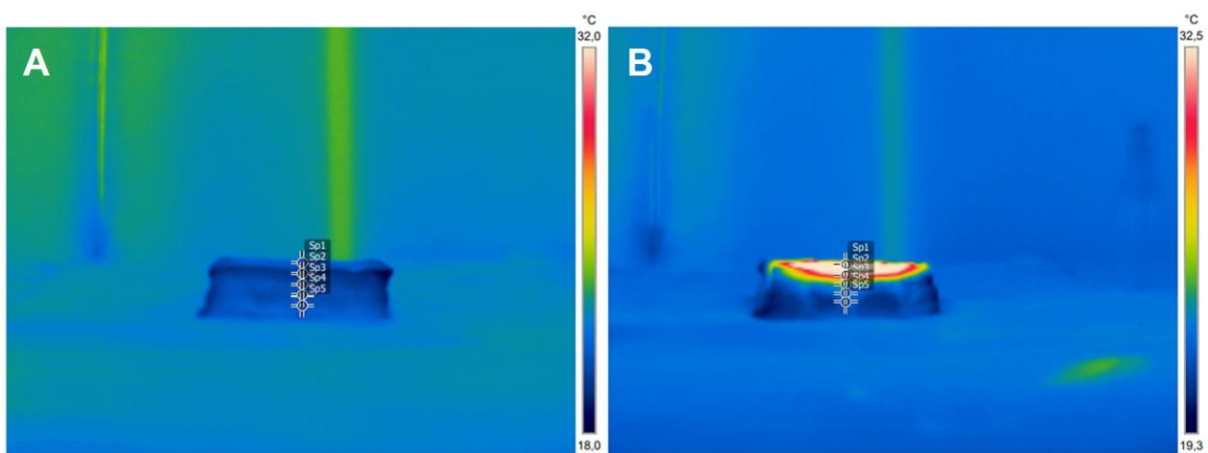
Figura 17: Massa antes e após aplicação da RF com potência de 120 W.



Fonte: Elaborado pelo autor (2020).

A seguir são apresentados os resultados referentes aos dados mensurados por meio da TIC. As análises termográficas foram realizadas em 5 pontos selecionados na imagem. As regiões dos corpos de prova desde a superfície até a porção mais profunda foram definidas como ponto 1 (P1) correspondendo ao ponto mais superficial e o ponto 5 (P5) o ponto mais profundo nos corpos de prova, conforme apresentado na figura 18.

Figura 18: Termograma da seleção dos pontos no corpo de prova antes e após a RF com potência de 120 W.



Legenda: Seleção dos cinco pontos para análise da vista lateral do corpo de prova (P1-P5). A = Antes da RF; B = Após à RF.

Fonte: Elaborado pelo autor (2020).

Na tabela 4 são apresentados as médias referentes aos cinco pontos de cada amostra (n=11) e a diferença de temperatura antes e depois da aplicação da RF.

Tabela 5: Temperatura antes e após a RF mensurada pela termografia infravermelha computadorizada.

	P1	P2	P3	P4	P5
<b>Temperatura antes da RF (° C)</b>	18,02	18,01	18,27	18,63	18,83
<b>Temperatura após a RF (° C)</b>	40,93	34,72	25,84	22,19	20,60
<b>Diferença</b>	22,91*	16,71*	7,56*	3,56*	1,77*

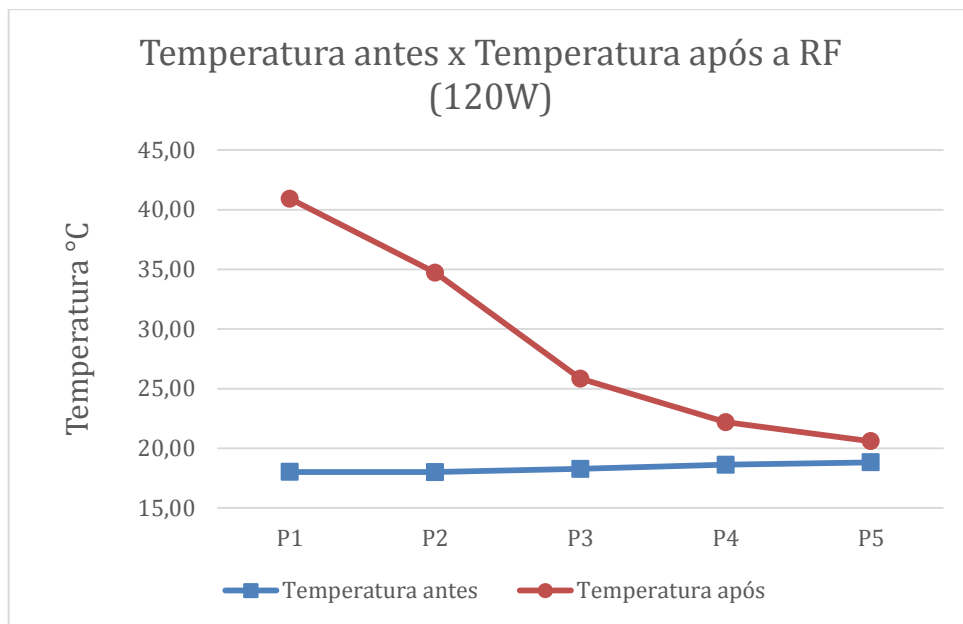
n = 11 amostras. Valores expressos em média; ° C = Graus Celsius; \* = Valores com diferença estatística (p <0.05).

Observa-se que assim como na potência de 60 W, houve diferença significativa da temperatura em todos os pontos, comparado os valores de antes e após a aplicação da radiofrequência. O maior aumento de temperatura foi ocorreu

em P1, na região da superfície dos corpos de prova, e observa-se tendência de queda da temperatura nos demais pontos, correspondentes às camadas mais profundas dos corpos de prova.

A figura 19 apresenta o gráfico das temperaturas antes e após aplicação da RF, mensuradas por meio da TIC.

Figura 19: Profundidade de aquecimento da RF analisada pela termografia infravermelha computadorizada.



Fonte: Elaborado pelo autor (2020).

## 8. DISCUSSÃO

Este trabalho é um estudo pioneiro em utilizar a TIC como instrumento de avaliação da profundidade de aquecimento em tecidos biológicos induzido por radiofrequência. Seus resultados poderão orientar pesquisas que avaliem, de forma não invasiva, alterações de temperatura induzidas pela RF nas distintas camadas de tecidos biológicos *in vivo*.

A análise dos dados relacionados à massa comprovou que houve diferença estatisticamente significativa nas duas potências utilizadas. Na potência de 120 W a redução foi em média de 2,36 g, alteração que pode ser correlacionada ao calor gerado pela RF sobre o tecido biológico. É necessário ressaltar que, para obter essa redução na massa, a temperatura superficial atingiu valores próximos a  $\pm 50^{\circ}$  C. Segundo Borges, 2010, a temperatura tolerável quando se utiliza a técnica de RF deve ser no máximo de  $40^{\circ}$  C, e acima desse valor as temperaturas podem ser desconfortáveis ao ser humano. Já na potência de 60 W a diferença da massa foi em média 1,83g, essa alteração também pode ser correlacionada ao calor gerado pela RF no tecido biológico. Suh et al., 2016, verificaram por meio da TIC que houve redução de 10% no volume da gordura abdominal após a aplicação da RF.

Em nosso estudo, não foi detectada variação na espessura dos corpos de prova em nenhuma das potências utilizada, resultado que discorda com o estudo de Kennedy *et al.* (2015), no qual foi demonstrado pequenas diferenças entre os valores aferidos antes e após a aplicação de técnicas em estética não invasiva, como laserterapia de baixa intensidade, criolipólise, radiofrequência e ultrassom de alta intensidade, na região do abdômen, quadris e coxas. Os autores sugerem que várias sessões são necessárias para atingir o efeito esperado.

Comprovou-se neste estudo que a TIC apresentou valores semelhantes aos medidos pelo termômetro infravermelho nas diferentes camadas do tecido *ex vivo* após a aplicação da radiofrequência.

Foi observado que tanto a temperatura aferida pelo termômetro digital infravermelho quanto a analisada pela TIC eram diretamente proporcionais a potência utilizada da RF, ou seja, quando maior a potência, maior foi a elevação de temperatura nos tecidos biológicos *ex vivo*.

Os resultados obtidos neste estudo relacionados com a potência de 60 W demonstraram que as temperaturas monitoradas pelo termômetro infravermelho nas

regiões superficial e lateral das amostras não atingiram 30° C. A medição das temperaturas superficiais das amostras após a aplicação de RF apresentou elevação média de 13° C. Já a temperatura lateral nas amostras avaliadas aumentou em média 1,8° C. Nota-se que a elevação da temperatura foi maior na potência de 120 W, sendo a temperatura superficial inicial de 19,10° C e lateral inicial 19,65° C, e após a aplicação da RF nos corpos de prova, essas atingiram a média de 51,92° C e 22,84° C, respectivamente. Ressalta-se que as comparações antes e após aplicação da RF das duas potências foram estatisticamente significantes ( $p < 0,05$ ).

A aplicação da RF em tratamentos estéticos é extremamente diversa, apresentando inúmeros protocolos de tratamento, embora possam ser observados alguns padrões. No estudo desenvolvido por Carruthers, Fabi e Weiss (2014), foi utilizado protocolo de tratamento com aplicação da RF por 10 minutos em uma área de 20 a 25 cm<sup>2</sup>, mantendo a temperatura da superfície entre 40° C a 43° C, com 4 repetições, em intervalos semanais, obtendo resultados satisfatórios.

Outro trabalho demonstrou que a utilização da RF, visando redução da adiposidade abdominal, com o protocolo de aplicação por 3 minutos, 12 sessões, na potência de 100 W, três vezes por semana, atingiu a temperatura superficial média final de 40,5° C, e se apresentou o protocolo eficiente (COSTA *et al.*, 2009).

Segundo Santos e colaboradores (2017), os protocolos com baixas doses de energia não se mostraram eficientes para o tratamento estético de RF. Estudos que avaliaram a temperatura ideal para obter eficácia nos procedimentos com aplicação de RF, utilizando termômetro infravermelho, relataram que a epiderme deve atingir temperaturas entre 42° C e 44° C para se obter os efeitos desejados da técnica (VAN DER LUGT *et al.*, 2009; VALE *et al.*, 2018).

Diante de nossos resultados, observa-se que a potência de 120 W parece ser o parâmetro mais indicado para alcançar a temperatura ideal para atingir os benefícios da RF. No entanto, deve-se levar em consideração a tolerância térmica do paciente quanto a elevação de temperatura. Sadick e Rothaus (2016), enfatizaram que a temperatura na epiderme não deve exceder 45° C, pois acima desta temperatura pode causar desconforto ao paciente, além de prejudicar a integridade da pele e causar queimaduras.

A análise termográfica dos corpos de prova nas duas potências utilizadas mostrou aumento de temperatura em todos os cinco pontos selecionados. Na potência de 60 W, a maior variação de temperatura foi observada no ponto 1, com

elevação média da temperatura de 12,15° C, após a utilização da RF. Essa região com maior elevação da temperatura epidérmica apresentou temperatura média inicial de 14,97° C e temperatura média final de 27,12° C, após a aplicação da RF. Já na potência de 120 W o ponto 1 apresentou temperatura inicial de 18,2° C e final de 40,93° C, com variação de 22,91° C em comparação ao antes e após a RF.

Foi observada também pelo monitoramento da TIC, uma tendência decrescente da curva de temperatura, demonstrando que a RF, tanto na potência de 60 W quanto na de 120 W não possui profundidade de aquecimento quando aplicada em tecidos *ex vivo*, uma vez que o aumento de temperatura se concentrou na superfície com declínio gradual nos pontos mais profundos dos corpos de prova.

Em relação ao percentual de queda de temperatura do ponto 1 (ponto mais superficial) ao ponto 5 (ponto mais profundo) na potência de 60 W foi de 34,7%, enquanto na potência de 120 W essa queda foi de 49,67%. Isso demonstra que apesar da potência de 120 W ter gerado maior calor sobre os corpos de prova, o valor de declínio de temperatura foi maior, comparado a 60 W.

Primeiramente, ao analisar o perfil térmico dos corpos de prova, a baixa variação de temperatura está de acordo com estudo de Salamunes, Stadnik e Neves (2017), que analisaram o perfil térmico corpóreo de mulheres com peso normal ou sobrepeso. Os autores verificaram que o aumento da porcentagem de gordura reduziu a temperatura média, tanto nos membros superiores, quanto nos inferiores. Deste modo, segundo Neves *et al.*, 2015c, parece ser necessário considerar a ação da massa gorda, ao estudar padrões térmicos em humanos. Bandeira *et al.* (2012), destacaram que várias disfunções e doenças que foram analisadas com auxílio de imagens térmicas, apresentaram resultados limitados, visto que poucos estudos levaram em consideração o impacto do tecido adiposo. Ressaltaram que além dos indivíduos com mais gordura subcutânea apresentarem a temperatura da pele reduzida, observaram nessa população menor variação de temperatura da pele, quando esses foram expostos a situações que tendem a desencadear aumento na temperatura corporal.

Dessa forma, o destaque dado às características corpóreas está em concordância com os resultados do estudo de Ortiz-Tudela e colaboradores (2010). Esses autores desenvolveram estudo com ciclistas, relatando em seus resultados que o percentual de gordura da população avaliada influencia diretamente na temperatura corporal após atividade física. Foi possível identificar que quanto maior

o percentual de gordura do sujeito, maior é a redução da temperatura corporal. Resultados semelhantes foram observados neste estudo, pois ao analisarmos a temperatura lateral após a aplicação da RF observou-se que, quanto maior era a massa dos corpos de prova, menor foi a temperatura aferida.

Chudecka e Lubkowska (2016), indicaram em seu estudo que o alto percentual de gordura corporal parece estar associado à baixa capacidade de internalização do calor, resultado semelhante ao do presente estudo. De acordo com Chudecka, Lubkowska e Kempinska-Podhorodecka (2014), esse resultado está associado às características do tecido adiposo, que atua como uma barreira isolante, interferindo na transferência de calor através da pele e também na resposta do corpo às mudanças na temperatura ambiente.

Os mecanismos de resposta após o tratamento com RF, de acordo com Borges (2010), estão ancorados na tese de que a vasodilatação e a hiperemia surgem como consequência do efeito térmico, permitindo com que a vasodilatação promova aumento na circulação periférica local, com consequente hiperemia na pele. A oxigenação celular está ligada à vasodilatação e consequente aumento do fluxo sanguíneo, aumentando desta forma, o aporte de oxigênio por intermédio da corrente sanguínea. Este fato pode ser um importante limitante em nosso estudo, visto que no modelo experimental utilizado, *ex vivo*, a influência da circulação sanguínea e das trocas metabólicas não pode ser aferida.

Deste modo, nosso estudo estabelece que uso da RF em tratamentos estéticos apresenta resultados promissores na sua grande maioria. Porém, o presente estudo reforça que o uso da potência, se calculada de maneira errônea, pode ocasionar lesões na pele conforme observado na literatura ou até mesmo produzir nenhum resultado. São poucos os estudos que mostram claramente os efeitos da RF, sendo necessários estudos que estabeleçam os parâmetros adequados, principalmente no que diz respeito à potência adequada para diferentes procedimentos e ao tempo de exposição necessário. A termografia mostrou-se uma excelente ferramenta não invasiva para avaliar a temperatura em diferentes profundidades nos tecidos. Qualidade esta que indica sua aplicabilidade para acompanhar a aplicação da RF em procedimentos clínicos. Este é um estudo preliminar, que servirá de base para novos trabalhos. Desta maneira, novos estudos fazem-se necessários, com utilização de um maior número de amostras, para confirmar se a aplicação da RF é capaz de reduzir o tecido adiposo.

Novas pesquisas devem buscar estabelecer protocolos de tratamento para aplicação da RF na área da estética considerando a potência adequada, tempo necessário para cada sessão, dimensão do local de aplicação e número de sessões necessárias para que se obtenham os resultados esperados. Além disso, estudos experimentais com modelos *in vivo* poderão auxiliar a esclarecer os mecanismos de atuação da RF seja pela agitação das biomoléculas de água e/ou interação da circulação no tecido e validar sua aplicação em procedimentos clínicos, com maior segurança para o profissional e pacientes, em concordância com os fenótipos tratados. Assim, novas pesquisas são necessárias visando avaliar a aplicação da RF na redução de tecido adiposo em pessoas idosas, comparando-as aos jovens, e se é possível a utilização dessa ferramenta em pacientes portadores de doença cardiovascular.

## 9 CONCLUSÃO

A presente pesquisa detectou, de maneira padronizada, que tanto a Termografia Infravermelha Computadorizada quanto o termômetro infravermelho detectaram alterações equivalentes na temperatura em tecidos biológicos *ex vivo* induzidas pela aplicação da Radiofrequência nas potências de 60 W e 120 W. Também foi detectada redução no parâmetro da massa em todas amostras, sem alteração na sua espessura. No entanto, alerta-se que houve elevação drástica na temperatura da epiderme com a RF na potência de 120 W, que pode causar desconforto ou até mesmo queimadura no paciente. Os resultados demonstraram que a Termografia Infravermelha Computadorizada se apresenta como ferramenta adequada para avaliar alterações na temperatura induzidas pela RF em tecidos biológicos *ex vivo*, indicando sua aplicabilidade no monitoramento não invasivo de procedimentos clínicos na área de estética.

## REFERÊNCIAS

- ALIZADEH, Z. *et al.* Review of the Mechanisms and Effects of Noninvasive Body Contouring Devices on Cellulite and Subcutaneous Fat. **Int. J. Endocrinol. Metab.**, v. 14, n. 4, p. e36727, 2016.
- AL-NAKHLI, H. H. *et al.* The use of thermal infra-red imaging to detect delayed onset muscle soreness. **Journal of Visualized Experiments**, v. 59, p. 3551, 2012.
- ANOLIK, R. *et al.* Radiofrequency Devices for Body Shaping: A Review and Study of 12 Patients. **Seminars in Cutaneous Medicine and Surgery**. v. 28, p. 236-43, 2009.
- ARAÚJO, A. R. *et al.* Radiofrequency for the treatment of skin laxity: mith or truth. **Anais brasileiros de dermatologia**, v. 90, n. 5, p. 707-721, 2015.
- BACELAR, V. C. F. Importância da vacuoterapia no fibro edema gelóide. **Fisioterapia Brasil**, v. 7, n. 6, p. 440-443, 2018.
- BANDEIRA, F. *et al.* Pode a termografia auxiliar no diagnóstico de lesões musculares em atletas de futebol. **Revista Brasileira de Medicina do Esporte**, v. 18, n. 4, p. 246-251, 2012.
- BEASLEY, K. L.; WEISS, R. A. Radiofrequency in cosmetic dermatology. **Dermatologic clinics**, v. 32, n. 1, p. 79-90, 2014.
- BORGES, F. S. **Modalidades terapêuticas nas disfunções estéticas**. 2. ed. São Paulo: Phorte, 2010.
- BORGES, F. S; SCORZA, F. A. **Terapêutica em estética: conceitos e técnicas**. 1. ed. São Paulo: Phorte, 2016.
- BRIOSCHI, M. L. **Metodologia de normalização de análise do campo de temperaturas em imagem infravermelha humana**. 2011. 115f. Tese (Doutorado em Engenharia Mecânica) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2011.
- CANAVAN, D.; GRATT, B. M. Electronic thermography for the assessment of mild and moderate temporomandibular joint dysfunction. **Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology and Oral Radiology**, v. 79, n. 6, p. 778–86, 1995.
- CARRUTHERS, J.; FABI, S.; WEISS, R. Monopolar radiofrequency for skin tightening: our experience and a review of the literature. **Dermatologic Surgery**, v. 40, p. S168-S173, 2014.

CARVALHO, G. F. *et al.* Avaliação dos efeitos da radiofrequência no tecido conjuntivo. **Revista brasileira de medicina**, v. 68, p. 10-25, 2011.

CHRISTIANSEN, J.; GEROW, G. **Thermography**: Seminars in chiropractic. Baltimore: Williams & Wilkins, 1990.

CHUDECKA, M.; LUBKOWSKA, A. Thermal imaging of body surface temperature distribution in women with anorexia nervosa. **European Eating Disorders Review**, v. 24, n. 1, p. 57-61, 2016.

CHUDECKA, M.; LUBKOWSKA, A.; KEMPIŃSKA-PODHORODECKA, A. Body surface temperature distribution in relation to body composition in obese women. **Journal of Thermal Biology**, v. 43, p. 1-6, 2014.

CÔRTE, A. C. R.; HERNANDEZ, A. J. Termografia médica infravermelha aplicada à medicina do esporte. **Revista brasileira de medicina do esporte**, v. 22, n. 4, p. 315-319, 2016.

COSTA, E. M. *et al.* Avaliação dos efeitos do uso da tecaterapia na adiposidade abdominal. **Kinesia**, v. 1, n. 1, 2009.

CUNHA, M. G. *et al.* Anatomical, Histological And Metabolic Differences Between Hypodermis And Subcutaneous Adipose Tissue. **International Archives of Medicine**, v. 10, 2017.

CUNHA, M. G.; CUNHA, A. L. G.; MACHADO, C. A. Hipoderme e tecido adiposo subcutâneo: duas estruturas diferentes. **Surgical & cosmetic dermatology**, v. 6, n. 4, p. 355-359, 2014.

DAVIS, D. S.; BOEN, M.; FABI, S. G. Cellulite: Patient Selection and Combination Treatments for Optimal Results - A Review and Our Experience. **Dermatologic Surgery**, v. 45, n. 9, p. 1171-1184, 2019.

FERNANDES, A. A. *et al.* Measuring skin temperature before, during and after exercise: a comparison of thermocouples and infrared thermography. **Physiological measurement**, v. 35, n. 2, p. 189, 2014.

FORCELINI, F.; VARNIER, T.; MERINO, E. A. D. Termografia Infravermelha e Captura de Movimentos: vantagens e desvantagens no desenvolvimento de projetos. *In*: CONGRESSO PESQUISA E DESENVOLVIMENTO EM DESIGN, 13., 2018, Joinville. **Anais...**, Joinville, 2018.

FREEPIK. **Adipose Tissue Vectors, Photos & PSD**. Disponível em: <https://www.freepik.com/free-photos-vectors/adipose-tissue>. Acesso em: 02 jan. 2020.

FRITZ, K.; SALAVASTRU, C.; GYUROVA, M. Clinical evaluation of simultaneously applied monopolar radiofrequency and targeted pressure energy as a new method for noninvasive treatment of cellulite in postpubertal women. **Journal of Cosmetic Dermatology**, v. 18, n. 1, p. 136-141, 2018.

GILABERTE, Y. *et al.* Anatomy and Function of the Skin. In: HAMBLIN, M. R.; AVCI, P.; PROW. T. **Nanoscience in Dermatology**. [s.l]: Academic Press, 2016. p. 1-14.

GOLDBERG, D. J.; FAZELI, A.; BERLIN, A. L. Clinical, Laboratory, and MRI Analysis of Cellulite Treatment with a Unipolar Radiofrequency Device. **Dermatol. Surg.**, v. 34, n. 2, p. 204-9, 2008.

HADDAD, D. S. *et al.* Thermographic characterization of masticatory muscle regions in volunteers with and without myogenous temporomandibular disorder: preliminary results. **Dentomaxillofacial Radiology**, v. 43, n. 8, 2014.

HADDAD, D. S.; BRIOSCHI, M. L.; ARITA, E S. Thermographic and clinical correlation of myofascial trigger points in the masticatory muscles. **Dentomaxillofacial Radiology**, v. 41, n. 8, p. 621-629, 2012.

HALL, J. E.; GUYTON, A. C. **Tratado de Fisiología Médica**. 12. ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2011.

HARRIS, M. I. N.C. **Pele**: do nascimento à maturidade. São Paulo: Editora SENAC, 2016.

IBRAMED. **Manual do aparelho de Radiofrequência**. 4. ed. 2015. Disponível em: [www.ibramed.com.br/wpcontent/files\\_mf/1363703256Hooke.pdf](http://www.ibramed.com.br/wpcontent/files_mf/1363703256Hooke.pdf). Acesso em: 4 jul. 2020.

KAWANO, W. *et al.* Deep thermometry of temporomandibular joint and masticatory muscle regions. *The Journal of prosthetic dentistry*, v. 69, n. 2, p. 216-221, 1993.

KENNEDY, J. *et al.* Non-invasive subcutaneous fat reduction: a review. **Journal of the European Academy of Dermatology and Venereology**, v. 29, n. 9, p. 1679-1688, 2015.

LAHIRI, B. B. *et al.* Medical applications of infrared thermography: A review. **Infrared Physics & Technology**, v. 55, n. 4, p. 221-235, 2012.

LANCEROTTO, L. *et al.* Layers of the abdominal wall: anatomical investigation of subcutaneous tissue and superficial fascia. **Surgical and radiologic anatomy**, v. 33, n. 10, p. 835-842, 2011.

LAW, J. *et al.* Infrared Thermography. In: PFEIFER, A.; KLINGENSPOR, M.; HERZIG, S. **Brown Adipose Tissue**. Handbook of Experimental Pharmacology, Springer, 2018.

LEVENBERG, A. Clinical experience with a TriPollar radiofrequency system for facial and body aesthetic treatments. **Eur. J. Dermatol.**, v. 20, n. 5, p. 615-9, 2010.

LOFEU, G. M.; BRITO, L. R. A.; BARTOLOMEI, K. Atuação da radiofrequência na gordura localizada no abdômen: revisão de literatura. **Revista da Universidade Vale do Rio Verde**, v. 13, n. 1, p. 571-588, 2015.

LUCAS, R. W C; BRIOSCHI, M. L. **Termografia aplicada à fisioterapia**. 1 ed. Florianópolis: Sistema Consultoria Ltda. SC 2016.

MALERICH, S. A. *et al.* Radiofrequency: an update on latest innovations. **Journal of Drugs in Dermatology**, v. 13, n. 11, p. 1331-1335, 2014.

MANUSKIATTI, W. *et al.* Circumference reduction and cellulite treatment with a TriPollar radiofrequency device: a pilot study. **J. Eur. Acad. Dermatol. Venereol.**, v. 23, n. 7, p. 820-7, 2009.

MENDONÇA, R. S. C.; RODRIGUES, G. B. O. As principais alterações dermatológicas em pacientes obesos. **ABCD. Arquivos Brasileiros de Cirurgia Digestiva (São Paulo)**, v. 24, n. 1, p. 68-73, 2011.

MERLA, A. *et al.* Thermal imaging of cutaneous temperature modifications in runners during graded exercise. **Annals of biomedical engineering**, v. 38, n. 1, p. 158-163, 2010.

MLOSEK, R. K. *et al.* The effectiveness of anticellulite treatment using tripolar radiofrequency monitored by classic and high-frequency ultrasound. **J. Eur. Acad. Dermatol. Venereol.**, v. 26, n. 6, p. 696-703, 2011.

MONTANARI, T. **Histologia**: texto, atlas e roteiro de aulas práticas. 3. ed. Porto Alegre: Editora da UFRGS, 2016.

NERY, R. D; SOUZA, S. C; PIAZZA, F. C. P. Estudo comparativo da técnica de radiofrequência em disfunções estéticas faciais. **Revista Interdisciplinar de Estudos em Saúde**, v. 2, n. 2, p. 120-138, 2013.

NEVES, E. B. *et al.* Effect of body fat and gender on body temperature distribution. **Journal of thermal biology**, v. 70, p. 1-8, 2017.

NEVES, E. B. *et al.* The influence of subcutaneous fat in the skin temperature variation rate during exercise. **Research on Biomedical Engineering**, v. 31, n. 4, p. 307-312, 2015.

- OLIVEIRA, P. S. *et al.* Comparative thermographic analysis at pre- and postcryolipolysis treatment: Clinical case report. **Journal of Cosmetic Dermatology**, v. 18, n. 1, p. 1-6, 2018.
- ORTIZ-TUDELA, E. *et al.* A new integrated variable based on thermometry, actimetry and body position (TAP) to evaluate circadian system status in humans. **PLoS Comput Biol**, v. 6, n. 11, 2010.
- PAOLILLO, F. R. *et al.* New treatment of cellulite with infrared-LED illumination applied during high-intensity treadmill training. **Journal of Cosmetic and Laser Therapy**, v. 13, p. 166–171, 2011.
- PINO, M. E. *et al.* Effect of controlled volumetric tissue heating with radiofrequency on cellulite and the subcutaneous tissue of the buttocks and thighs. **J. Drugs Dermatol.**, v. 5, n. 8, p. 714-22, 2006.
- PINTO, W. J. A função endócrina do tecido adiposo. **Revista da Faculdade de Ciências Médicas de Sorocaba**, v. 16, n. 3, p. 111-120, 2014.
- PRIEGO-QUESADA, J. I. *et al.* Relationship between skin temperature and muscle activation during incremental cycle exercise. **J Therm Biol**. v. 48, p. 28-35, 2015.
- REHFELD, A.; NYLANDER, M.; KARNOV, K. Adipose Tissue. In: **Compendium of Histology**. Springer, Cham,. p. 201-207, 2017.
- ROMANO, C. L. *et al.* Healing of surgical site after total hip and knee replacements show similar telethermographic patterns. **Journal of orthopaedics and traumatology**, v. 12, n. 2, p. 81-86, 2011.
- SADICK, N. Non-invasive Fat Reduction. In: MURAD, A. **Evidence-Based Procedural Dermatology**. [s.l]: Springer, 2019a. p. 213-223.
- SADICK, N. Treatment for cellulite. **International journal of women's dermatology**, v. 5, n. 1, p. 68-72, 2019b.
- SADICK, N.; ROTH AUS, K. O. Aesthetic Applications of Radiofrequency Devices. **Clinics in Plastic Surgery**, v. 43, n. 3, p. 557-565, 2016.
- SALAMUNES, A. C. C.; STADNIK, A. M. W.; NEVES, E. B. The effect of body fat percentage and body fat distribution on skin surface temperature with infrared thermography. **Journal of thermal biology**, v. 66, p. 1-9, 2017.
- SANTOS, L. C.; TORRENT, I. F. O tecido adiposo e a produção de adipocinas. **SynThesis Revista Digital FAPAM**, v. 2, n. 2, p. 110-119, 2010.

SILVA, A. R. *et al.* Radiofrequência no tratamento das rugas faciais. **Revista da Universidade Ibirapuera-São Paulo**, v. 7, p. 38-42, 2014.

SILVA, N. I. *et al.* Adipocinas e sua relação com a obesidade. **Revista EVS-Revista de Ciências Ambientais e Saúde**, v. 46, n. 1, 2019.

SILVA, S. A.; PINTO, L. P.; BACELAR, I. A. O uso da radiofrequência no rejuvenescimento facial – revisão de literatura. **Revista Saúde em Foco**, v.10, p. 569-580, 2018.

SUH, D. H. *et al.* Safety and Efficacy of a Non-contact Radiofrequency Device for Body Contouring in Asians. **Journal of Cosmetic and Laser Therapy**, v. 19, n. 2, 2016.

TAGLIOLATTO, S. Radiofrequência: método não invasivo para tratamento da flacidez cutânea e contorno corporal. **Surgical & Cosmetic Dermatology**, v. 7, n. 4, p. 332-338, 2015.

TAUB, A. F.; TUCKER R. D.; PALANGE A. Facial tightening with an advanced 4-MHz monopolar radiofrequency device. **J Drugs Dermatol**, v. 11, n. 11, p. 1288-94, 2012.

TORTORA, G. J.; DERRICKSON, B. **Princípios de Anatomia e Fisiologia**. 14. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2017.

VALE, A. L. *et al.* Effects of radiofrequency on adipose tissue: A systematic review with meta-analysis. **J. Cosmet. Dermatol**, v. 17, n. 5, p. 703-711, 2018.

VAN DER LUGT, C. *et al.* A multicenter study of cellulite treatment with a variable emission radio frequency system. **Dermatol. Ther**, v. 22, n. 1, p. 74-84, 2009.

VEJJABHINANTA, V. *et al.* The efficacy in treatment of facial atrophic acne scars in Asians with a fractional radiofrequency microneedle system. **Journal of the European Academy of Dermatology and Venereology**, v. 28, n. 9, p. 1219-1225, 2014.

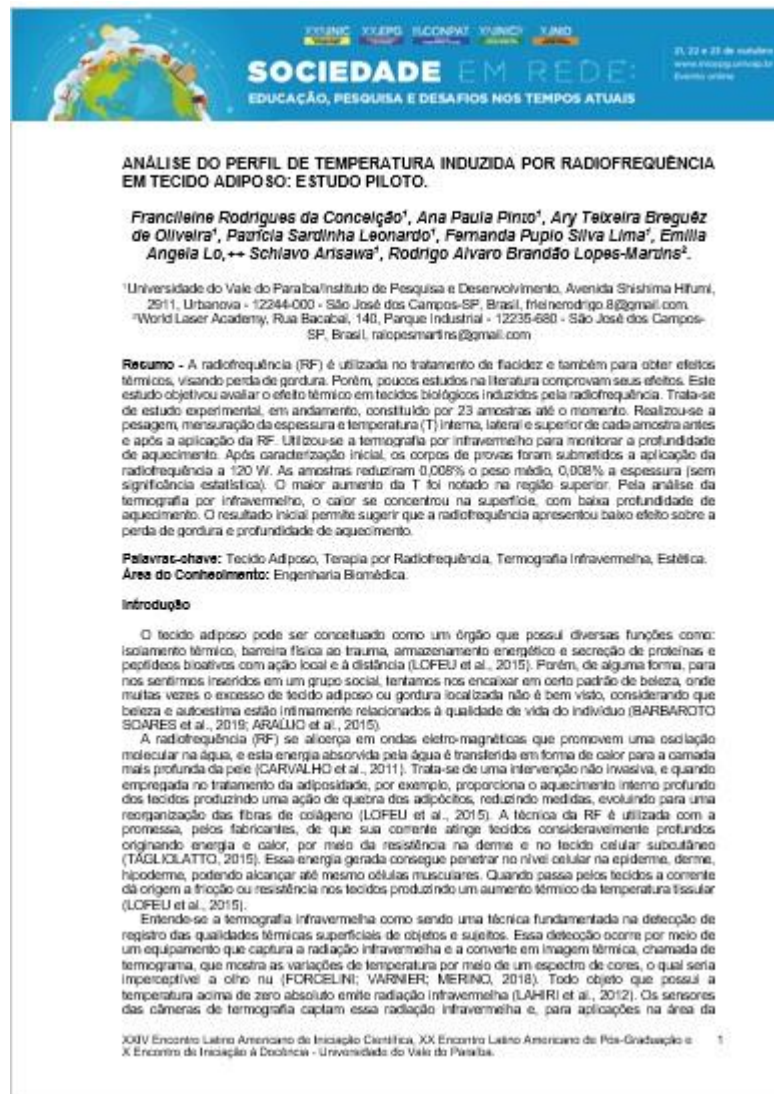
WILCZYŃSKI, S. *et al.* In vivo dynamic thermal imaging of skin radiofrequency treatment. **Journal of Cosmetic Dermatology**, v. 18, n. 5, p. 1307-1316, 2018.

WILCZYŃSKI, S. *et al.* Thermographic mapping of the skin surface in biometric evaluation of cellulite treatment effectiveness. **Skin Research and Technology**, v. 23, p. 61–69, 2017.

## APÊNDICE 1

A análise dos dados permitiu elaborar um artigo intitulado “**Análise do Perfil de Temperatura Induzida por Radiofrequência em Tecido Adiposo: estudo piloto**”. O mesmo foi aceito e apresentado no XXIV Encontro Latino Americano de Iniciação Científica, XX Encontro Latino Americano de Pós-Graduação, III Congresso de Pesquisa Aplicada e Tecnologia, XIV Encontro Latino Americano de Iniciação Científica Júnior da Univap e X Encontro de Iniciação à Docência – INIC 2020 apresentando no Anexo B).

### Folha de rosto do artigo publicado



Fonte: Elaborado pelo autor (2020).

## ANEXO A: Comissão de Ética na Utilização de Animais (CEUA)




UNIVERSIDADE DO VALE DO PARAÍBA  
 Instituto de Pesquisa e Desenvolvimento  
 COMISSÃO DE ÉTICA NO USO DE ANIMAIS



### CERTIFICADO

Certificamos que a proposta intitulada " **Avaliação do Perfil de Temperatura Induzida por Radiofrequência em Tecidos Biológicos: Estudos *in vitro***", registrada com o protocolo n° A11/CEUA2019, sob a responsabilidade de **Rodrigo Álvaro Brandão Lopes Martins**, que envolve a produção, manutenção ou utilização de animais pertencentes ao filo Chordata, subfilo Vertebrata (exceto humanos), para fins de ensino - encontra-se de acordo com os preceitos da Lei n° 11.794, de 8 de outubro de 2008, do Decreto n° 6.899, de 15 de julho de 2009, e com as normas editadas pelo Conselho Nacional de Controle de Experimentação Animal (CONCEA), e foi aprovada pela COMISSÃO DE ÉTICA NO USO DE ANIMAIS (CEUA) da Universidade do Vale do Paraíba (UNIVAP), em **27 / 03 / 2020**.

  
 Profa. Dra. Cristina Pacheco Soares  
 Coordenadora CEUA-UNIVAP

Comissão de Ética no Uso de Animais/CEUA  
 IP&D - Instituto de Pesquisa e Desenvolvimento  
 Av. Shishima Hifumi, 2911 - Ubatuba CEP 12244-000 PABX(012) 349.1000 FAX(012) 349.1252 Caixa Postal 82 S.J.Campos-SP

Email: [ceua@univap.br](mailto:ceua@univap.br)

## ANEXO B: Certificado de apresentação no INIC 2020





**SOCIEDADE  
EM REDE:**  
EDUCAÇÃO, PESQUISA E  
DESAFIOS NOS TEMPOS ATUAIS

21, 22 e 23 de outubro de 2020

Evento online  
[www.inicepg.univap.br](http://www.inicepg.univap.br)

### CERTIFICADO

*Certificamos que o trabalho intitulado "ANÁLISE DO PERFIL DE TEMPERATURA INDUZIDA POR RADIOFREQUÊNCIA EM TECIDO ADIPOSEO: ESTUDO PILOTO." de autoria de Francieleine Rodrigues da Conceição, Ana Paula Pinto, Ary Teixeira Breguêz de Oliveira, Patrícia Sardinha Leonardo, Fernanda Pupio Silva Lima, Emilia Angela Lo Schiavo Arisawa e Rodrigo Alvaro Brandão Lopes-Martins, foi apresentado no XX Encontro Latino Americano de Pós-Graduação (XX EPG), realizado na Universidade do Vale do Paraíba, nos dias 21, 22 e 23 de outubro de 2020.*

São José dos Campos, 23 de outubro de 2020.

  
 Prof. Dr. Leandro José Raniero  
 Pró-reitor de Pós-graduação e Pesquisa



Parceiros:






Realização:




## ANEXO C: Comprovante de submissão do artigo à Revista Brasileira de Engenharia Biomédica

### Research on Biomedical Engineering

#### Infrared thermography applied to radiofrequency-induced temperature assessment: ex vivo pilot study --Manuscript Draft--

<b>Manuscript Number:</b>	
<b>Full Title:</b>	Infrared thermography applied to radiofrequency-induced temperature assessment: ex vivo pilot study
<b>Article Type:</b>	Original Article
<b>Funding Information:</b>	
<b>Abstract:</b>	<p>Introduction: Radiofrequency (RF) is a resource used to treat sagging and localized fat. Infrared thermography (IRT) has been established as an effective non-invasive tool, which allows real-time monitoring of dynamic temperature variations (T) in biological tissues, proving to be an excellent indicator of health. Aim: Compare the T measured by the infrared thermometer (TIF) and that detected by the TIR to assess the depth of heating induced by RF in biological tissues ex vivo. Methodology: Experimental pilot study, consisting of 6 samples ex vivo. The samples were characterized in terms of mass, thickness and surface and lateral temperatures (TS and TL), with the aid of TIF and TIR. The samples were submitted to the application of RF, 60 W of power, and the parameters were measured again, in order to monitor the depth of induced heating. Results: The average weight variation of the samples before and after RF was 1.83 g (<math>p = 0.0284</math>); there was no variation in thickness (0 cm). An increase in T (<math>+ 13.6^{\circ} \text{C}</math>- <math>p = 0.0039</math>) was also detected in the upper region of the samples. The images obtained by the TIR, after the RF, demonstrated that areas with higher temperature were also located on the surface (<math>12.15^{\circ} \text{C}</math>- <math>p = 0.0083</math>). The evaluation of T in the deepest regions of the samples had lower values, both by TIF and TIF. Conclusion: TIF has been shown to be able to assess the depth of heating induced by RF in ex vivo tissues. This applicability can be used in the monitoring of clinical procedures in the aesthetic area.</p>
<b>Corresponding Author:</b>	Francileine Rodrigues Conceição, Bachelor Universidade do Vale do Paraíba BRAZIL
<b>Corresponding Author Secondary Information:</b>	
<b>Corresponding Author's Institution:</b>	Universidade do Vale do Paraíba
<b>Corresponding Author's Secondary Institution:</b>	
<b>First Author:</b>	Francileine Rodrigues Conceição, Bachelor
<b>First Author Secondary Information:</b>	
<b>Order of Authors:</b>	Francileine Rodrigues Conceição, Bachelor Ana Paula Pinto, Laboratory of Biophotonics and Experimental Therap David Halen Araújo Pinheiro Sérgio Luiz Lemos Douglas Peretta Barbaroto Soares Elaine da Silva Barbosa Rodrigo Alvaro Brandão Lopes Martins, World Laser Academy Emilia Angela Lo Schiavo Arisawa
<b>Order of Authors Secondary Information:</b>	
<b>Author Comments:</b>	