

# Pós-processamento da mediana de escala de cinza (GSM), posterização e remapeamento de cores para ultrassonografia de carótidas

## *Grayscale median (GSM) post-processing, posterizing, and color mapping for carotid ultrasound*

Pedro Luciano Mellucci Filho<sup>1</sup> , Matheus Bertanha<sup>1</sup> , Rodrigo Gibin Jaldin<sup>1</sup> , Winston Bonetti Yoshida<sup>1</sup> ,  
Marcone Lima Sobreira<sup>1</sup> 

### Resumo

Fatores relativos à placa aterosclerótica podem indicar instabilidade como ulcerações, hemorragias intraplaca, núcleo lipídico, capa fibrosa delgada ou irregular e inflamação. A mediana de escala de cinza (GSM, de *greyscale median*) da placa é um dos métodos mais difundidos de estudo da placa aterosclerótica; nesse sentido, é importante criar uma padronização da pós-processamento de forma compreensível. O pós-processamento foi realizado no *software* Photoshop 23.1.1. A padronização da imagem foi alcançada com o ajuste de curvas do histograma de escalas de cinza definindo o ponto mais escuro do lúmen vascular (sangue) para zero e a adventícia distal para 190. A posterização e o remapeamento de cores foram realizados. Um método que apresenta o atual estado da arte da técnica de forma acessível e ilustrativa pode contribuir para disseminação da análise de GSM. Neste artigo, esse processo é demonstrado passo a passo.

**Palavras-chave:** doenças das artérias carótidas; estenose das carótidas; ultrassonografia Doppler; pós-imagem; interpretação de imagem assistida por computador.

### Abstract

Factors related to atherosclerotic plaques may indicate instability, such as ulcerations, intraplaque hemorrhages, lipid core, thin or irregular fibrous cap, and inflammation. The grayscale median (GSM) value is one of the most widespread methods of studying atherosclerotic plaques and it is therefore important to comprehensively standardize image post-processing. Post-processing was performed using Photoshop 23.1.1.202. Images were standardized by adjusting the grayscale histogram curves, setting the darkest point of the vascular lumen (blood) to zero and the distal adventitia to 190. Posterization and color mapping were performed. A methodology that presents the current state of the art in an accessible and illustrative way should contribute to the dissemination of GSM analysis. This article describes and illustrates the process step by step.

**Keywords:** carotid artery diseases; carotid stenosis; Doppler ultrasound; afterimage; computer-assisted image interpretation.

**Como citar:** Mellucci Filho PL, Bertanha M, Jaldin RG, Yoshida WB, Sobreira ML. Pós-processamento da mediana de escala de cinza (GSM), posterização e remapeamento de cores para ultrassonografia de carótidas. *J Vasc Bras.* 2023;22:e20220081. <https://doi.org/10.1590/1677-5449.202200811>

<sup>1</sup> Universidade Estadual Paulista – UNESP, Botucatu, SP, Brasil.

Fonte de financiamento: Nenhuma.

Conflito de interesse: Os autores declararam não haver conflitos de interesse que precisam ser informados.

Submetido em: Agosto 07, 2022. Aceito em: Dezembro 02, 2022.

O estudo foi realizado no Hospital das Clínicas da Faculdade de Medicina de Botucatu (HC-FMB), Botucatu, SP, Brasil.

**Aprovação Comitê de Ética:** O presente estudo não apresenta dados que identifiquem pacientes, com representação técnica e revisão de literatura. Entretanto, o método exposto faz parte de estudo-piloto cujo protocolo foi aprovado pelo Comitê de Ética de nossa instituição, com Certificado de Apresentação de Apreciação Ética número 36750720.4.0000.5411 – Comitê de Ética em Pesquisa (CEP) da Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Medicina de Botucatu (UNESP-FMB), sob o registro de parecer consubstanciado 4.296.479.



Copyright© 2023 Os autores. Este é um artigo publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença Creative Commons Attribution, que permite uso, distribuição e reprodução em qualquer meio, sem restrições desde que o trabalho original seja corretamente citado.

## ■ INTRODUÇÃO

Estudos randomizados realizados entre os anos de 1990 e 2000 identificaram o risco de acidente vascular cerebral (AVC) em pacientes sintomáticos e assintomáticos com doença carotídea extracraniana, baseado no percentual de estenose observado na carótida interna, abrangendo um número considerável de pacientes e determinando diretrizes que são seguidas globalmente para a realização de endarterectomia ou angioplastia carotídea com base no grau de estenose<sup>1-5</sup>. O principal mecanismo fisiopatológico dos eventos isquêmicos cerebrais decorre da embolização de *debris* ateroembólicos ou de trombos originados a partir de placas instáveis, localizadas principalmente nas bifurcações carotídeas<sup>6</sup>.

O AVC de origem carotídea extracraniana, entretanto, não apresenta a hipoperfusão cerebral como seu principal mecanismo fisiopatológico. Nesse caso, o descolamento de *debris* ateroembólicos e trombos com origem na instabilidade de placas é o principal fator que leva ao AVC<sup>6</sup>.

A utilização do percentual de estenose como único indicativo para a abordagem cirúrgica tem sido apontada como insuficiente, sendo discutida a inclusão de novos marcadores relacionados com as características da placa, como ulcerações, volume do núcleo lipídico, presença de hemorragia intraplaca, espessura de capa fibrosa e inflamação, fortalecendo o conceito de placa instável como determinante para indicação cirúrgica em detrimento da estenose como preditor único. Diversos fatores podem estar associados à instabilidade das placas carotídeas, dando origem a um extenso campo de estudo que busca definir preditores de eventos isquêmicos cerebrais em detrimento do percentual de estenose isoladamente, como ulcerações, hemorragias intraplaca, centro lipídico, capa fibrosa delgada ou irregular e inflamação<sup>7,8</sup>.

Entre os fatores relativos à placa aterosclerótica mais extensivamente estudados, está a mediana de escala de cinza (GSM, de *greyscale median*) da placa. Em um estudo publicado em 2010 pelo grupo de estudo Asymptomatic Carotid Stenosis and Risk of Stroke (ACSRS), observou-se que valores de GSM inferiores a 30 estariam associados a um risco aumentado de eventos ateroembólicos, com aumento significativo do risco relativo em valores inferiores a 15<sup>7</sup>.

Embora o estudo da GSM tenha sido amplamente difundido na literatura, ele não é realizado rotineiramente pela maior parte dos ultrassonografistas, sendo restrito a poucos centros formadores e de pesquisa, possivelmente porque a maior parte dos *hardwares* (aparelhos) de ultrassonografia não apresenta um *software* (programa) para avaliação automatizada da GSM. Há, ainda, uma grande heterogeneidade de informações acerca do método realizado para alcançar a medida da GSM, desde *softwares built-in*<sup>9</sup> – ou seja, programas instalados no próprio aparelho de

ultrassom – até pós-processamento – a avaliação da imagem ecográfica em um computador.

Para contribuir para a difusão da técnica e melhorar a reprodutibilidade, é importante criar uma padronização da pós-análise de forma elucidativa e compreensível ao ecografista sem formação técnica em pós-processamento de imagens.

## ■ MATERIAIS E MÉTODOS

### Aquisição da imagem

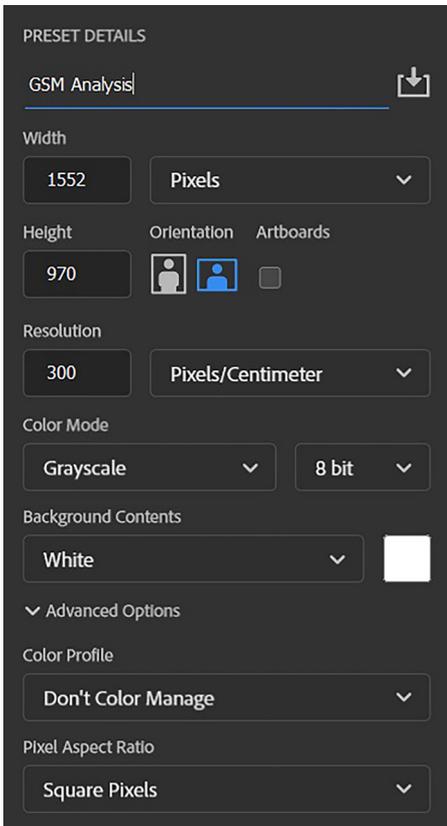
Imagens ultrassonográficas em modo B foram obtidas por um único ultrassonografista titulado pelo Colégio Brasileiro de Radiologia e Diagnóstico por Imagem (CBR) e pela Sociedade Brasileira de Angiologia e de Cirurgia Vascular (SBACV), utilizando um único aparelho Logiq S8 (General Electric, Boston, Massachusetts, EUA) com um transdutor linear multifrequencial (8,5-11 MHz) ajustado na frequência de 10 MHz. A distância focal foi definida na túnica adventícia posterior, as alavancas de *time gain compensation* (TGC) foram posicionadas centralmente, e todos os parâmetros de ganho foram padronizados para a configuração do *preset* original do aparelho, incluindo a faixa dinâmica de 69 dB. Todas as imagens foram adquiridas em corte longitudinal.

As imagens obtidas apresentavam 1.552 x 970 pixels, contendo uma área de interesse retangular de 934 x 840 pixels após excluídos títulos, botões de configuração, hora, data e régua de tons de cinza. Optamos por realizar o pós-processamento na imagem inteira (de 1.552 x 970 pixels) para evitar cortes indesejados e para preservar a régua de tons de cinza.

### Pós-processamento: padronização da GSM

O pós-processamento foi realizado no *software* Photoshop 23.1.1 (Adobe, Mountain View, Califórnia, EUA), versão paga por assinatura, em conformidade com a maior parte dos estudos que realizaram a análise de GSM a partir de pós-processamento<sup>10-13</sup>. Os arquivos de imagem foram convertidos em escala de cinza de 8-bits e 300 dpi (Figura 1) antes do ajuste de curvas e da análise da GSM.

A padronização da imagem foi alcançada com o ajuste de curvas do histograma de escala de cinza. O método mais recorrente de padronização envolve definir o ponto mais escuro do lúmen vascular (sangue) para zero e a adventícia distal para 190 (Figura 2)<sup>12-16</sup>. Após esse passo, pode-se observar a mudança no padrão de contraste previamente observado (Figura 3) para uma imagem corretamente padronizada (Figura 4), conservando características similares na curva do histograma. Para a análise de GSM, é fundamental entender que, em imagens em tons de cinza de 8-bits, cada pixel apresenta um valor entre zero e 255 ou 256 opções de tom (dois elevado à oitava potência), em que zero representa o preto e 255, o branco.



**Figura 1.** Padronização do arquivo para avaliação de escala de cinza, com resolução de 300 dpi e modo de cor em *greyscale* de 8 bits. *Pathway: File > New.*

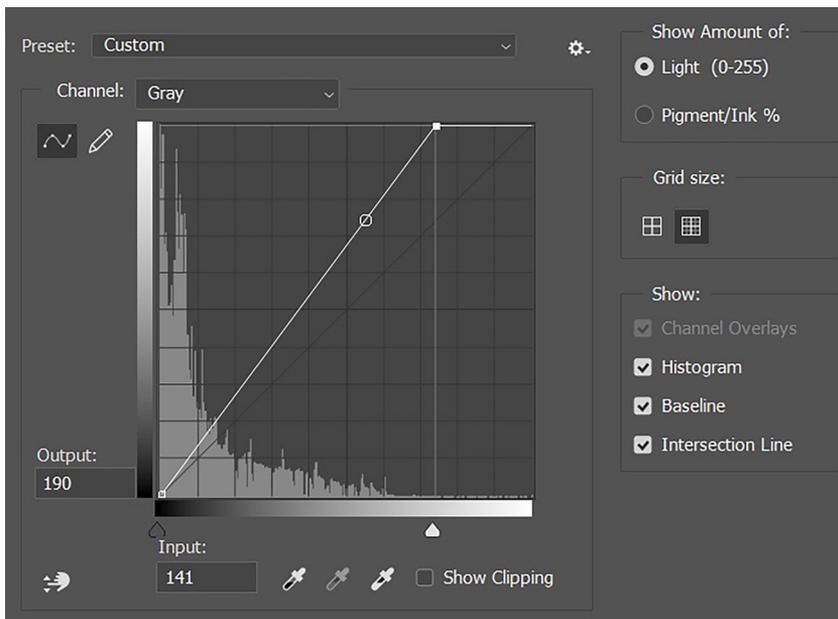
Após a padronização, a área de interesse é delimitada e analisada usando a ferramenta “histograma”, que permite ao usuário obter a média, a mediana e o desvio-padrão dos pixels em determinada área (Figura 5). O método de delimitação da área de interesse pode ser automático, semiautomático ou manual. Os intervalos de GSM observados representam diferentes tecidos, conforme demonstra a Tabela 1.

**Pós-processamento: posterização e remapeamento de cores**

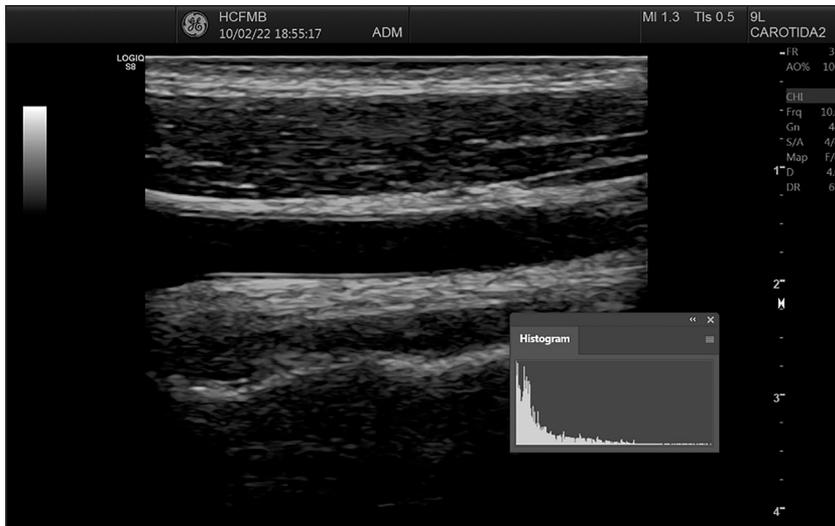
Embora não seja fonte de dados reproduzível (ao contrário, sendo um resultado dela), a posterização e o remapeamento de cores permite o aprimoramento de imagens em tons de cinza e a recolorização de diferentes faixas de tons, sendo, em última análise, usados como uma forma adicional de apresentação de dados de forma acessível e educacional<sup>17,13,15,16</sup>.

**Tabela 1.** Valores de mediana de escala de cinza (GSM, de *greyscale median*) e intervalos observados por Lal et al.<sup>13</sup>, de acordo com a ecogenicidade do tecido estudado.

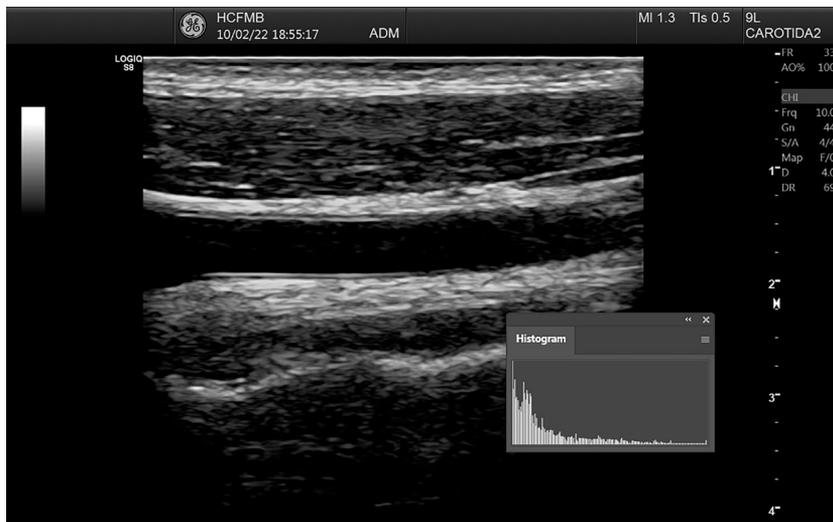
	GSM	
	Mediana	Intervalo
<b>Sangue</b>	2	0-4
<b>Gordura</b>	12	8-26
<b>Músculo</b>	53	41-76
<b>Tecido fibrótico</b>	172	112-196
<b>Cálcio</b>	221	211-255



**Figura 2.** Minucioso ajuste de curvas do canal cinza demonstrando a cor da adventícia da imagem obtida em 141, com ajuste para 190, o que altera todo o histograma da imagem. *Pathway: Image > Adjustments > Curves.*



**Figura 3.** Imagem e histograma avaliados anteriormente ao ajuste de curvas. *Pathway: Window > Histogram.*



**Figura 4.** Imagem e histograma avaliados posteriormente ao ajuste de curvas. *Pathway: Window > Histogram.*

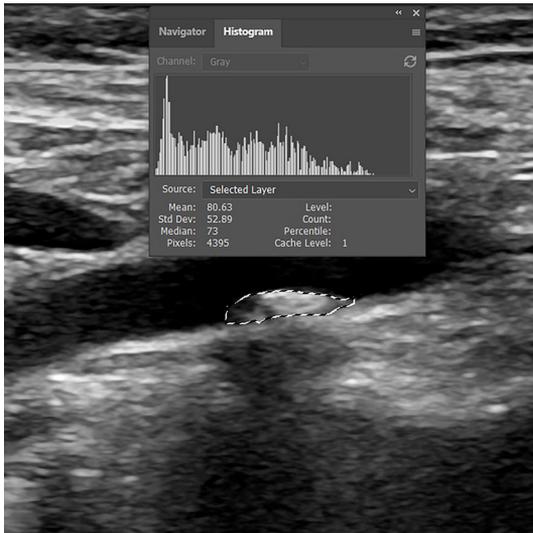
A posterização é a conversão de uma imagem com uma graduação contínua de tons (conforme mencionado, 256 tons para imagens em tons de cinza de 8-bits) em uma imagem com menos tons, resultando em mudanças mais abruptas de um tom para o outro, que são perceptíveis ao olho humano (Figuras 6 e 7). A maior parte dos *softwares* de edição de imagem apresenta funcionalidades para posterização. O gradiente desses tons pode variar de acordo com a quantidade de informação que o pesquisador deseja suprimir para criar uma versão simplificada da imagem original em cinza. Para realizar a posterização, utilizamos o mesmo *software*, seguindo o caminho: *image > adjust > posterize*.

O remapeamento de cores é a conversão de uma determinada faixa de tons em um gradiente de cores,

permitindo, portanto, a criação de uma imagem colorida a partir de uma imagem em tons de cinza (Figuras 8 e 9).

Embora amplamente utilizado em todos os campos da ciência e radiologia, não existe um mapa de cores padronizado para a avaliação de GSM no ultrassom, não sendo um passo essencial para a realização do exame. Dessa forma, o mapa de cores é constantemente sujeito à escolha pessoal do pesquisador ou predeterminado pelo *software* do aparelho utilizado. Nesse caso, utilizamos o espectro clássico de cor visível, do violeta ao vermelho, com a cor preta no limite inferior do gradiente ( $GSM = 0$ ) e a cor branca no limite superior ( $GSM > 190$ ). Nesse espectro, especificamente, cores azuis e roxas representam  $GSM < 30$  e, portanto, maior risco.

Para realizar o remapeamento de cores, utilizamos uma máscara de *layer* sobre a imagem padronizada e posterizada. Novamente, utilizamos o mesmo *software*, seguindo o caminho: *layer > new adjustment layer > gradient map*.



**Figura 5.** Delimitação e avaliação do histograma da área da placa aterosclerótica, com obtenção da mediana de escala de cinza. *Pathway:* *Window > Histogram. Tools > Lasso Tool.*

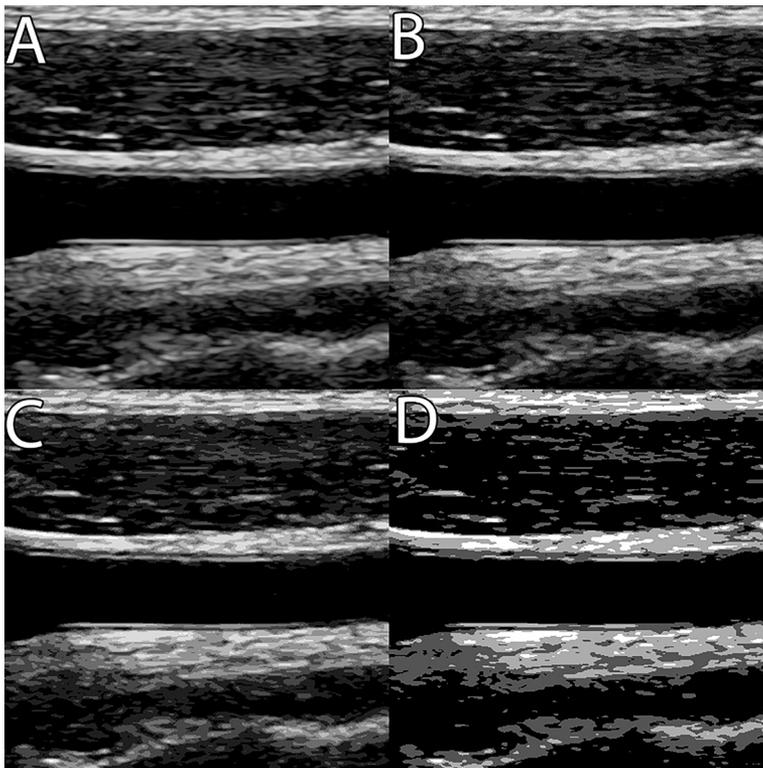
Posteriormente ao remapeamento de cores, é possível definir apenas a área de interesse para uma apresentação visualmente didática (Figuras 10 e 11).

## ■ DISCUSSÃO

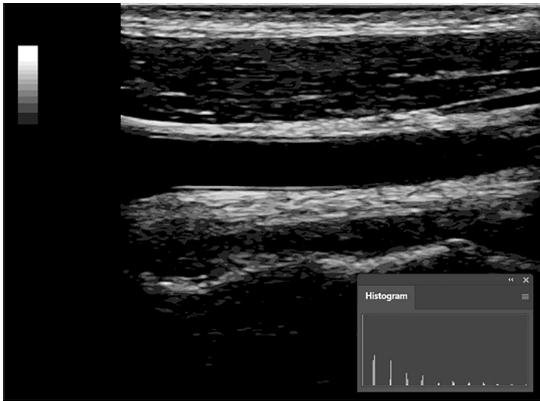
Embora a medida da GSM apresente uma literatura robusta que defenda a sua aplicabilidade para identificação de pacientes com um alto risco para desenvolvimento de AVC, servindo como importante instrumento na decisão terapêutica, a sua difusão ainda é restrita<sup>14</sup>. É possível que isso se deva à dificuldade de realização do exame, que depende de um *software* específico que não está amplamente disponível nos aparelhos de ultrassonografia.

Para contribuir para a disseminação da técnica, a avaliação a partir de pós-processamento apresenta-se como uma alternativa viável, pois depende apenas de um *software* para processamento de imagens e de um computador – instrumentos amplamente disponíveis nos laboratórios vasculares e departamentos de radiologia.

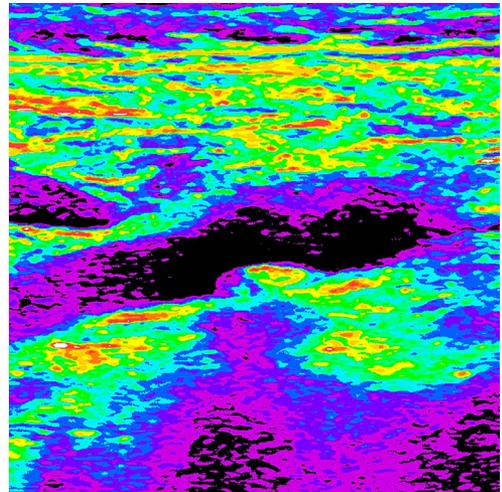
Quando comparada com as demais técnicas para avaliação da placa aterosclerótica, a GSM apresenta importante superioridade por afastar o componente subjetivo da avaliação. A objetividade do exame é constatada a partir de uma alta correlação interobservadores<sup>7,10,11</sup>.



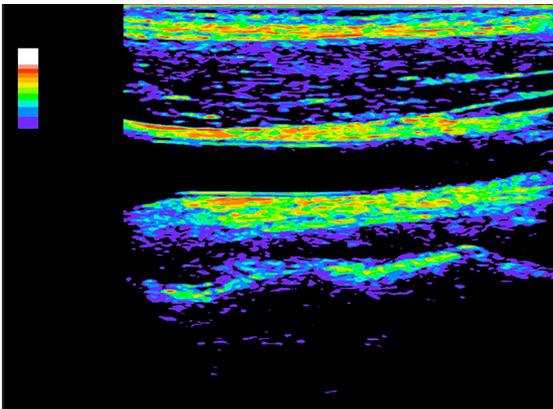
**Figura 6.** Posterização progressiva de uma imagem (A > B > C > D), com redução do gradiente de cinza disponível e simplificação da imagem. *Pathway:* *Image > Adjustments > Posterize.*



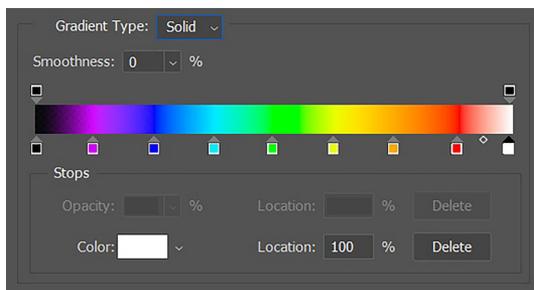
**Figura 7.** Histograma simplificado após posterização da imagem. *Pathway: Window > Histogram.*



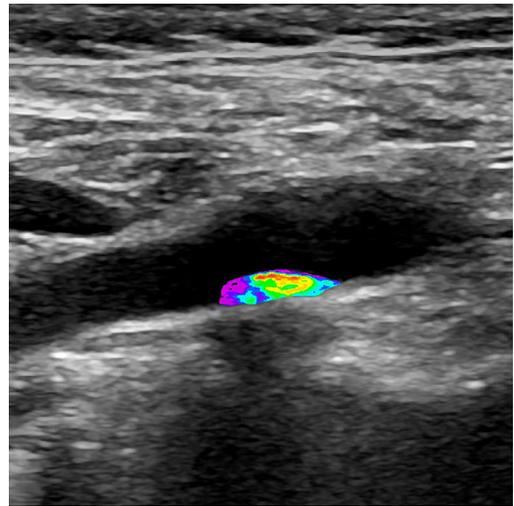
**Figura 10.** Imagem resultante de um remapeamento de cores de uma imagem em tons de cinza.



**Figura 8.** Imagem resultante de um remapeamento de cores de uma imagem em tons de cinza.



**Figura 9.** Gradiente de cores utilizado na conversão e remapeamento da imagem. *Pathway: Layer > New Adjustment Layer > Gradient Map.*



**Figura 11.** Delimitação de área de interesse (placa aterosclerótica) e exclusão do remapeamento de cores do restante da imagem. *Pathway: Tools > Lasso Tool. Select inverse, delete.*

A avaliação a partir da GSM não é, entretanto, completamente isenta de subjetividade se um método padronizado não for aplicado, especialmente se considerando a medida em aparelhos de ultrassonografia distintos e que uma breve alteração no ganho do modo B pode acarretar uma grande mudança da GSM<sup>15</sup>.

Para alcançar o maior nível possível de padronização, o pós-processamento a partir da edição das curvas,

com renderização de nova imagem após definir valores conhecidos, como o sangue e a adventícia, é fundamental. A padronização automática da imagem pelo próprio *software* conforme postulado por alguns autores<sup>10,17</sup> pode levar a distorções significativas e prejudicar a reprodutibilidade e comparação entre observadores, que pode ser ainda mais discrepante se a observação for realizada automaticamente entre aparelhos distintos<sup>15</sup>.

## CONCLUSÃO

Disposmos de uma vasta literatura acerca da associação entre o percentual de estenose observado na carótida interna extracraniana e sua correlação com o risco

de AVC. Atualmente, alavancada pela evolução das técnicas diagnósticas minimamente invasivas ou não invasivas, a maior parte dos esforços está concentrada na avaliação da placa aterosclerótica individualmente, buscando identificar fatores que possam contribuir na decisão terapêutica.

## REFERÊNCIAS

- Barnett HJM, Taylor DW, Haynes RB, et al. Beneficial effect of carotid endarterectomy in symptomatic patients with high-grade carotid stenosis. *N Engl J Med.* 1991;325(7):445-53. <http://dx.doi.org/10.1056/NEJM199108153250701>. PMID:1852179.
- Barnett HJ, Taylor DW, Eliasziw M, et al. Benefit of carotid endarterectomy in patients with symptomatic moderate or severe stenosis. *N Engl J Med.* 1998;339(20):1415-25. <http://dx.doi.org/10.1056/NEJM199811123392002>. PMID:9811916.
- European Carotid Surgery Trialists' Collaborative Group. Randomized trial of endarterectomy for recently symptomatic carotid stenosis: final results of the MRC European Carotid Surgery Trial (ECST). *Lancet.* 1998;351(9113):1379-87. [http://dx.doi.org/10.1016/S0140-6736\(97\)09292-1](http://dx.doi.org/10.1016/S0140-6736(97)09292-1). PMID:9593407.
- Walker MD, Marler JR, Goldstein M, Grady PA, Toole JF, Baker WH. Executive Committee for the Asymptomatic Carotid Atherosclerosis Study: endarterectomy for asymptomatic patients with high grade stenosis. *JAMA.* 1995;273:1421-8. <http://dx.doi.org/10.1001/jama.1995.03520420037035>.
- ACST Collaborators Group. The International Asymptomatic Carotid Surgery Trial (ACST). *Lancet.* 2004;363:1491-502.
- Redgrave JNE, Lovett JK, Gallagher PJ, Rothwell PM. Histological assessment of 526 symptomatic carotid plaques in relation to the nature and timing of ischemic symptoms: the Oxford plaque study. *Circulation.* 2006;113(19):2320-8. <http://dx.doi.org/10.1161/CIRCULATIONAHA.105.589044>. PMID:16651471.
- Nicolaides AN, Kakkos SK, Kyriacou E, et al. Asymptomatic internal carotid artery stenosis and cerebrovascular risk stratification. *J Vasc Surg.* 2010;52(6):1486-96.e1. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jvs.2010.07.021>. PMID:21146746.
- Oppi S, Nusser-Stein S, Blyszczuk P, et al. Macrophage NCOR1 protects from atherosclerosis by repressing a pro-atherogenic PPAR $\gamma$  signature. *Eur Heart J.* 2020;41(9):995-1005. <http://dx.doi.org/10.1093/eurheartj/ehz667>. PMID:31529020.
- Jashari F, Ibrahim P, Johansson E, Grönlund C, Wester P, Henein MY. Carotid IM-GSM is better than IMT for identifying patients with multiple arterial disease. *Scand Cardiovasc J.* 2018;52(2):93-9. <http://dx.doi.org/10.1080/14017431.2018.1435903>. PMID:29402147.
- Östling G, Persson M, Hedblad B, Gonçalves I. Comparison of grey scale median (GSM) measurement in ultrasound images of human carotid plaques using two different softwares. *Clin Physiol Funct Imaging.* 2013;33(6):431-5. <http://dx.doi.org/10.1111/cpf.12049>. PMID:23701450.
- Hashimoto H, Tagaya M, Niki H, Etani H. Computer-assisted analysis of heterogeneity on b-mode imaging predicts instability of asymptomatic carotid plaque. *Cerebrovasc Dis.* 2009;28(4):357-64. <http://dx.doi.org/10.1159/000229554>. PMID:19628937.
- Pavela J, Ahanchi S, Steerman SN, Higgins JA, Panneton JM. Grayscale median analysis of primary stenosis and restenosis after carotid endarterectomy. *J Vasc Surg.* 2014;59(4):978-82. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jvs.2013.10.094>. PMID:24361200.
- Lal BK, Hobson RW 2nd, Pappas PR, et al. Pixel distribution analysis of B-mode ultrasound scan images predicts histologic features of atherosclerotic carotid plaques. *J Vasc Surg.* 2002;35(6):1210-7. <http://dx.doi.org/10.1067/mva.2002.122888>. PMID:12042733.
- Græbe M, Sillesen H, Kjær A, Højgaard L. Carotid plaque imaging with FDG-PET and ultrasound. *Imaging Med.* 2011;3(1):17-30. <http://dx.doi.org/10.2217/iim.10.72>.
- Steffel CN, Brown R, Korcarz CE, et al. Influence of ultrasound system and gain on grayscale median values. *J Ultrasound Med.* 2019;38(2):307-19. <http://dx.doi.org/10.1002/jum.14690>. PMID:30027550.
- Engelhorn ALD, Engelhorn CA, Salles-Cunha SX. Initial evaluation of virtual histology ultrasonographic techniques applied to a case of renal transplant. *J Vasc Ultrasound.* 2015;39(3):142-4. <http://dx.doi.org/10.1177/154431671503900305>.
- Sotomayor CG, Benjamins S, Dijkstra H, et al. Introduction of the grayscale median for ultrasound tissue characterization of the transplanted kidney. *Diagnostics (Basel).* 2021;11(3):390. <http://dx.doi.org/10.3390/diagnostics11030390>. PMID:33668900.

### Correspondência

Pedro Luciano Mellucci Filho  
 Universidade Estadual Paulista – UNESP, Faculdade de Medicina de Botucatu – FMB, Departamento de Cirurgia e Ortopedia  
 Av. Professor Mário Rubens Guimarães Montenegro, S/N – Unesp Campus Botucatu  
 CEP: 18618-687 – Botucatu (SP), Brasil  
 Tel.: (18) 99737-8864  
 E-mail: pedro.lmf@hotmail.com

### Informações sobre os autores

PLMF – Cirurgião vascular e ecografista vascular, Sociedade Brasileira de Angiologia e Cirurgia Vascular (SBACV), Colégio Brasileiro de Radiologia (CBR); Médico assistente, Serviço de Cirurgia Vascular e Endovascular, Faculdade de Medicina, Universidade Estadual Paulista (FMB-UNESP).  
 MB – Doutor, Universidade Estadual Paulista (UNESP); Professor assistente, Serviço de Cirurgia Vascular e Endovascular, Faculdade de Medicina, Universidade Estadual Paulista (FMB-UNESP).  
 RGJ – Doutor, Universidade Estadual Paulista (UNESP); Preceptor, Serviço de Cirurgia Vascular e Endovascular, Faculdade de Medicina, Universidade Estadual Paulista (FMB-UNESP).  
 WBY – Livre-docente, Universidade Estadual Paulista (UNESP); Professor sênior, Serviço de Cirurgia Vascular e Endovascular, Faculdade de Medicina, Universidade Estadual Paulista (FMB-UNESP).  
 MLS – Livre-docente, Universidade Estadual Paulista (UNESP); Chefe, Serviço de Cirurgia Vascular e Endovascular, Faculdade de Medicina, Universidade Estadual Paulista (FMB-UNESP).

### Contribuição dos autores

Concepção e desenho do estudo: PLMF  
 Análise e interpretação dos dados: PLMF, RGJ, MLS  
 Coleta de dados: PLMF  
 Redação do artigo: PLMF, MB, MLS  
 Revisão crítica do texto: MB, WBY  
 Aprovação final do artigo\*: PLMF, MB, RGJ, WBY, MLS  
 Análise estatística: N/A  
 Responsabilidade geral pelo estudo: PLMF

\*Todos os autores leram e aprovaram a versão final submetida ao J Vasc Bras.