

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO: CIÊNCIAS EM GASTROENTEROLOGIA E  
HEPATOLOGIA

Análise da morfometria nuclear e textura da cromatina de amostras de carcinoma hepatocelular de pacientes transplantados hepáticos.

JORDAN BOEIRA DOS SANTOS

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO

PORTO ALEGRE

2021

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO: CIÊNCIAS EM GASTROENTEROLOGIA E  
HEPATOLOGIA

Análise da morfometria nuclear e textura da cromatina de amostras de carcinoma hepatocelular de pacientes transplantados hepáticos.

JORDAN BOEIRA DOS SANTOS

**Orientadora: Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Rúbia Denise Ruppenthal**

**Co-orientadora: Dr.<sup>a</sup> Emily Ferreira Salles Pilar**

Dissertação apresentada como requisito para obtenção do título de Mestre pelo  
Programa de Pós-Graduação: Ciências em Gastroenterologia e Hepatologia da  
Universidade Federal do Rio Grande do Sul

PORTO ALEGRE

2021

## CIP - Catalogação na Publicação

Santos, Jordan Boeira dos  
Análise da morfometria nuclear e textura da  
cromatina de amostras de carcinoma hepatocelular de  
pacientes transplantados hepáticos. / Jordan Boeira  
dos Santos. -- 2021.

51 f.

Orientadora: Rúbia Denise Ruppenthal.

Coorientadora: Emily Ferreira Salles Pilar.

Dissertação (Mestrado) -- Universidade Federal do  
Rio Grande do Sul, Faculdade de Medicina, Programa de  
Pós-Graduação em Ciências em Gastroenterologia e  
Hepatologia, Porto Alegre, BR-RS, 2021.

1. Patologia. 2. Carcinoma hepatocelular. 3.  
Transplante de fígado. 4. Transformação Celular  
Neoplásica. 5. Tecnologia biomédica. I. Ruppenthal,  
Rúbia Denise, orient. II. Pilar, Emily Ferreira  
Salles, coorient. III. Título.

Elaborada pelo Sistema de Geração Automática de Ficha Catalográfica da UFRGS com os  
dados fornecidos pelo(a) autor(a).

## **Agradecimentos**

Primeiro de tudo, queria agradecer a Deus por me trazer até aqui, pelas forças para enfrentar todos os desafios, por me manter com saúde num momento tão complicado como o que vivemos, e por acolher minhas preces.

Em relação às pessoas que estiveram do meu lado nesta etapa da minha vida, agradeço em especial meus pais, minha irmã e meus avós, serei eternamente grato por essa família, pelo amor de sempre e apoio incondicional.

Aos meus amigos Carolina, Carla, Manuela, Jacson, Victor e Patrick, pela amizade, por estarem sempre ao meu lado, por aguentarem minhas lamentações e por me animarem nas horas mais sombrias. Ao meu amigo e colega de trabalho Jefferson, uma menção especial por além de todo o apoio pela amizade, também me auxiliou na construção deste trabalho.

Ao Prof<sup>o</sup> Thadeu e seu residente Joelson pelo suporte na busca incessante de casos. Ao pessoal do CPE pela oportunidade e auxílio no desenvolvimento das atividades práticas, especialmente a Emily que acompanhou tudo de perto e sempre esteve disposta a ajudar quando necessário.

Um agradecimento super especial ao Rodrigo, nem sei como descrever a importância que teve neste momento, desde o lançamento da ideia ao suporte em todos os momentos, as contribuições no trabalho, as vídeo-chamadas e a grande paciência em me ensinar as técnicas.

E por fim, dedico tudo isso a Prof<sup>a</sup> Rúbia, por aceitar orientar-me nessa jornada, por estar sempre presente me oferecendo todo o apoio, por me passar o exemplo de como exercer o papel de professor e a capacidade de se reinventar diante novas situações de ensino. Obrigado pela parceria.

## SUMÁRIO

RESUMO.....	7
ABSTRACT.....	9
LISTA DE ABREVIATURAS.....	11
LISTA DE FIGURAS.....	13
LISTA DE TABELAS.....	14
LISTA DE QUADROS.....	15
1. INTRODUÇÃO.....	16
2. REVISÃO DA LITERATURA.....	18
2.1 CARCINOMA HEPATOCELULAR (CHC).....	18
2.1.1 Epidemiologia.....	18
2.1.2 Aspectos clínicos.....	19
2.1.3 Diagnóstico e estadiamento.....	20
2.1.4 Etiologia.....	20
2.1.5 Tratamento.....	22
2.1.6 Transplante Hepático.....	22
2.2 ASPECTOS FISIOPATOLÓGICOS E HISTOPATOLÓGICOS.....	25
2.2.1 Fisiopatogenia.....	25
2.2.2 Histopatologia do CHC.....	26
2.2.3 Alterações nucleares.....	27
2.3 MORFOMETRIA NUCLEAR.....	29

2.3.1 Definição.....	29
2.3.2 Medidas morfométricas de forma e tamanho nuclear.....	30
2.3.3 Média de escala de cinza (MEC).....	32
2.2.4 Textura da cromatina.....	33
2.2.4.1 Fractalidade.....	33
2.2.4.2 Textura da cromatina e dimensão fractal.....	35
2.4 TISSUE MICROARRAY.....	36
<b>3. JUSTIFICATIVA.....</b>	<b>38</b>
<b>4. QUESTÕES DE PESQUISA.....</b>	<b>39</b>
<b>5. HIPÓTESES.....</b>	<b>39</b>
<b>6. OBJETIVOS.....</b>	<b>39</b>
6.1 OBJETIVO GERAL.....	39
6.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	40
<b>ARTIGO ORIGINAL</b>	
<b>CONCLUSÕES.....</b>	<b>41</b>
<b>CONSIDERAÇÕES FINAIS E PERSPECTIVAS FUTURAS.....</b>	<b>42</b>
<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....</b>	<b>44</b>
<b>ANEXO A - Atestado para defesa.....</b>	<b>50</b>
<b>ANEXO B - Carta do orientador.....</b>	<b>51</b>

## RESUMO

**Introdução:** O carcinoma hepatocelular (CHC) é resultado de constantes lesões no fígado capazes de desencadear modificações na estrutura dos hepatócitos. A morfometria nuclear tem se mostrado útil na detecção destas alterações celulares, possibilitando que as mesmas sejam quantificadas, conferindo maior precisão e objetividade na análise histológica. **Objetivo:** Identificar alterações na estrutura nuclear e da textura de cromatina em amostras de CHC de pacientes submetidos ao transplante hepático. **Materiais e métodos:** Foram analisadas amostras de tecido tumoral e tecido adjacente não-neoplásico de 34 indivíduos submetidos à transplante hepático por CHC. Após a confirmação diagnóstica e a seleção da área exata do tumor, os tecidos foram reunidos em blocos de *tissue microarray* utilizados na confecção de lâminas histológicas coradas por Hematoxilina-Eosina. As imagens microscópicas de cada cilindro foram analisadas no software ImageJ quanto aos parâmetros nucleares de área, perímetro, circularidade, diâmetro de Feret, média de escala de cinza, solidez, razão de aspecto e dimensão fractal. Variáveis clínico-patológicas de relevância clínica foram obtidas através de consulta ao prontuário médico. **Resultados:** Dos 34 casos, 55,9% eram homens e 67,6% tinham história de hepatite C. Houve diferenças entre as amostras de CHC e tecido adjacente não-neoplásico quanto ao perímetro ( $p=0,025$ ), circularidade ( $p<0,001$ ), solidez ( $p<0,001$ ), razão de aspecto ( $p<0,001$ ) e dimensão fractal ( $p=0,001$ ). Valores mais altos de média de escala de cinza ( $p=0,034$ ) e o diâmetro de Feret ( $p=0,024$ ) foram associados a pontuações mais elevadas no *Model for End-Stage Liver Disease*. Núcleos com maior área ( $p=0,014$ ) e diâmetro de Feret ( $p=0,035$ ) foram associados a menor sobrevida. Os pontos de corte para diferenciação das

células neoplásicas foram de  $\geq 22,05$   $\mu\text{m}$  para perímetro com uma sensibilidade de 88% e especificidade de 85% ( $p=0,038$ ). E de  $\geq 1,14$   $\mu\text{m}$  para dimensão fractal com uma sensibilidade de 70% e especificidade de 91% ( $p=0,004$ ). A correlação de Pearson inter-avaliadores teve significância ( $p<0,001$ ) em relação à área, circularidade, diâmetro de Feret, média de escala de cinza e razão de aspecto.

**Conclusões:** Foi encontrada diferença significativa nas medidas nucleares (perímetro, circularidade, solidez e razão de aspecto) e na textura da cromatina entre as amostras de CHC e tecido adjacente não-neoplásico de pacientes transplantados hepáticos, bem como a associação dessas alterações com características clínicas relevantes (idade, *Model for End-Stage Liver Disease*, recorrência e sobrevida). A análise morfométrica mostrou alta sensibilidade e especificidade quanto ao perímetro e dimensão fractal na discriminação entre hepatócitos neoplásicos e não neoplásicos, apresentando capacidade de replicação inter-observadores.

Palavras-chave: Patologia; Carcinoma hepatocelular; Transplante de fígado; Transformação Celular Neoplásica; Tecnologia biomédica.

## ABSTRACT

**Background:** Hepatocellular carcinoma (HCC) is the result of constant liver damage that can trigger changes in the structure of hepatocytes, leading to a malignant transformation. Nuclear morphometry has been shown to be useful in detecting these cellular changes, allowing them to be quantified and providing greater accuracy and objectivity in histological analysis. **Aim:** To identify differences in nuclear morphometry and chromatin texture in HCC samples from patients undergoing liver transplantation. **Methods:** HCC and adjacent non-neoplastic tissue samples were analyzed from 34 individuals post-liver transplant. The samples were selected upon confirmation of the diagnosis of HCC and indication of the exact location of the tumor in the paraffin block in the analysis by the pathologist. These samples were assembled in 60-cylinder microarray tissue blocks, and from them histological slides stained by Hematoxylin-Eosin were cut and made. Microscopic images of each cylinder were obtained in a capture microscope and analyzed in the ImageJ software for the nuclear parameters of area, perimeter, circularity, Feret's diameter, mean gray value, solidity, aspect ratio and fractal dimension. **Results:** Of the 34 cases, 55.9% were men and 67.6% had a history of hepatitis C. HCC and adjacent non-neoplastic tissue samples differed regarding perimeter ( $p=0.025$ ), circularity ( $p<0.001$ ), solidity ( $p<0.001$ ), aspect ratio ( $p<0.001$ ), and fractal dimension ( $p=0.001$ ). Higher mean gray value ( $p=0.034$ ) and Feret diameter ( $p=0.024$ ) were associated with higher scores in the *Model for End-Stage Liver Disease*. Nuclei with a larger area ( $p=0.014$ ) and Feret diameter ( $p=0.035$ ) were associated with lower survival. The cut-off points for differentiation of neoplastic cells were  $\geq 22.05 \mu\text{m}$  for perimeter with a sensitivity of 88% and specificity of 85% ( $p =$

0.038). And of  $\geq 1.14 \mu\text{m}$  for fractal dimension with a sensitivity of 70% and specificity of 91% ( $p=0.004$ ). Pearson's inter-rater correlation was significant ( $p<0.001$ ) in relation to area, circularity, Feret's diameter, mean gray value and aspect ratio.

**Conclusions:** A significant difference was found in the nuclear measurements (perimeter, circularity, solidity and aspect ratio) and in the chromatin texture between the samples of HCC and adjacent non-neoplastic tissue from liver transplant patients, as well as the association of these changes with relevant clinical characteristics (age, Model for End-Stage Liver Disease, recurrence and survival). The morphometric analysis showed high sensitivity and specificity regarding the perimeter and fractal dimension in the discrimination between neoplastic and non-neoplastic hepatocytes, with the ability to replicate inter-observer.

Keywords: Pathology; Carcinoma, Hepatocellular; Liver Transplantation; Cell Transformation, Neoplastic; Biomedical Technology.

## LISTA DE ABREVIATURAS

AMN	Análise morfométrica nuclear
BCLC	<i>Barcelona Clinic Liver Cancer</i>
CCE	Carcinoma de células escamosas
CDKN2A	Inibidor de quinase dependente de ciclina 2A
CHC	Carcinoma hepatocelular
COX-2	Ciclooxigenase-2
CTP	Child-Turcotte-Pugh
DF	Dimensão fractal
DNA	Ácido desoxirribonucleico
HCPA	Hospital de Clínicas de Porto Alegre
IGFR-II/MP6	Fator de crescimento 2 de manose 6-fosfato semelhante à insulina
MEC	Média de escala de cinza
MELD	<i>Model for End-stage Liver Disease</i>
NS4A	Proteína não estrutural 4A
OMS	Organização mundial da saúde
PMN	Proteína de matriz nuclear

Ra	Relação de aspecto
RNI	Razão normalizada internacional
ROC	Receiver operator characteristic curve
TERT	Promotor da transcriptase reversa da telomerase
TNM	Sistema Tamanho-Número-Metástase
TMA	<i>Tissue microarray</i>
VHB	Vírus da hepatite B
VHC	Vírus da hepatite C

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Distribuição de casos e mortes para as 10 neoplasias mais comuns no mundo em 2020 em ambos os sexos e idades.p.18.

Figura 2. Fisiopatogenia do CHC.p.25.

Figura 3. Estrutura nuclear em células normais e cancerosas.p.28.

Figura 4. Representação da visualização de um *pixel*.p.32.

Figura 5. Medidas de dispersão na mensuração da MEC.p.33.

Figura 6. Princípio da fractalidade.p.34.

Figura 7. Textura de cromatina e dimensão fractal.p.36.

Figura 8: Núcleos de *microarray* para análise de dimensão fractal.p.37.

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Critérios para Classificação de Child-Turcotte-Pugh e influência sobre a sobrevida.p.24.

Tabela 2. Classificação conforme *Model for End-stage Liver Disease*.p.24.

## **LISTA DE QUADROS**

Quadro 1. Principais parâmetros morfométricos.p.31.

## 1. INTRODUÇÃO

O câncer hepático é a terceira principal causa de morte por câncer no mundo, sendo o carcinoma hepatocelular (CHC) o tipo histológico mais comum, correspondendo a 75-85% dos casos<sup>1</sup>. A carcinogênese do CHC desenvolve-se de forma lenta mediante um acúmulo de lesões constantes, independentemente da etiologia subjacente. A ocorrência de eventos regenerativos repetidos culmina na cirrose, principal fator de risco do CHC<sup>2</sup>. Entre as modalidades terapêuticas utilizadas no CHC, o transplante hepático é a opção que está associada a menor risco de recorrência tumoral<sup>3</sup>.

A existência de alterações no núcleo celular envolvendo tamanho, formato e organização da cromatina é comumente constatada em células em transformação maligna, situação que pode desencadear modificações que afetam a expressão gênica<sup>4</sup>.

Em células tumorais, mudanças drásticas na textura da cromatina nuclear são frequentes e encontram-se relacionadas à progressão da doença<sup>5</sup>. A dimensão fractal (DF) destaca-se como um importante parâmetro de avaliação da textura da cromatina, uma vez que caracteriza estruturas complexas que não enquadram-se na geometria Euclidiana<sup>6</sup>.

Os métodos de análise histológica digital, embora já explorados na prática experimental, têm acumulado avanços tecnológicos significativos. Há uma rápida evolução das ferramentas computacionais além do aumento da complexidade de algoritmos<sup>7</sup>. Nesse contexto, a morfometria consiste na mensuração do comprimento, área ou volume de núcleos, células e componentes teciduais<sup>8</sup>, que

surge como um importante recurso na detecção e quantificação de modificações nucleares, com o intuito de diminuir a subjetividade das técnicas de diagnóstico histológico<sup>9</sup>.

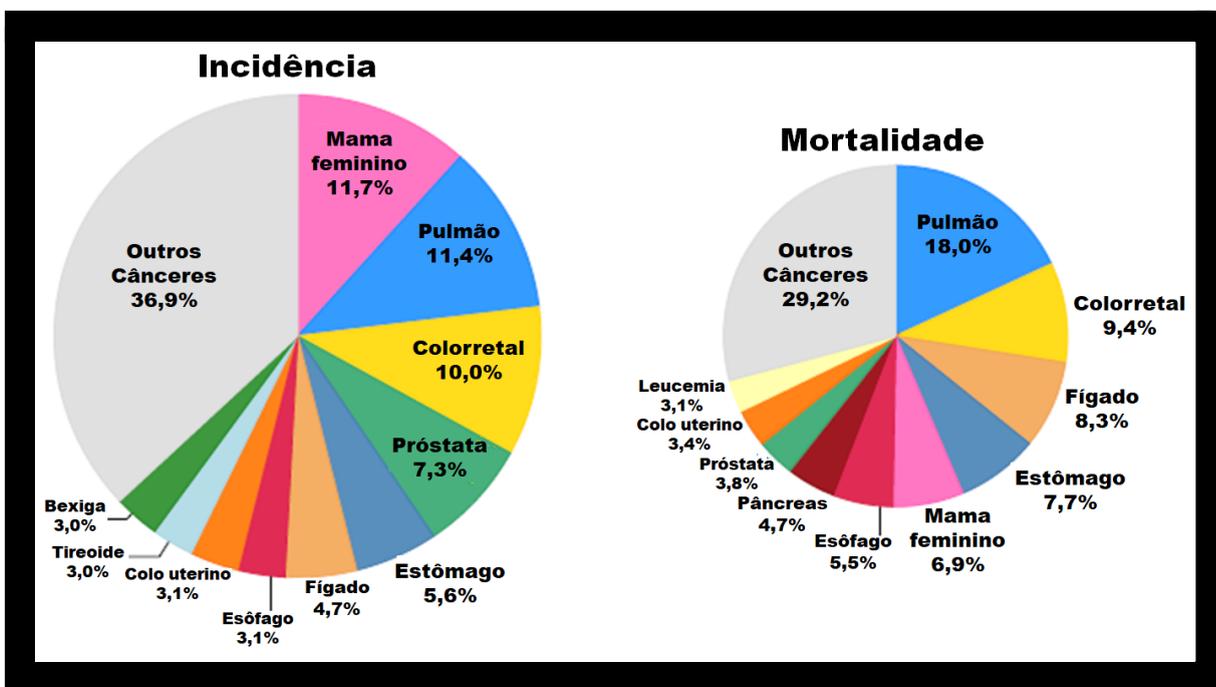
A análise morfométrica e de textura de cromatina tem sido empregada em estudos com diferentes tipos de câncer e outras doenças, com resultados promissores quanto às vantagens de sua utilização na discriminação de alterações nucleares. Apesar disso, é notável na literatura uma escassez de estudos que abordam o emprego desta técnica no CHC, necessitando uma maior investigação sobre a relevância de seu uso e possível incorporação na prática clínica.

## 2. REVISÃO DA LITERATURA

### 2.1 CARCINOMA HEPATOCELULAR (CHC)

#### 2.1.1 Epidemiologia

Estima-se que em 2020 o câncer hepático foi o sexto tipo neoplásico mais comumente diagnosticado e a terceira principal causa de morte por câncer em todo o mundo (Figura 1), com a ocorrência de 905.677 novos casos e 830.180 óbitos<sup>1</sup>.



**Figura 1.** Distribuição de casos e mortes para as 10 neoplasias mais comuns no mundo em 2020 em ambos os sexos e idades. Adaptada de Sung *et al.*, 2021<sup>1</sup>.

Na população brasileira, o câncer hepático aparece como a 11<sup>a</sup> neoplasia mais frequente com 12.674 novos casos em 2020 sendo a 7<sup>a</sup> causa de óbito com 12.139 mortes em 2020<sup>1</sup>. Dentre as neoplasias hepáticas, o CHC consiste no tipo histológico predominante, manifestando-se com características agressivas em mais

de 80% dos casos<sup>10</sup>.

O CHC dificilmente acomete indivíduos com idade inferior a 40 anos, atingindo seu ápice por volta dos 70 anos de idade<sup>3</sup>. Ele é normalmente duas vezes mais comum em homens do que em mulheres<sup>11</sup>. Contudo, em algumas localidades, a taxa se aproxima entre os sexos, mas os fatores de risco associados a essa incidência aumentada em mulheres ainda não foram identificados<sup>12</sup>. Sugere-se que a origem desta disparidade seja proveniente de diferenças comportamentais, ingestão de bebidas alcoólicas, reações imunológicas e epigenética<sup>13-15</sup>.

Nas últimas décadas houve grande avanço na compreensão de aspectos epidemiológicos, fatores de risco e desenvolvimento do CHC. Além disso, foram desenvolvidas diversas ações de prevenção, vigilância, detecção precoce, métodos diagnósticos e aprimoramento dos tratamentos disponíveis<sup>16</sup>.

### **2.1.2 Aspectos clínicos**

A sintomatologia do CHC é inespecífica, comumente presente somente em pacientes em estágio avançado e relacionada ao comprometimento da fisiologia hepática. Todavia, existe a possibilidade de ocorrência de sinais e sintomas como dor abdominal, massa abdominal palpável à direita, inapetência, distensão da parede abdominal, icterícia, ascite, perda de peso, mal-estar geral, sinais de encefalopatia hepática e hemorragia digestiva<sup>17,18</sup>.

A típica progressão do CHC envolve o aumento gradual do tumor primário até que este atinja tamanho suficiente para afetar a função hepática ou provocar metástases, principalmente pulmonares. A ocorrência do óbito é normalmente causada por diferentes fatores, que incluem: caquexia, hemorragia gastrointestinal

ou de varizes esofágicas, insuficiência hepática com coma hepático ou pela hemorragia provocada por ruptura do tumor<sup>19</sup>.

### **2.1.3 Diagnóstico e estadiamento**

Na maioria dos casos o diagnóstico do CHC é tardio, pois muitos pacientes possuem cirrose compensada concomitante ao CHC, fazendo com que este seja subdiagnosticado até que ocorra uma descompensação da função hepática ou encontre-se em um estágio avançado. Estima-se que em mais de 20% dos casos de CHC haja um quadro cirrótico não identificado previamente ao diagnóstico do CHC<sup>20</sup>.

No diagnóstico do CHC são consideradas características individuais como a severidade da cirrose hepática e o grau de malignidade do CHC, visto a forte relação entre as duas doenças<sup>21</sup>. O *Barcelona Clinic Liver Cancer (BCLC)* fundamenta-se na avaliação de parâmetros de caráter clínico, sendo considerado como padrão internacional no estadiamento do CHC<sup>18,22</sup>.

Já o Sistema Tamanho-Número-Metástase (TNM), fundamenta-se nas características do tumor, nos linfonodos e em prováveis metástases. Através dele torna-se possível enquadrar pacientes em categorias que apresentem similaridade de prognósticos entre seus integrantes, auxiliando assim na tomada de medidas terapêuticas<sup>23</sup>.

### **2.1.4 Etiologia**

A cirrose hepática segue como fator causal predominante na carcinogênese do CHC, independente da etiologia. Estima-se que 70-80% dos casos de CHC em

países ocidentais, inclusive o Brasil, ocorram em associação com a cirrose hepática decorrente da infecção crônica pelos vírus das hepatites B (VHB) e C (VHC)<sup>24,25</sup>.

Os portadores de VHB apresentam 10-25% de chance de desenvolverem CHC. A hepatocarcinogenicidade do VHB pode ser minimizada se tomadas medidas terapêuticas adequadas que levem à supressão viral, resultando na redução da ocorrência do CHC de 13,7% para 3,7%, com maior diminuição de risco encontrada em pacientes cirróticos<sup>26</sup>. Em infectados com VHC, há desenvolvimento de hepatite crônica em 80% dos pacientes, com cerca de 20% dos casos evoluindo para cirrose e CHC<sup>26</sup>.

Com o objetivo de avaliar a etiologia do CHC na população brasileira, um estudo demonstrou que houve o diagnóstico de cirrose em 98% dos casos, sendo o VHC o fator etiológico predominante. O VHC esteve presente em 54% da amostra, seguido do VHB (16%) e ingestão de álcool (14%). Nas regiões Sudeste e Sul, o VHC permanece como a principal causa de doença hepática, estando presente em cerca de 55% dos casos<sup>25</sup>.

Outro importante fator contribuinte é a ingestão excessiva de bebidas alcoólicas por provocar o acúmulo de gordura hepática, necro-inflamação, fibrose, cirrose e desnutrição<sup>27</sup>. O consumo de álcool em associação com a infecção pelo VHC atua de forma sinérgica, elevando a incidência de CHC entre 1,7 e 2,9 vezes quando comparado a ação sozinha do VHC<sup>28</sup>.

Podem contribuir ainda a contaminação de alimentos com aflatoxinas<sup>29</sup>, diabetes<sup>30</sup>, obesidade<sup>31</sup> e condições de ordem genética como a hemocromatose<sup>32</sup>. A esteato-hepatite não-alcoólica e a cirrose criptogênica também podem influenciar no desenvolvimento do CHC<sup>33</sup>.

### **2.1.5 Tratamento**

A tomada de decisões terapêuticas no tratamento do CHC é complexa, visto que necessita de uma avaliação criteriosa levando em consideração as características do tumor, a extensão da doença, as comorbidades do paciente e a disfunção hepática (com grande potencial exacerbação durante o tratamento)<sup>34</sup>.

Os principais tratamentos utilizados no CHC com propósito curativo incluem: ressecção cirúrgica, ablação por radiofrequência/microondas, quimioembolização transarterial, transplante hepático e, com menor frequência, a administração de quimioterapia sistêmica<sup>35</sup>.

### **2.1.6 Transplante Hepático**

Entre as principais medidas terapêuticas aplicadas ao tratamento do CHC, a realização do transplante hepático destaca-se pela elevada capacidade de remissão da doença, possibilitando que em um único procedimento cirúrgico seja removida tanto a massa tumoral quanto tecidos adjacentes comprometidos<sup>36</sup>. A efetividade da utilização do procedimento de transplante de fígado como medida terapêutica no tratamento do CHC em estágio inicial é comumente reconhecida. Seu êxito provém de numerosas modificações feitas desde a realização do transplante pioneiro no ano de 1963 até o atual momento<sup>37</sup>. A taxa de sobrevida é de 75% após 4 anos de realização do transplante hepático, se respeitados os critérios de Milão<sup>36</sup>.

Os critérios de Milão, utilizados desde 1996, determinam que o transplante hepático seja recomendado conforme o número e tamanho dos tumores. Se aplicados, apresentam associação com a diminuição da recidiva e sobrevida praticamente idêntica à de pacientes cirróticos sem CHC<sup>38</sup>.

Durante o processo de avaliação da elegibilidade de pacientes candidatos aos transplante hepático considera-se como forma de classificação da gravidade da doença a utilização de instrumentos como A Classificação de Child-Turcotte-Pugh (CTP) (Tabela 1) e o *Model for End-stage Liver Disease* (MELD) (Tabela 2)<sup>39,40</sup>. Ambos consistem em indicadores usados na alocação de candidatos ao transplante na fila de espera pelo órgão doado. São úteis na avaliação do prognóstico, sobrevida e óbito pós-transplante além de incluírem parâmetros relacionados à questão de qualidade de vida<sup>39</sup>. Para ambos os indicadores, valores elevados representam maior gravidade da doença<sup>39,40</sup>.

Todavia, apesar da criteriosa escolha dos pacientes para a realização do transplante hepático, estima-se que em 10-20% dos indivíduos pós-transplantados ocorra nova manifestação do CHC. A recidiva tumoral nesta fase consiste no fator de maior impacto sobre a sobrevida do paciente à longo prazo<sup>41-43</sup>.

Tabela 1. Critérios para Classificação de Child-Turcotte-Pugh e influência sobre a sobrevida

	<b>1 ponto</b>	<b>2 pontos</b>	<b>3 pontos</b>
Bilirrubina sérica (mg/dl)	<2,0	2,0-3,0	> 3,0
Encefalopatia	Nenhum	Mínimo	Coma avançado
Ascite	Nenhuma	Facilmente controlada	Mal controlada
Tempo de Protrombina ou RNI*	0-4 <1,7	4-6 1,7 – 2,3	>6 >2,3
Albumina sérica (g/dl)	> 3,5	3,0-3,5	< 3,0
	<b>Classe A</b>	<b>Classe B</b>	<b>Classe C</b>
Total de Pontos	5-6	7-9	10-15
Sobrevida em 1 ano	100%	81%	45%
Sobrevida em 2 anos	85%	57%	35%

\*RNI=Razão Normalizada Internacional. Fonte: Adaptada de Chedid *et al.*,2017.<sup>44</sup>

Tabela 2. Classificação conforme *Model for End-stage Liver Disease (MELD)*\*

<b>Total de pontos</b>	<b>Classificação mortalidade</b>
<b>40 ou mais</b>	100% de mortalidade
<b>30-39</b>	83% de mortalidade
<b>20-29</b>	76% de mortalidade
<b>10-19</b>	27% de mortalidade
<b>&lt;10</b>	4% de mortalidade

\* Fórmula: MELD= 9.57 log(creatina) + 3.78 log(bilirrubina total) + 11.2 log(RNI) + 6.43. Adaptada de Singal; Kamath, 2013.<sup>45</sup>

## 2.2 ASPECTOS FISIOPATOLÓGICOS E HISTOPATOLÓGICOS

### 2.2.1 Fisiopatogenia

O CHC costuma desenvolver-se mediante agravamento da cirrose hepática a partir de nódulos regenerativos submetidos a degeneração maligna<sup>17</sup>. O fígado em resposta a constantes agressões começa a desenvolver focos displásicos de pequenas e grandes células, sendo estes nódulos considerados as alterações precursoras na carcinogênese do CHC (Figura 2)<sup>46</sup>.

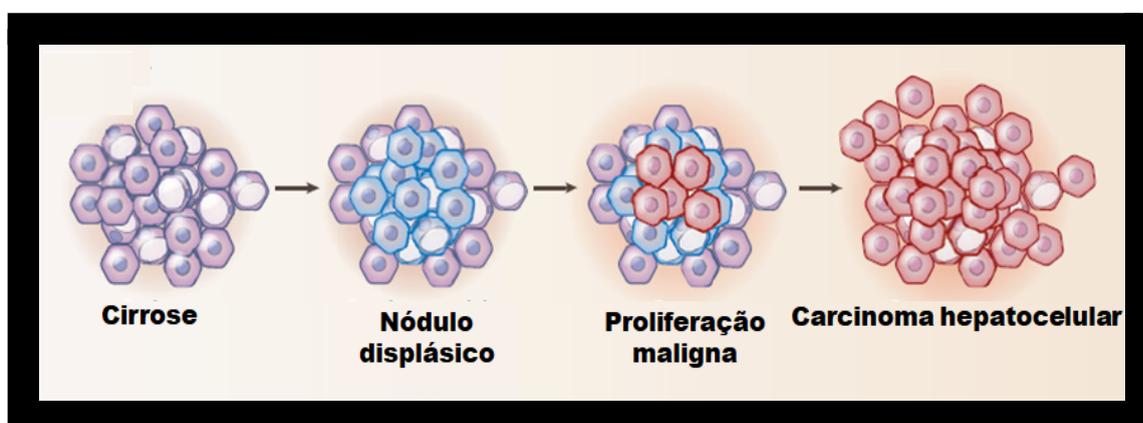


Figura 2. Fisiopatogenia do CHC. Modificações na proliferação celular no desenvolvimento do CHC. Adaptado de Villanueva, 2019.<sup>47</sup>

Alterações moleculares adicionais conferem às células displásicas vantagens na proliferação, invasão e sobrevivência celular, e terminam por completar a transição dos focos displásicos em massas tumorais de CHC<sup>48</sup>. O risco de transformação maligna de nódulos displásicos de baixo e alto grau é de 9% e 32%, respectivamente, elevando-se conforme a passagem do tempo<sup>49,50</sup>.

As células do CHC apresentam alterações somáticas no DNA, incluindo mutações e aberrações cromossômicas<sup>51</sup>. Os tipos mais frequentes de alterações moleculares presentes no CHC incluem:

- Perda da expressão da TP53: alterações em TP53 ocorrem em 30-60% dos casos de CHC, independentemente da etiologia envolvida. A proteína viral NS5A presente no VHC é conhecida por interagir e suprimir a TP53, causando desta forma a desregulação do ciclo celular e da apoptose e respostas celulares a estresses hipóxico, genotípico e relacionados à angiogênese tumoral<sup>53-55</sup>.

- Reativação da telomerase: por impedir o encurtamento dos telômeros, confere condição de imortalidade celular ao CHC<sup>56</sup>. Mutações no promotor da transcriptase reversa da telomerase (TERT) encontram-se entre as alterações genéticas de maior frequência no CHC, presentes em cerca de 60% dos casos. Elas já são evidenciadas ainda na fase de nódulos displásicos, sendo o promotor TERT um local comumente utilizado para a inserção do genoma do VHB<sup>51</sup>.

- Alterações nos padrões de metilação: metilação aberrante em regiões regulatórias promovem o silenciamento epigenético da expressão gênica<sup>55,57</sup>. A hipermetilação ocorre principalmente em genes supressores de tumores, como com o inibidor de quinase dependente de ciclina 2A (CDKN2A), E-caderina, BRCA1, fator de crescimento 2 de manose 6-fosfato semelhante à insulina (IGFR-II/MP6) e ciclooxigenase-2 (COX-2), resultando na redução da expressão com influências diretas sobre a carcinogênese e evolução tumoral<sup>55</sup>.

### **2.2.2 Histopatologia do CHC**

Apesar da heterogeneidade microscópica, o CHC caracteriza-se pela formação de trabéculas delimitadas através de espaços semelhantes a sinusóides. Conforme a organização mundial da saúde (OMS)<sup>58</sup>, são considerados três padrões histológicos (trabecular, pseudoglandular e cirroso), com predominância dos casos

de padrão trabecular<sup>56</sup>.

As características histológicas diferem conforme a graduação do CHC. O grau 1 apresenta tumor bem diferenciado, com delicada trabeculação, ocorre aumento da concentração de núcleos por área e uma maior relação núcleo-citoplasma, áreas de depósito de gordura e invasão dos espaços portais e parênquima adjacente. No grau 2 a estrutura trabecular é mantida, contendo principalmente estruturas acinares ou glandulares, com os núcleos já apresentando maior grau de atipia. Já no grau 3 ocorre potencialização da atipia nuclear, múltiplos nucléolos, áreas de arranjo trabecular e células gigantes. Por fim, no grau 4 assume um padrão sólido ou medular de crescimento, possuindo células não coesas e com formas e tamanhos bastante anormais<sup>56</sup>.

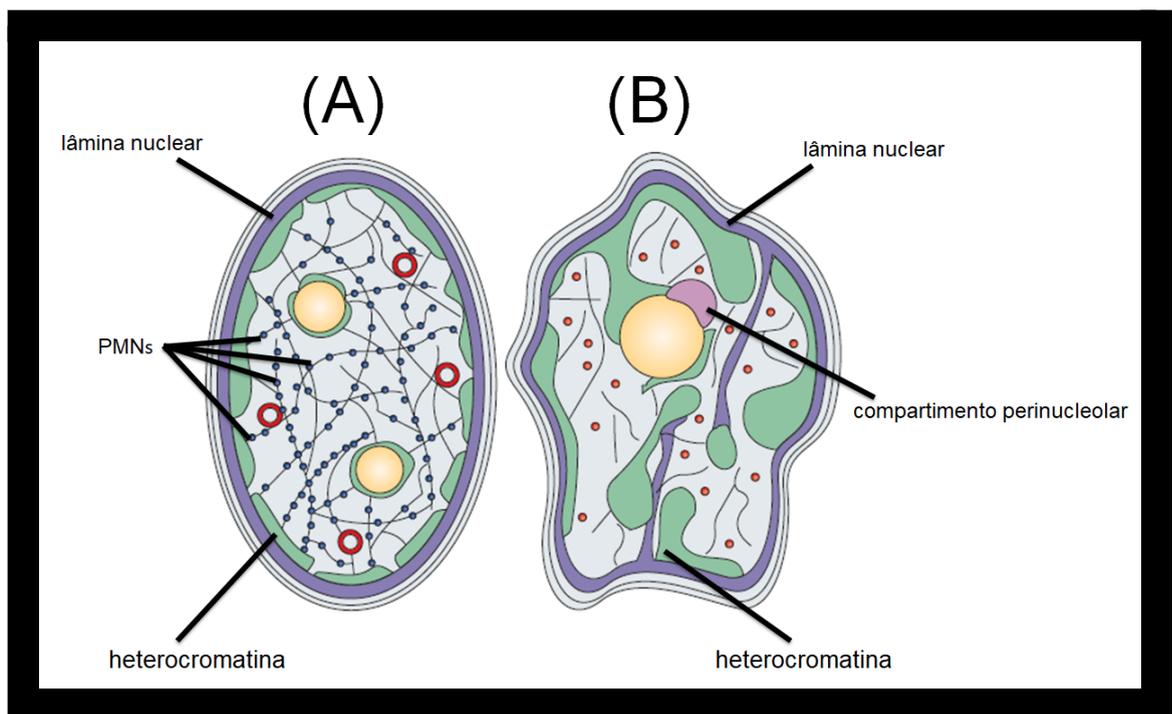
### **2.2.3 Alterações nucleares**

A desestruturação do arranjo espacial e de outros componentes nucleares são os principais desencadeadores das modificações na arquitetura nuclear de células neoplásicas, que as diferenciam de uma célula normal<sup>59</sup>. Mudanças no tamanho e forma nucleares foram associadas ao câncer, enquanto núcleos aumentados apresentaram maior poder metastático<sup>59-62</sup>. O desenvolvimento neoplásico, induz a alterações do DNA e na composição e distribuição de proteínas celulares histonas e não-histonas, acarretando alterações na distribuição da heterocromatina no núcleo<sup>63-65</sup>.

Estruturalmente os núcleos se tornam irregulares, devido às alterações na camada proteica que delimita a forma nuclear (lâmina nuclear). Em sua superfície interna, a lâmina se liga à cromatina e na maioria dos tipos de células a lâmina está

associada à heterocromatina. Modificações nessa organização laminar também provocam o aumento da compactação nuclear, e a formação de agregados de heterocromatina grosseiros que passam a ser frequentemente observados<sup>59</sup>.

Há o aparecimento do compartimento perinucleolar - um marcador de organização do genoma associado à metástase - e as proteínas localizadas na matriz nuclear (PMNs) são afetadas. A ausência das PMNs prejudica a formação de estruturas de sustentação da organização espacial de cromatina e o posicionamento de moléculas nucleares. Salienta-se que nem todas essas alterações são observadas simultaneamente em núcleos de células tumorais reais, diferentes anormalidades estão associadas a diferentes tipos de câncer. (Figura 3)<sup>59</sup>.



**Figura 3.** Estrutura nuclear em células normais e cancerosas. (A) Núcleo normal apresentando estrutura laminar regular, com organização da cromatina e presença de PMNs. (B) Núcleo tumoral com irregularidades na disposição da lâmina nuclear, desorganização da cromatina e ausência de PMNs. Compartilhamento perinuclear presente. (PMNs - proteínas de matriz nuclear). Adaptado de Zink *et al.*, 2004.<sup>59</sup>

## 2.3 MORFOMETRIA NUCLEAR

### 2.3.1 Definição

A morfometria conceitua-se como um método capaz de descrever dados de natureza quantitativa relacionados a área e formato de um determinado objeto, tanto em níveis microscópicos quanto macroscópicos<sup>9</sup>. Quando aplicada na análise de imagens histológicas, possibilita a obtenção de dados quantitativos de características das células, especialmente na região nuclear. Esses dados podem ser úteis para a distinção entre células normais de células com alterações patológicas, como as presentes em lesões malignas<sup>66,67</sup>.

A investigação de modificações morfométricas nucleares já foi realizada em diversos estudos em diferentes tipos de neoplasias, incluindo o CHC<sup>7,68,69</sup>, melanomas<sup>70</sup>, mama<sup>71</sup>, carcinomas de células escamosas do pulmão<sup>72</sup> e carcinoma basocelular<sup>73</sup>. Nestes estudos são constatadas diferenças significativas entre diferentes medidas morfométricas de núcleos de tecidos normais e as do tecido tumoral.

Nos últimos anos, a morfometria nuclear tem sofrido grandes avanços tecnológicos, aumentando o grau de precisão e eficácia. Desta forma, busca-se cada vez mais tornar a morfometria nuclear uma ferramenta útil que possa auxiliar o patologista no estabelecimento de diagnósticos e prognósticos de maneira menos baseada na subjetividade<sup>7</sup>. Recursos de análise de imagens (como o software ImageJ) têm sido aperfeiçoados constantemente com ajustes destinados a possibilitar uma melhor análise de estruturas biológicas, sendo bastante útil no processo de desenvolvimento da morfometria<sup>74</sup>.

Contudo, apesar de mostrar-se como um recurso tecnológico útil e que demanda baixos custos no contexto da patologia digital, sua utilização mantém-se

ainda bastante limitada a poucos ambientes, ficando restrita a atividades envolvendo a pesquisa científica<sup>75</sup>.

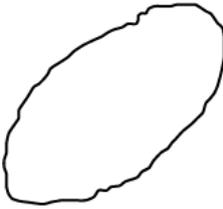
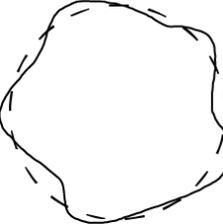
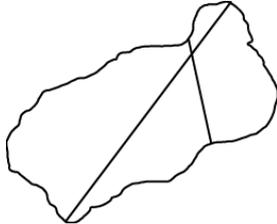
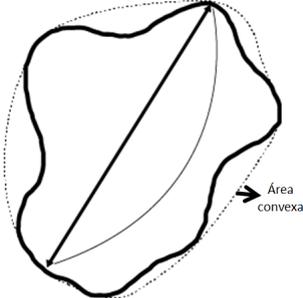
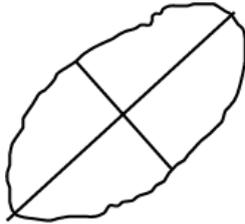
### **2.3.2 Medidas morfométricas de forma e tamanho nuclear**

A análise morfométrica possibilita a mensuração de diferentes parâmetros nucleares com particularidades distintas (Quadro 1). Através destes parâmetros, tornam-se possíveis a descrição e quantificação de características relacionadas à forma e tamanho nucleares, ambos considerados importantes componentes no diagnóstico patológico<sup>76</sup>. Alterações nucleares envolvendo modificações de seu formato e/ou tamanho são usadas na distinção entre as células normais e as afetadas por determinada doença, principalmente nos casos de neoplasias<sup>77</sup>.

Área, perímetro e circularidade são os parâmetros de maior utilização em estudos morfométricos, cujos resultados apontam a clara relação entre eles e as modificações internas e externas do núcleo<sup>78</sup>. Alterações nos valores mensurados destes parâmetros em diferentes estudos estiveram associados a diferenciação de células tumorais e células normais<sup>79-82</sup>, classificação histológica<sup>79,83-85,69</sup> e em relação com prognóstico<sup>86-88</sup>.

A aplicação da análise morfométrica com uso do diâmetro de Feret, solidez e razão de aspecto (Ra) também foram incorporadas gradualmente nos estudos. Estas medidas buscam estabelecer e quantificar relações angulares e lineares, refletindo valores referentes a irregularidades na forma e tamanho do núcleo (L) (A64). Foi demonstrado que alterações na medida destes parâmetros também estão associadas à diferenciação celular de massas tumorais<sup>89-93</sup>, à classificação histológica<sup>94</sup> e a definição de prognóstico<sup>95</sup>.

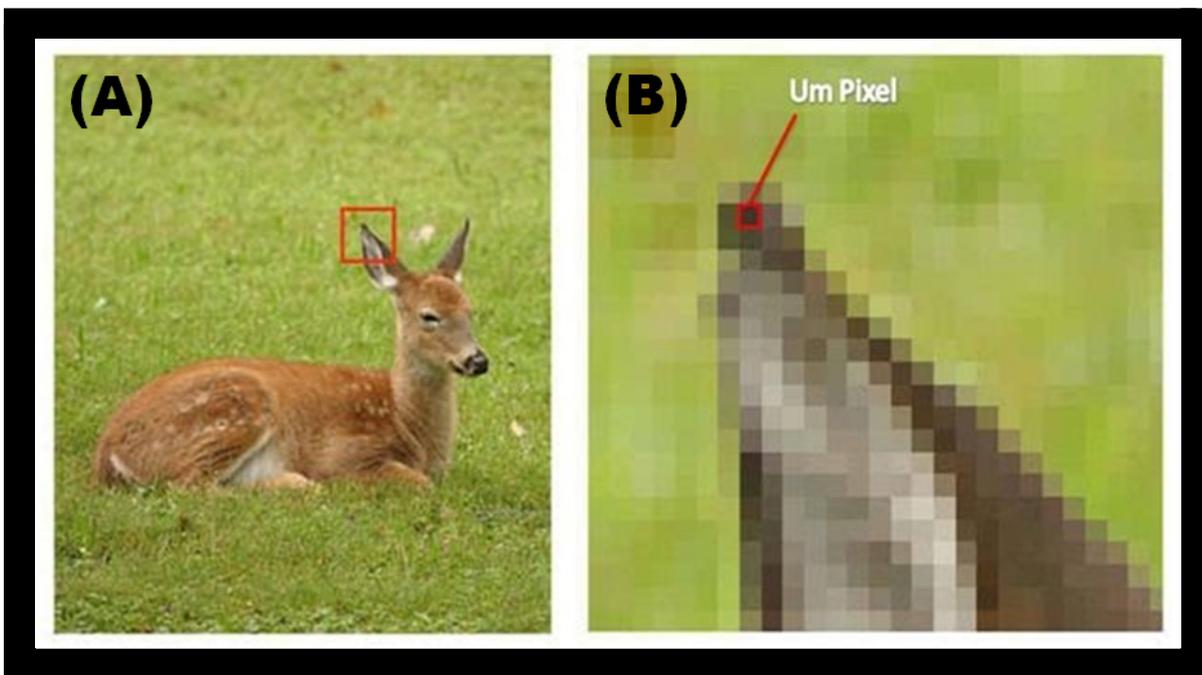
Quadro 1. Principais parâmetros morfométricos.

<b>Parâmetro</b>	<b>Definição</b>	<b>Função</b>	<b>Ilustração</b>
<b>Área</b>	área dentro do limite selecionado	Indica tamanho da partícula	
<b>Perímetro</b>	comprimento do exterior da área selecionada	Indica tamanho da partícula	
<b>Circularidade</b>  $4\pi$ (área/perímetro <sup>2</sup> )	relação entre área e perímetro	Indica o quanto a área projetada da partícula é similar ao círculo	
<b>Diâmetro de Feret</b>	distância entre duas linhas paralelas tangentes ao perímetro da partícula	Indica tamanho em partículas irregulares	
<b>Solidez</b>  Área/Área convexa	relação entre a área projetada pelo envoltório convexo da área	Indica quão compacta é a imagem da partícula	
<b>Razão de aspecto</b>  eixo menor/eixo maior	razão entre o eixo maior e o eixo menor	Indica quão alongada é a partícula	

Adaptada e modificada de (A1) Razavi *et al.*, 2020<sup>89</sup>.

### 2.3.3 Média de escala de cinza (MEC)

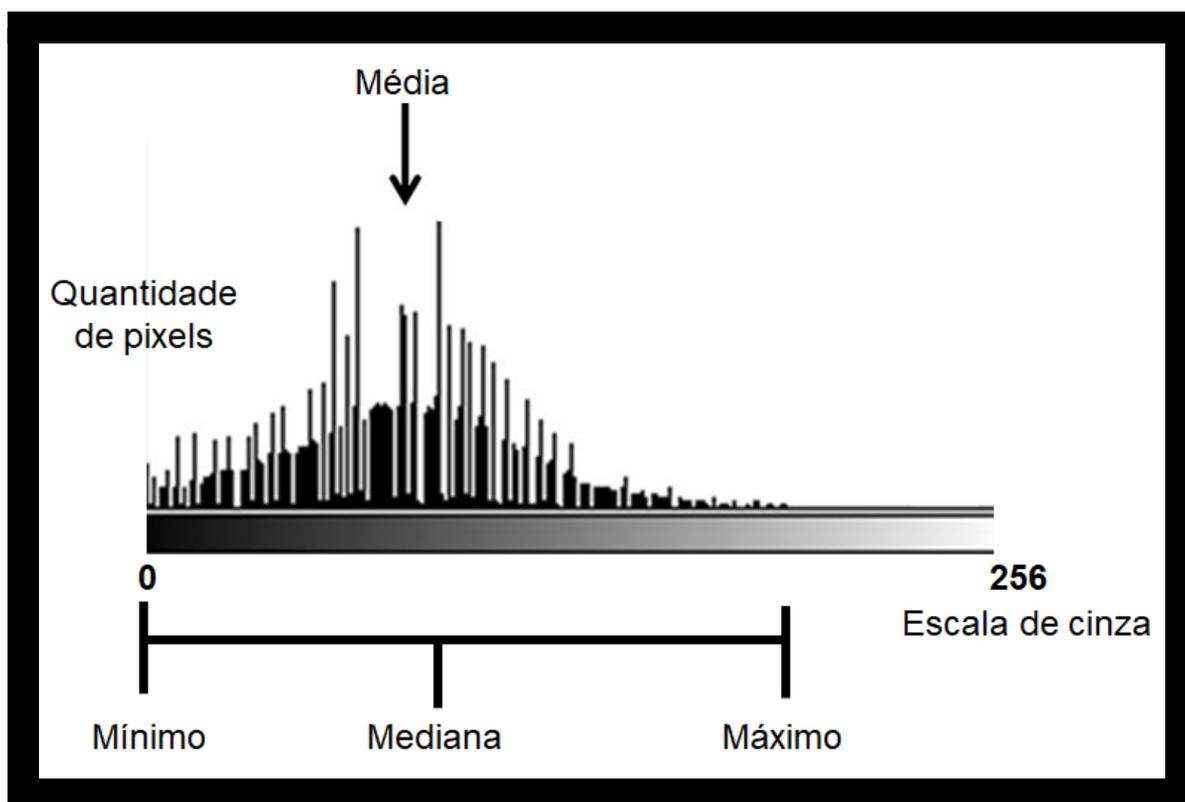
*Pixel* é a denominação atribuída à menor área retangular de um elemento da imagem (Figura 4). Cada pixel é constituído por diversas cores e, através da combinação dessas cores, é possível representar qualquer cor. Os recursos de análise de imagem realizam a seleção automática da tonalidade do *pixel* de maior predominância no núcleo e pixels de tons semelhantes, realizando a distinção e a quantificação desses tons<sup>75</sup>. Na análise digital costuma-se converter imagens histológicas coloridas em escala de cinza<sup>73</sup>.



**Figura 4.** Representação da visualização de um *pixel*. (A) Cena completa. (B) pequeno recorte da imagem ampliado diversas vezes. Estes “quadrinhos” que formam a imagem são os pixels, impossíveis de serem visualizados individualmente a olho nu quando estes se encontram em tamanho natural. Adaptado de Mendaçolli *et al.*,2015<sup>73</sup>. Fonte da imagem: banco de imagens internet.

A média de escala de cinza (MEC) corresponde ao valor médio da intensidade da coloração de cinza localizada no interior da região selecionada de

interesse. O valor é gerado através da soma dos valores de cinza obtidos dos pixels selecionados divididos pela quantidade total de pixels<sup>96</sup>. O intervalo de valores de cinza entre o valor mínimo e máximo é classificado em conformidade com no intervalo de 0 a 256 tons de cinza (Figura 5)<sup>96</sup>.



**Figura 5.** Medidas de dispersão na mensuração da MEC (média de escala de cinza). Adaptado de Matsumoto et al, 2015<sup>96</sup>.

## 2.2.4 Textura da cromatina

### 2.2.4.1 Fractalidade

Fractais consistem em estruturas auto-semelhantes, ou seja, que apresentam características semelhantes em diferentes ampliações<sup>97</sup>. Estruturas biológicas são geralmente compostas com base em formatos semelhantes,

entretanto, na maioria das vezes, existe influência de efeitos adicionais, ou seja, a estrutura constituída de partes menores é semelhante, mas não idêntica a toda a estrutura<sup>98</sup>. Na Figura 6 é visto um exemplo de um objeto natural que possui um padrão composto de ramificações em escalas diferentes, todavia, conforme a imagem é aproximada mantém-se em padrões semelhantes, mas não totalmente iguais<sup>98</sup>.

O princípio da organização fractal em diferentes níveis de arquitetura nuclear exerce influência regulatória sobre os genes e na interação dos genes e seus fatores de transcrição<sup>99</sup>.



Figura 6. Princípio da fractalidade. Uma cabeça de brócolis como exemplo de um objeto natural com características fractais em relação ao padrão de ramificação e ao relevo da superfície, que repetem seu padrão em diferentes escalas, mas com algumas imperfeições que são devido a influências adicionais que modificam a imagem ideal durante o crescimento. Ambas imagens em ampliação maior ilustram o limite da janela de escala, ou seja, o final do padrão de ramificação típico. Fonte: Metze *et al.*, 2019<sup>98</sup>.

#### 2.2.4.2 Textura da cromatina e dimensão fractal

Conceitua-se textura como a descrição da aparência genérica de parte de uma determinada imagem, sendo comumente categorizada como aparência macia, arenosa, regular, grosseira, granular, etc<sup>100</sup>. No contexto celular, a textura da cromatina nuclear está diretamente associada com a ocorrência de fenômenos epigenéticos, tais como a metilação ou modificação das proteínas histonas e não histonas, que modificam expressivamente a arquitetura nuclear típica de cada tipo de tecido<sup>101,102</sup>

A análise da textura da cromatina através da avaliação da dimensão fractal (DF) possibilita quantificação de características nucleares que não obedecem às regras da geometria Euclidiana, em que o valor da dimensão representa a dimensionalidade do espaço em que determinado está inserido<sup>103</sup>. A DF representa o nível de irregularidade existente em um fractal, ou seja, a proporção da quantidade de pixels presentes dentro de uma estrutura de formato irregular que repete-se inúmeras vezes na região nuclear<sup>103</sup>.

Para o cálculo da DF, o Box-counting é um dos mais utilizados. O algoritmo para este cálculo leva em consideração uma figura qualquer coberta por um conjunto de quadrados, e calcula o número de quadrados necessários para cobrir toda a figura que é representado por  $N(s)$ , sendo “s” a escala, ou seja, número de vezes que o lado da imagem será dividido<sup>104</sup>.

A utilização da DF como uma forma de estimar a textura da cromatina foi primeiramente sugerida por Takahashi<sup>105</sup> em 1989, predizendo que uma teoria baseada na fractalidade teria futura aplicabilidade em estudos de células neoplásicas<sup>98</sup>. A abordagem da DF hoje possui constante presença em pesquisas, especialmente naquelas envolvendo diferentes tipos de câncer, incluindo CHC<sup>106</sup>,

melanoma<sup>6</sup> e câncer oral<sup>107</sup>, nos quais medidas maiores de DF foram encontradas em células com transformação maligna.

Atualmente a DF tem sido abordada com recursos de análise de imagens que, além de quantificá-la, também possibilitam a reconstituição da textura da cromatina em níveis mais avançados, em formato 2,5 e 3D, facilitando uma melhor noção sobre suas características (Figura 7)<sup>98</sup>.

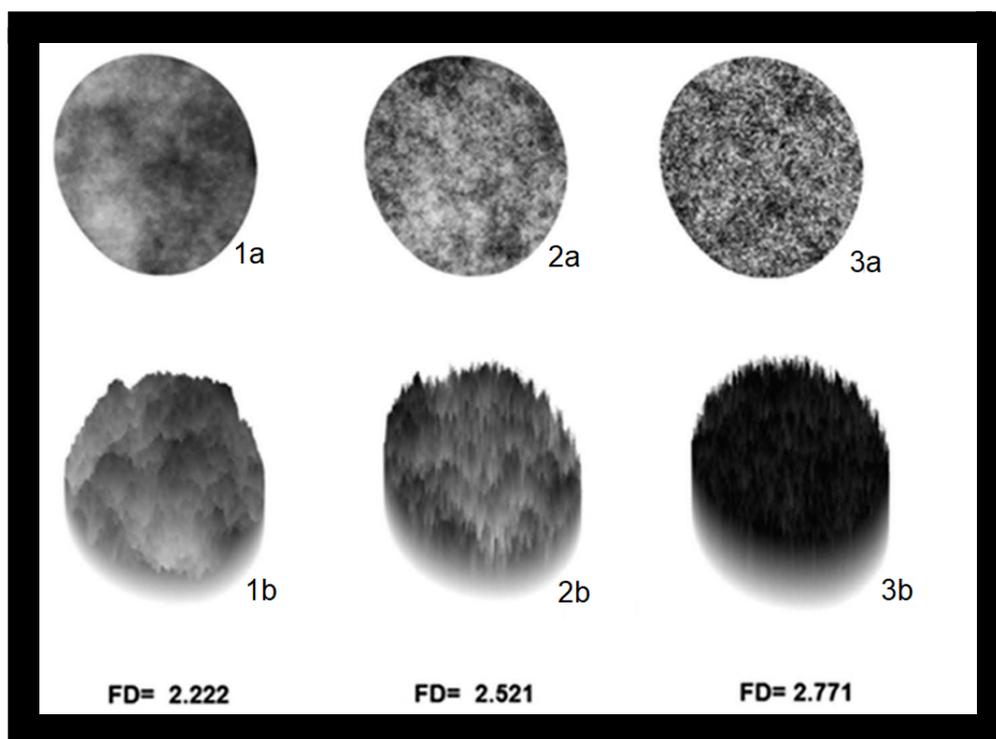


Figura 7. Textura de cromatina e dimensão fractal. Núcleos criados virtualmente representando 3 diferentes valores obtidos na análise da dimensão fractal (1a,2a,3a) e a sua respectiva reconstituição em modelos 2,5D da textura de cromatina (1b,2b,3b). Adaptado de Metze *et al.*,2019<sup>98</sup>.

## 2.4 TISSUE MICROARRAY

O *tissue microarray* (TMA) consiste numa técnica desenvolvida por Kononen *et al.* (1998)<sup>108</sup>, com vasta aceitação presente na literatura científica internacional. Baseia-se fundamentalmente no agrupamento de uma maior quantidade de

amostras de tecido em um único bloco de parafina, possibilitando a realização da análise de marcadores moleculares em grandes proporções<sup>109</sup>.

A utilização do TMA apresenta determinadas vantagens como economia de tempo e custos na aquisição de reagentes, tecidos histológicos e imunoglobulinas, além da padronização das reações e melhor compreensão dos resultados obtidos na comparação de casos do mesmo experimento, com a oportunidade de reprodução homóloga das reações e facilitação na realização de pesquisas proveniente do uso do bloco numa maior quantidade de estudos<sup>109,110</sup>. O TMA apresenta algumas desvantagens, que incluem a possível limitação da representatividade histológica (amostras diminutas) bem como perdas teciduais durante o transcorrer da execução da técnica<sup>111</sup>.

O TMA tem sido incorporado à análise de imagem. Bose *et al.* ao utilizarem o TMA na metodologia de seu estudo de análise de DF nuclear através de imagens de imunohistoquímica de fluorescência e análise quantitativa automatizada, obtiveram maior praticidade na realização das reações e otimização do tempo de captura das imagens (Figura 8)<sup>107</sup>.

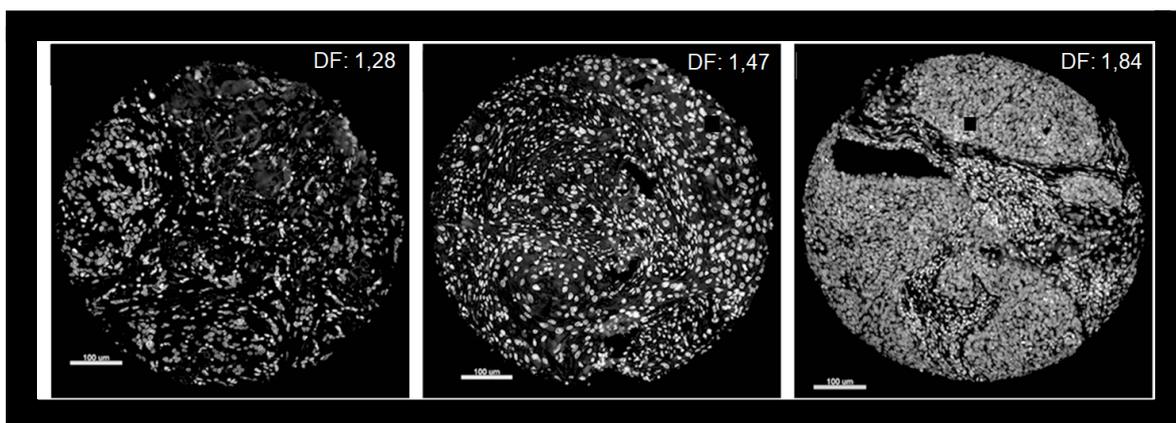


Figura 8. Uso do tissue *microarray* para análise de dimensão fractal (DF). Adaptado de Bose *et al.*, 2015<sup>107</sup>.

### **3. JUSTIFICATIVA**

A importância do presente estudo baseia-se em fomentar a literatura com achados sobre a aplicação da análise morfométrica e da textura de cromatina no CHC e, principalmente, estabelecer relações entre estas alterações nucleares com as características clínico-patológicas de pacientes transplantados, visando a validação e futuro emprego destas técnicas na prática clínica.

A escolha do transplante hepático como medida terapêutica no tratamento do CHC já é consolidada na literatura científica, constituindo-se num método já utilizado em cerca de 27% dos casos de CHC devido à alta taxa de remissão da doença<sup>36</sup>. Entretanto, ainda há uma falta de instrumentos que possam prever condições prognósticas do paciente no pós-transplante, a associação de características clínico-patológicas e os achados obtidos através da análise morfométrica e da textura de cromatina pode refletir numa maior capacidade de estabelecimento dessas previsões e contribuir para um melhor acompanhamento deste grupo de pacientes.

#### **4. QUESTÕES DE PESQUISA**

- Existem diferenças nas medidas morfométricas e de textura de cromatina entre amostras de carcinoma hepatocelular quando comparadas ao tecido adjacente não-neoplásico?
- Existe associação dessas diferenças com variáveis clínico-patológicas?

#### **5. HIPÓTESES**

- Há diferenças entre as amostras de carcinoma hepatocelular e as de tecido adjacente não-neoplásico quanto às medidas morfométricas e textura de cromatina.
- Há associação entre as medidas morfométricas e textura de cromatina com variáveis clínico-patológicas.

#### **6. OBJETIVOS**

##### **6.1 OBJETIVO GERAL**

- Identificar alterações na morfologia nuclear e na textura de cromatina em amostras de carcinoma hepatocelular de pacientes submetidos ao transplante hepático, bem como estabelecer relações destas com variáveis de importância clínica.

## 6.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Realizar a construção de blocos de *tissue microarray* (TMA) para reunir as amostras a serem avaliadas no estudo;
- Quantificar e comparar as alterações nos parâmetros morfométricos no tecido tumoral e tecido adjacente não-neoplásico;
- Relacionar as alterações nos parâmetros morfométricos às principais variáveis clínicas-patológicas dos pacientes transplantados (sexo, idade, número e tamanho dos tumores, grau nuclear, invasão vascular, óbito);
- Associar alterações nos parâmetros morfométricos à variáveis prognósticas (MELD, Child-Pugh, recorrência e sobrevida);
- Avaliar a sensibilidade e especificidade do método de avaliação digital através do software ImageJ na distinção entre núcleos de tecido tumoral e os de tecido adjacente não-neoplásico.

## CONCLUSÕES

A análise morfométrica realizada digitalmente mostrou-se efetiva em detectar e quantificar alterações na morfologia nuclear e da textura de cromatina em hepatócitos submetidos à transformação neoplásica.

Os principais achados do estudo são descritos abaixo:

1- A maioria dos parâmetros morfométricos mensurados (perímetro, circularidade, solidez, Ra e DF) apresentaram valores que diferiram entre as amostras de tecido de CHC em relação às de tecido adjacente não-neoplásico de forma significativa, corroborando com a nossa hipótese de que as alterações da morfometria nuclear poderiam ser quantificadas e evidenciadas na comparação entre os dois conjuntos de amostras teciduais analisadas.

2- Encontrou-se associação entre as medidas morfométricas e características clínicas incluindo aquelas relacionadas ao prognóstico de indivíduos transplantados por CHC: escores MELD mais baixos foram relacionados a uma MEC e diâmetro de Feret maiores. Medidas de Ra menores tiveram associação com a recorrência do CHC pós-transplante. E por fim, amostras de núcleos de maior tamanho (área) e diâmetro de Feret estiveram associadas com uma sobrevida pós-transplante inferior a 5 anos. Estabelecer associações entre características tumorais e a clínica é de extrema utilidade, considerando que podem auxiliar na definição de predições prognósticas, ainda escassas no CHC, principalmente em casos que envolvem o transplante hepático como forma de tratamento.

3- Foi possível o estabelecimento de “pontos de corte” de ao menos 2 dos parâmetros avaliados (perímetro e DF), achado relevante que contribui para tornar a análise morfométrica uma ferramenta no diagnóstico histopatológico com maior relevância prática.

## CONSIDERAÇÕES FINAIS E PERSPECTIVAS FUTURAS

No nosso conhecimento, este é o primeiro relato de emprego de técnicas de quantificação de alterações nucleares para a diferenciação entre núcleos de hepatócitos não-neoplásicos e os de CHC. Realizamos a morfometria nuclear em simples lâminas coradas com hematoxilina-eosina e desta forma estabelecemos critérios mais objetivos (quantitativos) de análise microscópica.

O estudo também foi capaz de apontar alguns parâmetros que estavam relacionados às variáveis clínico-patológicas do CHC. Nossos principais resultados referem-se aos escores MELD e sobrevida em 5 anos após o transplante de fígado, sugerindo que nosso método pode ser útil na avaliação do prognóstico dos pacientes. Além disso, os valores definidos pela curva ROC relacionados a DF são resultados não encontrados em outros estudos, constituindo outra principal novidade. Cabe ressaltar que a aplicabilidade destes resultados na prática clínica ainda carece de maior investigação e o olhar do patologista ainda permanece essencial para a determinação diagnóstica.

Outro diferencial do estudo foi estudar uma coorte de pacientes transplantados. Este é um grupo de indivíduos que ainda necessita ser foco de mais estudos que esclareçam a relação das características celulares envolvidas na transformação maligna com a predição de eventos e/ou condições pós-transplante que afetem o curso do tratamento.

Como perspectivas, caberia a continuação do trabalho para aumento do número de casos e a replicação da metodologia em amostras de outros tecidos. Por fim, durante o desenvolvimento da pesquisa foi realizada a padronização da construção de blocos de TMA junto à equipe da Unidade de Patologia Experimental do HCPA Situação que possibilita que outros estudos se beneficiem na aplicação do

método.

Enfim, conclui-se que houve êxito na execução do presente estudo, com a obtenção de resultados promissores, com potencialidade de incrementar a literatura científica quanto ao assunto abordado. Esperamos que o estudo seja referência para que novos pesquisadores desenvolvam trabalhos que corroborem nossos achados.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Sung H, Ferlay J, Siegel RL, Laversanne M, Soerjomataram I, Jemal A, Bray F. Global cancer statistics 2020: GLOBOCAN estimates of incidence and mortality worldwide for 36 cancers in 185 countries. **CA Cancer J Clin**. 2021 Feb 4;0:1-41.
2. Tang A, Hallouch O, Chernyak V, Kamaya A, Sirlin CB. Epidemiology of hepatocellular carcinoma: target population for surveillance and diagnosis. **Abdom Radiol (NY)**. 2018 Jan;43(1):13-25.
3. El-Serag HB. Hepatocellular carcinoma. **N Engl J Med**. 2011 Sep 22;365(12):1118-27.
4. Yang W, Tian R, Xue T. Nuclear shape descriptors by automated morphometry may distinguish aggressive variants of squamous cell carcinoma from relatively benign skin proliferative lesions: a pilot study. **Tumour Biol**. 2015 Aug;36(8):6125-31.
5. Cunha LL, Ferreira RC, de Matos PS, da Assumpção LV, Ward LS. Both gender and concurrent chronic lymphocytic thyroiditis may influence the nuclear texture of papillary thyroid carcinomas cells. **Endocr Res**. 2014;39(3):126-9.
6. Bedin V, Adam RL, de Sá BC, Landman G, Metzke K. Fractal dimension of chromatin is an independent prognostic factor for survival in melanoma. **BMC Cancer**. 2010 Jun 5;10:260. doi: 10.1186/1471-2407-10-260.
7. Fernández-Barrena MG, Arechederra M, Colyn L, Berasain C, Avila MA. Epigenetics in hepatocellular carcinoma development and therapy: The tip of the iceberg. **JHEP Rep**. 2020 Aug 7;2(6):100167.
8. Eynard HG, Soria EA, Cuestas E, Rovasio RA, Eynard AR. Assessment of colorectal cancer prognosis through nuclear morphometry. **J Surg Res**. 2009 Jun 15;154(2):345-8.
9. Nunes TW, Filippi-Chiela EC, Callegari-Jacques SM, da Silva VD, Sansonowicz T, Lenz G, Roehe AV. Nuclear morphometric analysis in tissue as an objective tool with potential use to improve melanoma staging. **Melanoma Res**. 2019 Oct;29(5):474-482.
10. INCA - Instituto Nacional de Câncer. **Estatísticas de câncer** [access in 2020 Dec 20]. Disponível em: <https://www.inca.gov.br/numeros-de-cancer>.
11. Lok AS, Seeff LB, Morgan TR, et al. Incidence of hepatocellular carcinoma and associated risk factors in hepatitis C-related advanced liver disease. **Gastroenterology** 2009;136:138-48.
12. Petrick, J.L., Braunlin, M., Laversanne, M. et al. International trends in liver cancer incidence, overall and by histologic subtype, 1978–2007. **Int J Cancer**. 2016;139(7):1534–45.
13. Papatheodoridis, G.V., Idilman, R., Dalekos, G.N. et al. The risk of hepatocellular carcinoma decreases after the first 5 years of entecavir or tenofovir in Caucasians with chronic hepatitis B. **Hepatology**. 2017;66(5):1444–53.
14. Franceschi, S., El-Serag, H.B., Forman, D., Newton, R., and Plummer, M. **Infectious agents, in Cancer Epidemiology and Prevention**, 4th edn. (eds. M. Thun, M.S. Linet, J.R. Cerhan, C.A. Haiman, and D. Schottenfeld), Oxford University Press, Oxford, 2017, p.446.
15. Yu, M.W., Yang, Y.C., Yang, S.Y. et al. Androgen receptor exon 1 CAG repeat length and risk of hepatocellular carcinoma in women. **Hepatology**. 2002;36(1):156–63.
16. Global Burden of Disease Cancer, C. et al. Global, regional, and national cancer incidence, mortality, years of life lost, years lived with disability, and disability- adjusted life- years for 32 cancer groups, 1990 to 2015: a systematic analysis for the global burden of disease study. **JAMA Oncol**. 2017;3:524–548.
17. Gomes MA, Priolli DG, Tralhão, JG, et al. Hepatocellular carcinoma: epidemiology, biology, diagnosis, and therapies. **Rev Assoc Med Bras**. 2013 Sept-Oct;59(5):514-524.
18. Bruix J, Sherman M; Practice Guidelines Committee, American Association for the Study of Liver Diseases. Management of hepatocellular carcinoma. **Hepatology**. 2005 Nov;42(5):1208-36.
19. Kumar V, Abbas AK, Aster JC. **Robbins and Cotran pathologic basis of disease**. 9<sup>a</sup>.ed. Canada: Elsevier, 2015.

20. Massarweh NN, El-Serag HB. Epidemiology of Hepatocellular Carcinoma and Intrahepatic Cholangiocarcinoma. **Cancer Control**. 2017 Jul-Sep;24(3):1073274817729245.
21. Vauthey JN, Lauwers GY, Esnaola NF, Do KA, Belghiti J, Mirza N, Curley SA, Ellis LM, Regimbeau JM, Rashid A, Cleary KR, Nagorney DM. Simplified staging for hepatocellular carcinoma. **J Clin Oncol**. 2002 Mar 15;20(6):1527-36.
22. Llovet JM, Brú C, Bruix J. Prognosis of hepatocellular carcinoma: the BCLC staging classification. **Semin Liver Dis**. 1999;19(3):329-38.
23. Judice LF, Mourad OA, Andrade, F. Estadiamento invasivo do mediastino no câncer de pulmão. **Pulmão RJ**. 2009, supl.4:S29-S32.
24. Balogh J, Victor D 3rd, Asham EH, Burroughs SG, Boktour M, Saharia A, Li X, Ghobrial RM, Monsour HP Jr. Hepatocellular carcinoma: a review. **J Hepatocell Carcinoma**. 2016 Oct 5;3:41-53.
25. CARRILHO FJ, Kikuchi L, Branco F, Gonçalves CS, Mattos AA. Clinical and epidemiological aspects of hepatocellular carcinoma in Brazil. **Clinics**. 2010;65(12):1285-90.
26. Balogh J, Victor D 3rd, Asham EH, Burroughs SG, Boktour M, Saharia A, Li X, Ghobrial RM, Monsour HP Jr. Hepatocellular carcinoma: a review. **J Hepatocell Carcinoma**. 2016 Oct 5;3:41-53.
27. Mazzanti R, Arena U, Tassi R. Hepatocellular carcinoma: Where are we? **World J Exp Med**. 20 Feb 2016;6(1):21-36.
28. Bray F, Ferlay J, Soerjomataram I, Siegel RL, Torre LA, Jemal A. Global cancer statistics 2018: GLOBOCAN estimates of incidence and mortality worldwide for 36 cancers in 185 countries. **CA Cancer J Clin**. 2018 Nov;68(6):394-424.
29. Magnussen A, Parsi MA. Aflatoxins, hepatocellular carcinoma and public health. **World J Gastroenterol**. 2013 Mar 14;19(10):1508-12.
30. Davila JA, Morgan RO, Shaib Y, McGlynn KA, El-Serag HB. Diabetes increases the risk of hepatocellular carcinoma in the United States: a population based case control study. **Gut**. 2005 Apr;54(4):533-9.
31. Larsson, S. C., & Wolk, A. . Overweight, obesity and risk of liver cancer: a meta-analysis of cohort studies. **British journal of cancer**. 2007;97(7):1005–08.
32. Harrison SA, Bacon BR. Relation of hemochromatosis with hepatocellular carcinoma: epidemiology, natural history, pathophysiology, screening, treatment, and prevention. **Med Clin North Am**. 2005 Mar;89(2):391-409.
33. Baffy G, Brunt EM, Caldwell SH. Hepatocellular carcinoma in non-alcoholic fatty liver disease: an emerging menace. **J Hepatol**. 2012 Jun;56(6):1384-91.
34. Serper M, Taddei TH, Mehta R, D'Addeo K, Dai F, Aytaman A, Baytarian M, Fox R, Hunt K, Goldberg DS, Valderrama A, Kaplan DE; VOCAL Study Group. Association of Provider Specialty and Multidisciplinary Care With Hepatocellular Carcinoma Treatment and Mortality. **Gastroenterology**. 2017 Jun;152(8):1954-1964.
35. Golabi P, Fazel S, Otgonsuren M, Sayiner M, Locklear CT, Younossi ZM. Mortality assessment of patients with hepatocellular carcinoma according to underlying disease and treatment modalities. **Medicine (Baltimore)**. 2017 Mar;96(9):e5904.
36. Mancuso A, Perricone G. Hepatocellular Carcinoma and Liver Transplantation: State of the Art. **J Clin Transl Hepatol**. 2014 Sep;2(3):176-81.
37. Nissen NN, Menon V, Bresee C, Tran TT, Annamalai A, Poordad F, Fair JH, Klein AS, Boland B, Colquhoun SD. Recurrent hepatocellular carcinoma after liver transplant: identifying the high-risk patient. **HPB (Oxford)**. 2011 Sep;13(9):626-32.
38. Mazzaferro V, Regalia E, Doci R, Andreola S, Pulvirenti A, Bozzetti F, Montalto F, Ammatuna M, Morabito A, Gennari L. Liver transplantation for the treatment of small hepatocellular carcinomas in patients with cirrhosis. **N Engl J Med**. 1996 Mar 14;334(11):693-9.
39. Aguiar MIF, Braga VAB, Almeida PC, Garcia JHP, Lima CA. Severity of liver disease and quality of life in liver transplantation. **Acta paul enferm**. 2016 Jan-Feb; 29(1):107-14.

40. Mariante-Neto G, Fleck AM, Brandão ABM. Liver transplant allocation in adults: advantages and disadvantages of the MELD score. *Clin Biomed Res*. 2014;34(4):342-46.
41. Vivarelli M, Cucchetti A, La Barba G, Ravaioli M, Del Gaudio M, Lauro A, Grazi GL, Pinna AD. Liver transplantation for hepatocellular carcinoma under calcineurin inhibitors: reassessment of risk factors for tumor recurrence. *Ann Surg*. 2008 Nov;248(5):857-62.
42. Bhangui P, Allard MA, Vibert E, Cherqui D, Pelletier G, Cunha AS, Guettier C, Vallee JC, Saliba F, Bismuth H, Samuel D, Castaing D, Adam R. Salvage Versus Primary Liver Transplantation for Early Hepatocellular Carcinoma: Do Both Strategies Yield Similar Outcomes? *Ann Surg*. 2016 Jul;264(1):155-63.
43. Fernandez-Sevilla E, Allard MA, Selten J, Golse N, Vibert E, Sa Cunha A, Cherqui D, Castaing D, Adam R. Recurrence of hepatocellular carcinoma after liver transplantation: Is there a place for resection? *Liver Transpl*. 2017 Apr;23(4):440-447.
44. Chedid MF, Krueel CRP, Pinto MA, Grezzana-Filho TJM, Leipnitz I, Krueel CDP, Scaffaro LA, Chedid AD. Hepatocellular carcinoma: diagnosis and operative management. *Arq Bras Cir Dig*. HEPATOCELLULAR CARCINOMA: DIAGNOSIS AND OPERATIVE MANAGEMENT. *Arq Bras Cir Dig*. 2017 Oct-Dec;30(4):272-278.
45. Singal AK, Kamath PS. Model for End-stage Liver Disease. *J Clin Exp Hepatol*. 2013 Mar;3(1):50-60.
46. Velosa J. Precursor Lesions of Liver Cancer. *J Port Gastroenterol*. 2011 Nov-Dec;18(6):285-297.
47. Villanueva A. Hepatocellular Carcinoma. *N Engl J Med*. 2019 Apr 11;380(15):1450-1462.
48. Torrecilla S, Sia D, Harrington AN, Zhang Z, Cabellos L, Cornella H, Moeini A, Camprecios G, Leow WQ, Fiel MI, Hao K, Bassaganyas L, Mahajan M, Thung SN, Villanueva A, Florman S, Schwartz ME, Llovet JM. Trunk mutational events present minimal intra- and inter-tumoral heterogeneity in hepatocellular carcinoma. *J Hepatol*. 2017 Dec;67(6):1222-1231.
49. Lavarone M, Piscaglia F, Vavassori S, Galassi M, Sangiovanni A, Venerandi L, Forzenigo LV, Golfieri R, Bolondi L, Colombo M. Contrast enhanced CT-scan to diagnose intrahepatic cholangiocarcinoma in patients with cirrhosis. *J Hepatol*. 2013 Jun;58(6):1188-93.
50. Di Tommaso L, Sangiovanni A, Borzio M, Park YN, Farinati F, Roncalli M. Advanced precancerous lesions in the liver. *Best Pract Res Clin Gastroenterol*. 2013 Apr;27(2):269-84.
51. Schulze K, Nault J-C, Villanueva A. Genetic profiling of hepatocellular carcinoma using next-generation sequencing. *J Hepatol*. 2016;65:1031-42.
52. Alqahtani A, Khan Z, Alloghbi A, Said Ahmed TS, Ashraf M, Hammouda DM. Hepatocellular Carcinoma: Molecular Mechanisms and Targeted Therapies. *Medicina (Kaunas)*. 2019 Aug 23;55(9):526.
53. Cha C, DeMatteo RP. Molecular mechanisms in hepatocellular carcinoma development. *Best Pract Res Clin Gastroenterol*. 2005;19:25-37.
54. Aravalli, RN, Steer CJ, Cressman ENK. Molecular mechanisms of hepatocellular carcinoma. *Hepatology*. 2008;48:2047-2063.
55. Farazi PA, DePinho RA. Hepatocellular carcinoma pathogenesis: from genes to environment. *Nat Rev Cancer*. 2006 Sep;6(9):674-87.
56. Brasileiro Filho G. *Bogliolo Patologia*. 9<sup>a</sup>.ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2017.
57. Bertino G, Demma S, Ardiri A, Proiti M, Gruttadauria S, Toro A, Malaguarnera G, Bertino N, Malaguarnera M, Malaguarnera M, Di Carlo I. Hepatocellular carcinoma: novel molecular targets in carcinogenesis for future therapies. *Biomed Res Int*. 2014;2014:203693.
58. WHO - World Health Organization. *Cancer* [access in 2021 Feb 26]. Available in: [https://www.who.int/health-topics/cancer#tab=tab\\_1](https://www.who.int/health-topics/cancer#tab=tab_1).
59. Zink D, Fischer AH, Nickerson JA. Nuclear structure in cancer cells. *Nat Rev Cancer*. 2004 Sep;4(9):677-87.
60. Edens LJ, White KH, Jevtic P, Li XY, Levy DL. Nuclear size regulation: from single cells to development and disease. *Trends Cell Biol*. 2013;23:151-159.

61. Chow KH, Factor RE, Ullman KS. The nuclear envelope environment and its cancer connections. *Nat Rev Cancer*. 2012;12:196–209.
62. Webster M, Witkin KL, Cohen-Fix O. Sizing up the nucleus: nuclear shape, size and nuclear-envelope assembly. *J Cell Sci*. 2009;122:1477–1486.
63. Ferreira RC, de Matos PS, Adam RL, Leite NJ, Metze K: Application of the Minkowski fractal dimension for the differential diagnosis in thyroid Follicular neoplasias. *Cellular Oncology*. 2006;28:5-6.
64. Adam RL, Silva RC, Pereira FG, Leite NJ, Lorand-Metze I, Metze K: The fractal dimension of nuclear chromatin as a prognostic factor in acute precursor B lymphoblastic leukemia. *Cell Oncol*. 2006;28(1-2):55-9.
65. Montironi R, Scarpelli M, Lopez-Beltran A, Mazzucchelli R, Alberts D, Ranger-Moore J, Bartels HG, Hamilton PW, Einspahr J, Bartels PH: Chromatin phenotype karyometry can predict recurrence in papillary urothelial neoplasms of low malignant potential. *Cell Oncol*. 2007;29(1):47-58.
66. Baak JP, Van Dop H, Kurver PH and Hermans J: The value of morphometry to classic prognosticators in breast cancer. *Cancer*. 1985;56:374-382.
67. van Diest PJ and Baak JP: The morphometric prognostic index is the strongest prognosticator in premenopausal lymph node-negative and lymph node-positive breast cancer patients. *Hum Pathol*. 1991;22:326-330.
68. Streba CT, Pirici D, Vere CC, Mogoantă L, Comănescu V, Rogoveanu I. Fractal analysis differentiation of nuclear and vascular patterns in hepatocellular carcinomas and hepatic metastasis. *Rom J Morphol Embryol*. 2011;52(3):845-54.
69. Xia R, Boroujeni AM, Shea S, Pan Y, Agrawal R, Yousefi E, Fiel MI, Haseeb MA, Gupta R. Diagnosis of Liver Neoplasms by Computational and Statistical Image Analysis. *Gastroenterology Res*. 2019 Dec;12(6):288-298.
70. Mijovic Z, Kostov M, Mihailovic D, Zivkovic N, Stojanovic M, Zdravkovic M. Correlation of nuclear morphometry of primary melanoma of the skin with clinicopathological parameters and expression of tumor suppressor proteins (p53 and p16(INK4a)) and bcl-2 oncoprotein. *J BUON*. 2013 Apr-Jun;18(2):471-6.
71. Bariani SR, Egami MI, Sakano CRSB, Gomes TS, Costa H, Oshima CTF. Nuclear morphometry with complementary technique in cytological grading of breast tumors cells. *Arq bras ciênc saúde*. 2010;35(3):202-7.
72. Nishihira M, Nakazato Y, Tsuchida S, Kuroda H, Imai Y, Chida M. Nuclear Morphometry of Lung Squamous Cell Carcinomas in Cytologic Study. *Ann Thorac Cardiovasc Surg*. 2018 Dec 20;24(6):303-307.
73. Mendaçolli PJ, Brianezi G, Schmitt JV, Marques MEA, Miot HA. Nuclear morphometry and chromatin textural characteristics of basal cell carcinoma. *Bras. Dermatol*. 2015;90(6):874-8.
74. O'Brien J, Hayder H, Peng C. Automated Quantification and Analysis of Cell Counting Procedures Using ImageJ Plugins. *J Vis Exp*. 2016 Nov 17;(117):54719.
75. Andrea CE; Bleggi-Torres LF; Alves MTS. Nuclear morphometric analysis: description of the methodology and the role of image-editing softwares. *J Bras Patol Med Lab*. 2008;44(1):51-57.
76. Kobayashi S, Saio M, Fukuda T, Kimura K, Hirato J, Oyama T. Image analysis of the nuclear characteristics of emerin protein and the correlation with nuclear grooves and intranuclear cytoplasmic inclusions in lung adenocarcinoma. *Oncol Rep*. 2019 Jan;41(1):133-142.
77. Chen B, Co C, Ho CC. Cell shape dependent regulation of nuclear morphology. *Biomaterials*. 2015 Oct;67:129-36.
78. Deacu M, Aşchie M, Boşoteanu M, Petcu L. Nuclear comparative morphometric study between DCIS and normal resting mammary gland tissue. *Rom J Morphol Embryol*. 2011;52(1 Suppl):303-8.
79. Kesarkar K, Tamgadge A, Peirera T, Tamgadge S, Gotmare S, Kamat P. Evaluation of Mitotic Figures and Cellular and Nuclear Morphometry of Various Histopathological Grades of Oral

- Squamous Cell Carcinoma: Comparative study using crystal violet and Feulgen stains. **Sultan Qaboos Univ Med J**. 2018 May;18(2):e149-e154.
80. Roche BAC, Gutiérrez MBG, Pérez RL, Rodríguez YR, de la Paz IT, Luna YA. A morphometric study of cell nuclei in renal cell carcinoma. **Medicent Electrón**. 2018;22(1):36-44.
  81. Poropatich K, Yang JC, Goyal R, Parini V, Yang XJ. Nuclear size measurement for distinguishing urothelial carcinomas from reactive urothelium on tissue sections. **Diagn Pathol**. 2016 Jun 30;11(1):57.
  82. Ohsaki H, Hirakawa E, Kagawa K, Nakamura M, Kiyomoto H, Haba R. Value of computer-assisted quantitative nuclear morphometry for differentiation of reactive renal tubular cells from low-grade urothelial carcinoma. **Cytopathology**. 2010 Oct;21(5):334-8.
  83. Sheela Devi CS, Suchitha S, Veerendrasagar RS. Evaluation of Nuclear Morphometry and Ki-67 Index in Clear Cell Renal Cell Carcinomas: a Five-Year Study. **Iran J Pathol**. 2017 Spring;12(2):150-157.
  84. Schöchlin M, Weissinger SE, Brandes AR, Herrmann M, Möller P, Lennerz JK. A nuclear circularity-based classifier for diagnostic distinction of desmoplastic from spindle cell melanoma in digitized histological images. **J Pathol Inform**. 2014;5(1):40.
  85. Chaurasia JK, Gupta V, Mayank V, Tiwari IR, Joshi D, Goel G, Kapoor N. Role of nuclear morphometry in diagnosis of salivary gland neoplasms. **Diagnostic Cytopathology**. 2020;48(12):1–13.
  86. Veltri RW, Christudass CS, Isharwal S. Nuclear morphometry, nucleomics and prostate cancer progression. **Asian J Androl**. 2012 May;14(3):375-84.
  87. Vedam VK, Boaz K, Natarajan S. Prognostic efficacy of nuclear morphometry at invasive front of oral squamous cell carcinoma: an image analysis microscopic study. **Anal Cell Pathol (Amst)**. 2014;2014:247853.
  88. Sabo E, Beck AH, Montgomery EA, Bhattacharya B, Meitner P, Wang JY, Resnick MB. Computerized morphometry as an aid in determining the grade of dysplasia and progression to adenocarcinoma in Barrett's esophagus. **Lab Invest**. 2006 Dec;86(12):1261-71.
  89. Razavi MA, Wong J, Akkera M, Shalaby M, Shalaby H, Sholl A, Haddad A, Behl P, Kandil E, Lee GS. Nuclear morphometry in indeterminate thyroid nodules. **Gland Surg**. 2020 Apr;9(2):238-244.
  90. Yang W, Tian R, Xue T. Nuclear shape descriptors by automated morphometry may distinguish aggressive variants of squamous cell carcinoma from relatively benign skin proliferative lesions: a pilot study. **Tumour Biol**. 2015 Aug;36(8):6125-31.
  91. Wen CH, Huang MS, Wang SL, Su YC, Yang SF, Chai CY. Diagnostic value of computerized nuclear morphometry for the prediction of malignancy in liver fine needle aspiration cytology. **Acta Cytol**. 2009 Jan-Feb;53(1):77-82.
  92. Parmar D, Sawke N, Sawke GK. Diagnostic application of computerised nuclear morphometric image analysis in fine needle aspirates of breast lesions. **Saudi J Health Sci**. 2015;4(1):51-55.
  93. Yang W, Tian R, Xue T. Nuclear shape descriptors by automated morphometry may distinguish aggressive variants of squamous cell carcinoma from relatively benign skin proliferative lesions: a pilot study. **Tumour Biol**. 2015 Aug;36(8):6125-31.
  94. Aggarwal, G., Singh, S., Marwah, S., Duhan, A., Mathur, S., Marwah, N., Sen, R. Morphometric Analysis in Breast Lesions A Rapid Conjoint to Intraoperative Imprint Smears. **Middle East Journal of Cancer**, 2012;3(1):1-8.
  95. Karino M, Nakatani E, Hideshima K, Nariai Y, Tsunematsu K, Ohira K, Kanno T, Asahina I, Kagimura T, Sekine J. Applicability of preoperative nuclear morphometry to evaluating risk for cervical lymph node metastasis in oral squamous cell carcinoma. **PLoS One**. 2014 Dec 30;9(12):e116452.
  96. Matsumoto N, Ogawa M, Takayasu K, Hirayama M, Miura T, Shiozawa K, Abe M, Nakagawara H, Moriyama M, Udagawa S. Quantitative sonographic image analysis for hepatic nodules: a pilot study. **J Med Ultrason**. 2015 Oct;42(4):505-12.

97. Bedin V, Adam RL, de Sá BC, Landman G, Metze K. Fractal dimension of chromatin is an independent prognostic factor for survival in melanoma. **BMC Cancer**. 2010 Jun 5;10:260.
98. Metze K, Adam R, Florindo JB. The fractal dimension of chromatin - a potential molecular marker for carcinogenesis, tumor progression and prognosis. **Expert Rev Mol Diagn**. 2019 Apr;19(4):299-312.
99. Ghorbani M, Jonckheere EA, Bogdan P. Gene expression is not random: scaling, long-range cross-dependence, and fractal characteristics of gene regulatory networks. **Front Physiol**. 2018;22(9):1446.
100. Haralick RM. Textural features for image classification. **IEE Transactions on systems, man and cybernetics**. 1973.3:610-21.
101. Cremer T, Albiez H, Bolzer A, Kohler D, Kupper K, Stefan M et al. From chromosome territories to a functional nuclear architecture. **Cellular Oncology**. 2005;27:105-6.
102. Gilbert N. Chromatin architecture of the human genome. **Cellular Oncology**. 2005; 27:106-7.
103. Brigham EO. **The Fast Fourier Transform**. 2<sup>o</sup>.ed. New Jersey: Prentice Hall, 1998.
104. Burger W, Burge MJ. **Principles of Digital Image Processing**. 1<sup>a</sup>.ed. UK: Springer, 2009.
105. Takahashi M. A fractal model of chromosomes and chromosomal DNA replication. **J Theor Biol**. 1989;141:117–136.
106. Atupelage C, Nagahashi H, Kimura F, Yamaguchi M, Tokiya A, Hashiguchi A, Sakamoto M. Computational hepatocellular carcinoma tumor grading based on cell nuclei classification. **J Med Imaging (Bellingham)**. 2014 Oct;1(3):034501.
107. Bose P, Brockton NT, Guggisberg K, Guggisberg K, Nakoneshny SC, Kornaga E, Klimowicz AC, Tambasco M, Dort JC. Fractal analysis of nuclear histology integrates tumor and stromal features into a single prognostic factor of the oral cancer microenvironment. **BMC Cancer**. 2015; 15:409.
108. Kononen J, Bubendorf L, Kallioniemi A, Bärklund M, Schraml P, Leighton S, Torhorst J, Mihatsch MJ, Sauter G, Kallioniemi OP. Tissue microarrays for high-throughput molecular profiling of tumor specimens. **Nat Med**. 1998 Jul;4(7):844-7.
109. Andrade VP, Cunha IW, Silva EM, Ayala F, Sato Y, Ferreira SS, Nascimento CF, Soares FA. Tissue microarrays: high throughput and low cost available for pathologists. **J Bras Patol Med Lab**. 2007;43(1):55-60.
110. Wan WH, Fortuna MB, Furmanski P. A rapid and efficient method for testing immunohistochemical reactivity of monoclonal antibodies against multiple tissue samples simultaneously. **J Immunol Methods**. 1987 Oct 23;103(1):121-9.
111. Almeida JS, Costa HO, Lima FO, Pinheiro Jr. N, Oshima CTF, Gomes TS, Franco M. Loss of tissue samples in the tissue microarray: comparison between techniques using commercial adhesive tape, silane-coated microslides by the conventional method and by a modified technique. **Bras Patol Med Lab**. 2008;44(5):359-365.

## **ANEXO A - Atestado para defesa**

### ATESTADO

Na qualidade de professora orientadora do aluno Jordan Boeira dos Santos atestando que a dissertação tem condições de ser submetida à banca examinadora e que o pós graduando obteve todos os créditos necessários e demais exigências do nível, exigidas pelo PPG.

Porto Alegre, 09 de março de 2021.



---

Professora orientadora

## **ANEXO B - Carta do orientador**

### CARTA DO ORIENTADOR

Declaro que revisei a versão final da dissertação “Análise da morfometria nuclear e textura da cromatina de amostras de carcinoma hepatocelular de pacientes transplantados hepáticos”, de autoria do mestrando Jordan Boeira dos Santos, tendo constatado que foram feitas as correções sugeridas pela Banca Examinadora, estando apta ao registro da Biblioteca da FAMED em consonância com as normas exigidas por esse PPG.

Porto Alegre, 14 de abril de 2021.



---

Professora orientadora