

CURSO DE CIÊNCIA DA COMPUTAÇÃO – TCC		
() PRÉ-PROJETO	(X) PROJETO	ANO/SEMESTRE: 2021.1

ANÁLISE MORFOMÉTRICA EM IMAGENS DE CINTILOGRAFIA RENAL

Gabriel da Silva Bernardi

Prof. Aurélio Faustino Hoppe – Orientador

1 INTRODUÇÃO

Sousa, Pereira e Motta (2019) destacam que a Doença Renal Crônica (DRC) está se tornando uma doença problemática devido ao grande crescimento de casos registrados anualmente em pacientes que fazem o tratamento hemodialítico, gerando muitos casos de mortalidade até mesmo devido aos prognósticos ruins e aos custos altíssimos do tratamento. Ainda segundo os autores, no Brasil estima-se que aproximadamente 100.400 realizam o tratamento dialítico, sendo que 62,6% têm entre 19 e 64 anos, tendo em 2013, uma taxa de mortalidade de 17,9% de pacientes em diálise. Sobretudo, nota-se que quanto mais eficiente e rápida a análise de pacientes com problemas renais, menos riscos eles correm.

Segundo Bastos e Kirsztajn (2011), o tratamento da insuficiência renal crônica é baseado em 3 pilares: diagnóstico precoce, encaminhamento imediato para tratamento nefrológico e implementação de medidas para preservar a função renal. Os autores também afirmam que para se otimizar os cuidados ao paciente com DRC, deve-se realizar um diagnóstico precoce. No entanto, mencionam que a ausência de sintomas nos pacientes nos estágios iniciais exige que os médicos mantenham sempre um nível adequado de suspeita, principalmente em pacientes com fatores de risco. Uma das características importantes para o diagnóstico do DRC está na alteração funcional da Taxa de Filtração Glomerular (TFG). A TFG é compreendida pelos médicos e pacientes, pois ela está relacionada a capacidade dos rins de eliminar substâncias do sangue.

Para Bastos e Kirsztajn (2011), o encaminhamento precoce para tratamento nefrológico é o segundo pilar do tratamento da insuficiência renal crônica. ~~Eles~~ Os autores citam que, em estudos realizados com pacientes ~~que haviam sido~~ encaminhados precocemente ao nefrologista, com período ≥ 16 semanas antes do início da diálise, os mesmos passavam menos tempo no hospital após o procedimento ser iniciado, tinham menor probabilidade de precisar de diálise de urgência, melhor controle arterial e menos edema agudo de pulmão em relação aos pacientes com encaminhamento tardio.

Bastos e Kirsztajn (2011) também explicam que o terceiro pilar (implementação de medidas para preservar a função renal), trata-se também de agir precocemente para estabilizar a progressão do DRC e prevenir a ocorrência da Doença Renal em Estágio Terminal (DRET). Os autores apontam que fatores clínicos como a idade, sexo, diabetes, hipertensão, proteinúria, anemia, complicações metabólicas, obesidade, tabagismo e dislipidemia são agravantes para a progressão da DRC, assim como tendências familiares, logo, é imperativo que os nefrologistas e médicos tenham atenção primária a esses pacientes.

Segundo Narciso (2014), a cintilografia renal é um exame da Medicina Nuclear utilizado para avaliar a função do rim. Tanto características qualitativas como quantitativas das imagens são utilizadas em diagnóstico médico. Um dos dados quantitativos obtidos de imagens renográficas com dinâmicas é a curva de atividade em função do tempo para cada rim (renograma), porém, erros na metodologia da avaliação dos renogramas ou no cálculo da função renal relativa podem gerar equívocos no diagnóstico.

Narciso (2014) também destaca que usualmente os fabricantes dos equipamentos disponibilizam softwares proprietários para determinação automática ou semiautomática dos renogramas e da função renal relativa. No entanto, tais programas permitem pequena flexibilidade na variação de parâmetros e utilizam usualmente métodos manuais de delimitação dos rins e região de fundo, gerando resultados com grande variabilidade e subjetividade.

Diante deste contexto, este trabalho visa implementar um protótipo para a análise morfométrica de imagens de cintilografia renal e, que ela seja realizada de forma rápida e que tenha a menor margem de erro possível nas avaliações das funções renais.

1.1 OBJETIVOS

O objetivo deste trabalho é disponibilizar um protótipo que faça a análise morfométrica de imagens de cintilografia renal.

Os objetivos específicos são:

- identificar o método de segmentação de imagens de cintilografia mais adequado para a seleção dos rins e geração dos dados quantitativos;
- reduzir a margem de subjetividade na delimitação dos rins e região de fundo;
- estabelecer numericamente o valor da função renal relativa.

Comentado [AS1]: Escreva por extenso

Comentado [AS2]: Frase longa. Está confuso. Dividir em 2.

2 TRABALHOS CORRELATOS

Neste capítulo são apresentados trabalhos com características semelhantes aos principais objetivos do estudo proposto. A seção 2.1 detalha o trabalho de Cruz (2018), na qual teve como objetivo fazer uma avaliação automática do esvaziamento gástrico utilizando Análise de Componentes Principais bidimensional com imagens de cintilografia. Na seção 2.2 é descrito o trabalho de Marcuzzo (2007), no qual através de imagens de cintilografia renal, propôs medidas quantitativas que refletem impressões visuais comumente observadas por especialistas, buscando reduzir a subjetividade e a variabilidade da interpretação dos diagnósticos. Por fim, a seção 2.3 apresenta o trabalho de Onusic (2016), no qual objetivava avaliar o uso de imagens planas SPECT/CT com DMSA-99mTc para a quantificação da função renal relativa e absoluta AF.

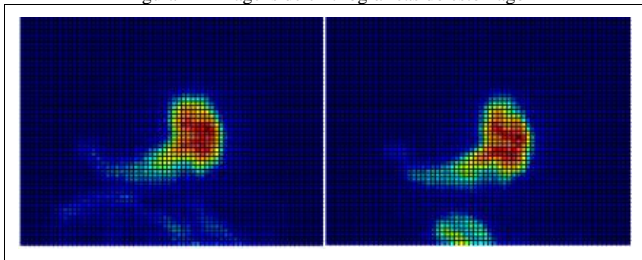
2.1 ANÁLISE DE COMPONENTES PRINCIPAIS NA AVALIAÇÃO DA MOTILIDADE GÁSTRICA POR CINTILOGRAFIA

Cruz (2018) explica que as motilidades gastrointestinais podem ser resultantes de uma acomodação gástrica inadequada, ressaltando que técnicas para verificação por imagens de cintilografia, limitam-se na realização de uma avaliação visual. A partir disso, ~~Cruz (2018)~~o autor propôs avaliar automaticamente o esvaziamento gástrico utilizando Análise de Componentes Principais Bidimensionais juntamente com técnicas para limpar, identificar região de interesse de forma automática e avaliar a velocidade da digestão dos indivíduos através de imagens.

De acordo com Cruz (2018), para analisar as informações, tornou-se necessário aplicar novas metodologias de dados superdimensionados. Geralmente são aplicadas duas técnicas: Mineração de dados e o Aprendizado Estatístico. Porém, Cruz (2018) optou pela utilização da Análise de Componentes Principais, que é uma técnica aplicada em dados superdimensionados, assim como para análise de imagens. Além disso, a autora também utilizou algumas variantes da técnica, sendo elas a Análise de Componentes Principais, Análise de Componentes Principais Esparsas e Análise de Componentes Principais Bidimensional (2DPCA).

Segundo Cruz (2018), utilizou-se o formato Digital Imaging and COmmunications in Medicine (DICOM) para armazenar e compartilhar informações médicas. A base de dados é composta por imagens cintilográficas do estômago. As imagens foram obtidas por meio do radiofármaco Tc-99m colocado no alimento para servir de contraste nas imagens obtidas pelo equipamento médico. Para avaliar a motilidade gástrica, Cruz (2018) pegou 512 frames da imagem durante um intervalo de tempo da ingestão e dividiu em dois grupos, cada um com 256 frames, para ajudar na visualização das informações contidas. A Figura 1 apresenta exemplos de imagens de cintilográficas do estômago capturadas.

Figura 1 – Imagens de cintilográficas do estômago



Fonte: Cruz (2018).

De acordo com Cruz (2018), inicialmente realiza-se a limpeza da imagem para eliminar os pontos que não são relevantes. Para isso, a autora subdividiu as 512 imagens de cada ponto no tempo em dois grupos, ou seja, dois grupos com 256 imagens. Posteriormente, calculou-se a mediana em cada grupo. Também foi necessário identificar a região de interesse pois as imagens de cintilografia acabam captando informações sobre áreas próximas ao estômago. Cruz (2018) também precisou verificar qual a velocidade de digestão e, para isso, utilizou a Análise de Componentes Principais Bidimensional, no qual foram obtidos dados capazes de explicar 95% da variabilidade contida nas imagens medianas em cada ponto no tempo e para cada indivíduo.

Cruz (2018), explica que a análise das imagens cintilográficas do estômago foi coletada de 6 indivíduos com o objetivo de avaliar a motilidade gástrica. A autora também menciona que foi possível observar que 4 indivíduos conseguiram digerir o alimento no período de acompanhamento e, 3 deles apresentaram um esvaziamento gástrico mais rápido que os demais.

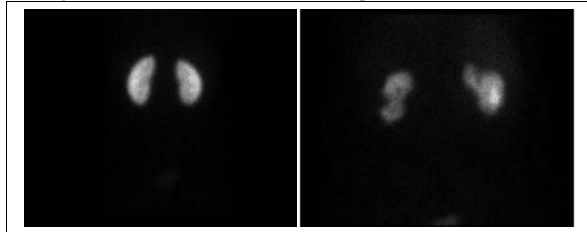
Comentado [AS3]: Você pode colocar o nome do autor no final do parágrafo em alguns parágrafos, para não ficar muito repetitivo.
Veja isso para os demais correlatos.

Por fim, Cruz (2018) conclui que as técnicas utilizadas foram válidas para a avaliação da motilidade gástrica, visto que atualmente o processo para realizar seu estudo acaba se tornando complicado. A autora também destaca que os resultados obtidos precisariam ser verificados por um técnico da área.

2.2 QUANTIFICAÇÃO DE IMPRESSÕES DIAGNÓSTICAS DE CINTILOGRAFIA RENAL

Marcuzzo (2007) aborda a subjetividade na avaliação visual e a significativa variação de interpretações entre diferentes especialistas a partir das imagens coletadas através da cintilografia renal. A autora explica que os aspectos de observação possuem terminologias que podem qualificar o diagnóstico, porém não o quantificam. Marcuzzo (2007) também quantificou as impressões diagnósticas em imagens de cintilografia renal, na qual realiza um processo para obter as feições destas imagens. As imagens utilizadas foram de cintilografia renal estática, na qual os rins aparecem como regiões claras e um fundo escuro, conforme mostra a Figura 2.

Figura 2 – Imagens de Rins com formas usuais (a esquerda) e não formas usuais (a direita)

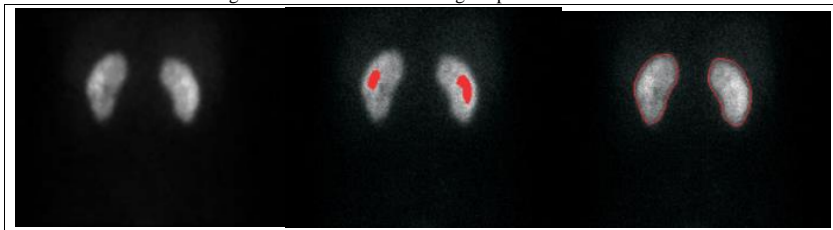


Fonte: Marcuzzo (2007).

Segundo Marcuzzo (2007), as imagens foram fornecidas no formato DICOM e os dados pessoais de cada diagnóstico não foram utilizados. Segundo a autora, a primeira etapa para extração das feições das imagens de cintilografia renal consiste em separar a região dos rins do fundo da imagem. Ela testou alguns métodos como detecção de bordas, limiarização e *watersheds*, e inclusive um método desenvolvido por Sbeh *et al.* (2001), porém as técnicas mencionadas não foram eficientes em sua aplicação, fazendo com que a mesma optasse pelo desenvolvimento de uma técnica de segmentação. Segundo a autora, inicialmente é preciso reduzir o ruído e tornar as regiões dos rins um pouco mais homogêneas para que a segmentação não seja influenciada por oscilações que pertencem naturalmente ao interior do rim. As regiões mais escuras presentes no interior do rim devem ser removidas para que elas não sejam interpretadas como fundo da imagem. A partir disso, *Marcuzzo (2007)* ~~removiu~~ foram removidos os ruídos e preencheu os “buracos” que ficaram cercados pelas regiões mais claras com a mesma intensidade.

Para remover os “buracos”, de acordo com Marcuzzo (2007) foi utilizada a técnica de reconstrução morfológica (reconstrução em níveis de cinza). Após remover os buracos, aplicou-se o filtro Gaussiano G de desvio de padrão para tornar a imagem mais homogênea, assim removendo ruídos. Posteriormente, executou-se a técnica de fechamento em níveis de cinza para eliminar vales inferiores ao tamanho do elemento estruturante, conectando picos próximos. A autora destaca que, dependendo da imagem (formato e elemento estruturante utilizado), ela pode ainda ser marcada, e para suavizá-la, aplicou-se novamente uma máscara Gaussiana. Então, a operação h-máximo estendida foi utilizada para determinar as localizações de pontos que correspondem às regiões mais claras do rim, aplicando uma limiarização para transformar as imagens em binárias. Por fim, ~~aplicou-se~~ foi utilizado o algoritmo ~~chamado de~~ Expectation Maximization (EM), cujo objetivo é separar os dados em subconjuntos. Com isso, *Marcuzzo (2007)* ~~otimizou o resultado~~, gerando a segmentação final da imagem, conforme demonstrado na Figura 3.

Figura 3 – Tratamento das imagens para uma melhor análise



Fonte: Marcuzzo (2007).

Comentado [AS4]: *itálico*

Comentado [AS5]: você deve escrever no impressoal. Reveja isso nos 3 correlatos.

Comentado [AS6]: você deve escrever no impressoal. Reveja isso nos 3 correlatos.

Conforme Marcuzzo (2007), a extração de feições de interesse foi realizada a partir de imagens segmentadas, usando somente as regiões referente aos rins, separando as feições em 3 níveis: baixo, médio e alto. Segundo a autora, as feições de baixo nível são formadas por primitivas extraídas diretamente das imagens, incluem bordas e outras medidas de localização espacial. As feições de alto nível são formadas pela combinação de feições primitivas. E, por último, as de médio nível são combinadas para descrever os dados observados.

Para descrever as imagens de cintilografia renal, Marcuzzo (2007) utilizou cinco feições de alto nível: Posição relativa entre dois rins, Simetria entre o rim esquerdo e o direito, Forma de cada um dos rins, Captação do radiofármaco em cada um dos rins e Comportamento dos contornos de cada um dos rins. Para obtenção das feições de baixo nível extraiu-se as bordas, aplicando a técnica de Orientação do maior eixo, para que todos os rins sejam rotacionados a fim de encontrar o centroide dos mesmos, obtendo a medida de localização relativa ao próprio rim. Nas feições de nível intermediário, combinou-se as 3 feições de baixo nível apresentadas para gerar 2 feições intermediárias. A primeira gerada é o perfil de distâncias centroidais, onde é calculada a distância entre o centroide e a borda. Este perfil de distâncias é utilizado nas feições de alto nível para representar as coordenadas das bordas dos rins. A segunda feição utilizada é a curvatura, onde ela tem por utilidade demonstrar cada contorno correspondente a uma concavidade ou convexidade do objeto.

Segundo Marcuzzo (2007), nas feições de alto nível analisou-se a Simetria entre o rim esquerdo e o direito, onde a autora explica que, de acordo com especialistas, ambos deveriam ser simétricos. Neste caso é validada a distância dos perfis centroidais dos dois rins. A segunda feição a ser avaliada é a Forma de cada um dos rins, onde especialistas consideram que qualquer forma de rim diferente do formato de um grão de feijão por ser considerada não-usual. Na terceira feição que seria a Posição relativa entre os dois rins, tem por objetivo medir o relacionamento entre a localização do rim esquerdo e direito. Para fazer esse cálculo da medida usa-se a medição do relacionamento entre a localização dos polos superiores dos dois rins.

Marcuzzo (2007), descreve que as implementações foram feitas no MATLAB utilizando um conjunto de testes composto por 58 imagens de cintilografia renal (tanto casos normais quanto casos anormais, porém em quantidades iguais), com um total 108 rins, sendo que 8 imagens apresentam a ausência de um rim. A classificação dessas imagens em normal e anormal foi feita por especialistas, para assim não existir a possibilidade de o especialista tender à indecisão.

Segundo Marcuzzo (2007), todas as medidas calculadas computacionalmente concordam com pelo menos 90% do diagnóstico realizado por especialistas, assim indicando um grau de concordância considerável. Visto que as feições obtidas tenham sido válidas, Marcuzzo (2007) comenta que sistemas de apoio a medicina tem integração com diversas fontes de dados, assim surgindo os sistemas “aumentados”.

Marcuzzo (2007) também destaca que a partir da extração de outras feições de baixo e médio nível, seria possível utilizar um sistema de mineração de dados para varrer a imagem em busca de outras associações de feições, para assim ter percepções visuais mais precisas. Além disso, as feições numéricas propostas podem servir também para uma sumarização de documentos, que tem por objetivo condensar o que é relevante de acordo com a aplicação. Por fim, Marcuzzo (2007), sugere também que outros estudos possam ser realizados para quantificação de outros aspectos presentes nas imagens, como por exemplo, a localização de lesões nos rins.

2.3 IMAGENS RENAIAS E QUANTIFICAÇÃO SIMULTÂNEA DAS FUNÇÕES TUBULAR

Segundo Onusic (2016), os pacientes com Anemia Falciforme (AF) possuem diferentes anormalidades funcionais e estruturais nos rins. A partir disso, avaliou-se o uso de imagens planas e SPECT/CT com DMSA-99mTc para a quantificação da função renal relativa e absoluta AF.

De acordo com Onusic (2016), os pacientes voluntários receberam uma injeção venosa de 110-185 MBq de DMSA-99mTc e 10-12 MBq de EDTA51Cr, posteriormente foram hidratados oralmente com 300 a 500ml de água para esvaziarem a bexiga antes do exame. Ainda segundo o autor, as imagens foram obtidas utilizando uma câmera SPECT/CT multislice. A partir delas, realizou-se o cálculo de Função Renal (FR) relativa e absoluta em imagens planas, na qual foi realizado um processo de delimitação da região de interesse de iso-contorno, com limiar de 20% em torno de cada rim assim como, a ROI da radiação de fundo, conforme mostra a Figura 4.

Comentado [AS7]: confuso

Comentado [AS8]: Onde expressa lugar. Prefira “o qual”, “no qual”, “em que” ou veja se é realmente necessário.

Formatado: Realce

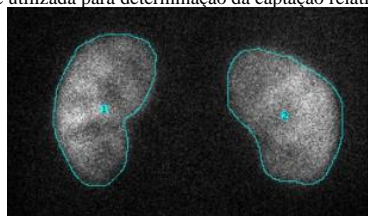
Comentado [AS9]: Coloque junto ao parágrafo anterior

Formatado: Realce

Comentado [AS10]: Deve-se evitar fazer parágrafos muito curtos.

Comentado [AS11]: Pode ser trocado por: “por meio de”?

Figura 4 – Região de interesse utilizada para determinação da captação relativa e absoluta do DMSA99mTc



Fonte: Onusic (2016).

Conforme Onusic (2016), aplicou-se o cálculo FR relativo e absoluto baseado nas imagens tomográficas (SPECT/CT), pegando as reconstruções SPECT. Para determinar o volume de interesse (VOI), foi utilizado uma técnica de auto-contorno com um limiar de 25%. Através desse processo, obteve-se várias informações capazes de determinar a captação absoluta de cada rim. Posteriormente, aplicou-se novamente os cálculos para determinar a captação absoluta percentual e tubular relativa.

Onusic (2016) aponta que para os testes foram selecionados 33 pacientes (19 do sexo feminino) com idades entre 23-69 anos, com AF e sem evidência clínica de insuficiência renal. As imagens planas e de SPECT/CT foram obtidas 3 horas depois de ser aplicado o DMSA99mTc e o EDTA51C, na qual as mesmas acabaram sendo analisadas em busca de lesões renais.

Conforme Onusic (2016), em 88% dos pacientes foi encontrado um afilamento cortical difuso e colunas renais proeminentes, tanto nas imagens planas como nas SPECT, sendo um padrão característico de imagens DMSA-99mTc. Além disso, 79% dos pacientes tinham lesões corticais, nas quais foram mais fáceis de identificar utilizando SPECT do que imagens planas.

Onusic (2016) chegou na conclusão que a cintilografia utilizando DMSA-99mTc identifica afilamento cortical, colunas renais proeminentes e lesões focais do córtex renal em grande parte dos pacientes com anemia falciforme. O autor não cita trabalhos futuros, porém faz uma observação de que quando utilizadas técnicas convencionais, aquisições estáticas ou SPECT sem o uso de informações anatômicas das imagens de CT, devem-se ser realizadas investigações para validar incertezas no cálculo da função tubular absoluta.

3 PROPOSTA

A seguir é apresentada a justificativa para o desenvolvimento desse trabalho, os principais requisitos e a metodologia de desenvolvimento que será utilizada. Também são relacionados os assuntos e as fontes bibliográficas que irão fundamentar o estudo proposto.

3.1 JUSTIFICATIVA

No Quadro 1 é apresentado um comparativo entre os trabalhos correlatos. As linhas representam as características e as colunas os trabalhos.

Quadro 1 – Comparativo entre os trabalhos correlatos

Características	Correlatos	Marcuzzo (2007)	Cruz (2018)	Onusic (2016)
Objetivo		Propor medidas quantitativas	Avaliação automática do esvaziamento gástrico	Quantificação da FR em paciente com AF
Tipo de patologia		Cintilografia renal	Cintilografia gástrica	Cintilografia renal
Técnicas utilizadas		Morfologia, matemática, EM	Análise de Componentes Principais Bidimensional	FR relativo e absoluto
Ferramentas utilizadas		Matlab	R	Não mencionada
Quantidade de imagens utilizadas nos testes		58	Não mencionada	Não mencionada
Quantidade de pacientes		Não mencionada	6	33
Taxa de acerto		90%	Não mencionada	88%

Fonte: elaborado pelo autor.

Conforme pode ser observado no Quadro 1, os trabalhos de Marcuzzo (2007) e Onusic (2016) buscam realizar quantificações em imagens de Cintilografia Renal (CR). Marcuzzo (2007) tem por objetivo utilizar dados quantitativos extraídos destas imagens para gerar um diagnóstico automatizado que esteja mais próximo possível

de um diagnóstico realizado por um especialista. Onusic (2016) por sua vez, aplica a quantificação da Função Renal para encontrar anormalidades nas imagens CR. Já o trabalho de Cruz (2018), busca fazer uma avaliação automática do esvaziamento gástrico utilizando imagens de cintilografia gástrica.

Marcuzzo (2007) utilizou 58 imagens, aplicando técnicas de redução de ruído, isolamento da região de interesse, preenchimento dos locais removidos pertencentes aos rins (reconstrução morfológica). Segundo a autora, e aplicação do EM obteve uma taxa de acerto significativa de 90% em relação a análise feita por especialistas. Cruz (2018) realizou os testes com 6 pacientes e aplicou a técnica principal de Análise de Componentes Principais Bidimensionais para verificar a velocidade de digestão, juntamente com técnicas de limpeza de imagem e identificação de região de interesse, conseguiu extrair dados capazes de explicar 95% da variabilidade contida nas imagens medianas. O trabalho desenvolvido por Onusic (2016), considerou 33 pacientes, utilizando a técnica principal de FR relativo e absoluto. O autor destaca que em 88% dos pacientes foi encontrado um afilamento cortical difuso e colunas renais proeminentes e em 78% foram ~~identificados~~ identificadas lesões corticais. Com isso, conclui-se que as técnicas utilizadas pelos trabalhos para a análise de imagens cintilografia são válidas, ao observar que seus resultados geraram valores satisfatórios.

Desta forma, este trabalho mostra-se relevante pois pretende desenvolver um protótipo para analisar imagens de cintilografia renal, que através de dados quantitativos extraídos poderá determinar como está o funcionamento do órgão. Para a identificação dos rins será utilizado a Rede Neural Convolutacional Mask R-CNN, normalmente utilizada para detecção de objetos. Através de técnicas de processamento de imagens são extraídos dados quantitativos para estabelecer o valor da função renal relativa. Acredita-se também que o protótipo acelerará o processo de análise das imagens e, possivelmente, diminuirá a margem de erro ou divergência com relação aos resultados dos softwares proprietários.

3.2 REQUISITOS PRINCIPAIS DO PROBLEMA A SER TRABALHADO

O protótipo a ser desenvolvido deverá:

- permitir ao usuário carregar imagens a serem analisadas (Requisito Funcional – RF);
- realizar o realce e melhoramento das imagens (ruídos, distorções e problemas de iluminação) utilizando técnicas processamento de imagens (RF);
- utilizar técnicas para detecção de objetos, tais como Mask R-CNN, para segmentação dos rins (RF);
- estabelecer medidas quantitativas dos rins (RF);
- permitir ao usuário visualizar as detecções e medidas morfométricas encontradas (RF);
- ser desenvolvida na linguagem de programação Python (Requisito Não Funcional – RNF);
- ser desenvolvida para a plataforma Windows (RNF);
- utilizar as bibliotecas OpenCV e scikit-learn (RNF);
- ser capaz de realizar a análise em um tempo máximo de 1 minuto (RNF).

3.3 METODOLOGIA

O trabalho será desenvolvido observando as seguintes etapas:

- levantamento bibliográfico: pesquisar e estudar sobre sistema renal, cintilografia renal, redes neurais convolucionais e trabalhos correlatos;
- construção da base de imagens: juntar imagens de cintilografia renal. Estas imagens serão utilizadas para o treinamento e validação do protótipo;
- elicitación de requisitos: baseando-se nas informações obtidas nas etapas anteriores, reavaliar, detalhar e, se necessário incluir novos requisitos;
- pesquisa e escolha do algoritmo de segmentação: pesquisar os principais algoritmos de segmentação e detecção de objetos, escolhendo o adequado para o desenvolvimento do trabalho. Inicialmente será utilizada a Rede Neural Convolutacional Mask R-CNN;
- levantamento de formas para extrair medidas morfométricas: pesquisar métodos utilizados para extrair/estabelecer medidas a partir de imagens de cintilografia renal;
- implementação do protótipo: a partir dos itens (d) e (e) desenvolver o protótipo para a análise morfométrica dos rins utilizando a linguagem Python e as bibliotecas OpenCV e scikit-learn;
- testes: realizar testes com base no banco de imagens obtido para verificar a eficiência e assertividade do modelo elaborado utilizando a validação cruzada assim como a comprovação dos resultados junto aos médicos especialistas. Além disso, os resultados também serão comparados com os gerados pelos softwares proprietários.

As etapas serão realizadas nos períodos relacionados no Quadro 2.

Quadro 2 – Cronograma de atividades a serem desenvolvidas

etapas / quinzenas	2021									
	jul.		ago.		set.		out.		nov.	
	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2
levantamento bibliográfico										
construção da base de imagens										
elicitación de requisitos										
pesquisa e escolha do algoritmo de segmentação										
levantamento de formas para extrair medidas morfométricas										
implementação do protótipo										
testes										

Fonte: elaborado pelo autor.

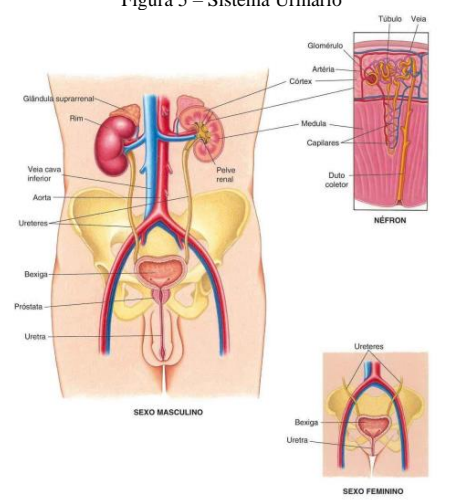
4 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Este capítulo está dividido em três seções. A seção 4.1 aborda o sistema renal. Já a seção 4.2 discorre sobre cintilografia renal. Por fim, a seção 4.3 conceitua a arquitetura de Redes Neurais Convolucionais.

4.1 SISTEMA RENAL

Segundo Pentead, Lima e Milagres (2017), o sistema renal é composto por dois rins, dois ureteres, uma bexiga e uma uretra. Ele, é responsável por garantir o funcionamento adequado do organismo por meio do controle reabsorção e excreção de substâncias. Conforme Silva (2020), os rins possuem o formato de grão de feijão com coloração marrom-avermelhado, situados em região retro peritoneal. O rim direito ocupa posição inferior em relação ao esquerdo por estar próximo ao fígado. Na maioria das vezes apresentam polo superior da linha mediana sendo este mais amplo que o polo inferior. A chegada da irrigação sanguínea ocorre pela artéria renal, que é originada da artéria aorta, porém 25% dos rins podem ter até 3 artérias renais acessórias que alcançam o seio renal, polo superior e inferior. São revestidos por tecido fibroso chamado de Cápsula Fibrosa ou Cápsula Renal. **O?** **H**internamento possui o córtex seguido pela medula renal, que é formada pelas pirâmides, cônicas, com a base cortical e ápice medular, separadas então pelas colunas renais. Os néfrons estão localizados no córtex e medula. No ápice de cada pirâmide, são projetados os cálices, que direcionam seu conteúdo para a pelve renal. Da pelve tem uma convergência até a formação do ureter, que através do hilo renal chegará até a bexiga urinária. A bexiga é uma bolsa que se localiza posteriormente à sínfise pública e funciona como um reservatório temporário de urina. A uretra é a última via urinária, que se comunica com o meio externo através do óstio renal. A Figura 5 ilustra o sistema urinário.

Figura 5 – Sistema Urinário



Fonte: Sgarioni (2019).

De acordo com Pentead, Lima e Milagres (2017), a função renal tem por objetivo realizar a filtragem do sangue, manter o estado de equilíbrio de eletrólitos e líquidos, excretar resíduos derivado do metabolismo, atuar

na formação da urina, regular o equilíbrio do ácido-base, além de controlar o sódio, potássio, pressão arterial, pH sanguíneo e produzir eritropoietina, hormônio que atua na medula óssea para estimular a produção de hemácias.

Conforme Porto *et al.* (2017), a Doença Renal Crônica (DRC) têm sido um problema na saúde pública de todo o mundo. No Brasil, o número de pacientes que necessitam realizar a diálise tem aumentado cada vez mais. Os principais problemas em paciente com DRC são suas complicações (anemia, desnutrição, acidose metabólica e alteração do metabolismo de cálcio e fósforo) decorrentes da perda funcional dos rins, assim podendo progredir para a Doença Renal Terminal (DRT) e causar o óbito. Esta doença crônica é caracterizada como a presença de anormalidades de estrutura ou função dos rins.

Segundo Porto *et al.* (2017), para se realizar o diagnóstico da função renal vários biomarcadores podem ser utilizados, tais como a creatina, a proteinúria, a albuminúria, a cistatina C e o Ritmo de Filtração Glomerular (RFG). Novas Diretrizes para o diagnóstico da DRC foram publicadas recentemente pela *National Disease: Improving Global Outcomes (KDIGO) CKD Work Group*. De acordo com estas Diretrizes, a função renal deve ser avaliada por meio da estimativa do RFG associada com a determinação de albuminúria, sendo assim possível fazer um melhor diagnóstico e uma avaliação mais confiável do risco de progressão da doença renal e consequentemente de sua progressão.

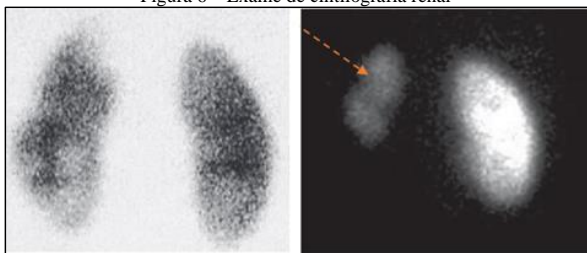
De acordo com Silva *et al.* (2020), os cálculos renais são formações de pequenos cristais no trato urinário por ação de diferentes sais minerais semelhantes a verdadeiras pedras, assim então gerando dor e desconforto, causado pela concentração desses cristais nos rins. Esta doença ocupa o terceiro lugar entre as doenças mais recorrentes do sistema geniturinário, além de acometer 12% da população mundial. O aparecimento desta doença pode estar relacionado a diferentes fatores, como o gênero, região geográfica, idade, clima, estilo de vida e raça.

Conforme Silva *et al.* (2020), o cálculo renal se desenvolve de forma silenciosa, na qual seu diagnóstico só é possível através de exames de imagens, porém o paciente que possui esta doença só terá o conhecimento quando houver crises de cólicas e sintomas associados. Dentre os sintomas os mais recorrentes são febres, dores ocasionadas por cólicas, náuseas seguindo de calafrios e sangramento ao urinar, visto que os cálculos se deslocam do trato urinário ocasionando inflamações e ainda bloqueando o fluxo de urina, também gerando uma sensação de queimação, e quando próximo a bexiga a vontade de urinar é mais intensa.

4.2 CINTILOGRAFIA RENAL

Segundo Gomes Júnior (2017), a Cintilografia Renal (CR) é um exame de imagem da medicina nuclear captada por isótopos radioativos que possibilita a detecção de inflamação renal e formação de cicatriz, conseguindo assim observar uma progressão do dano renal e a perda funcional desde o início do processo. Estas imagens também permitem o estudo da localização renal, morfologia, dimensão, avaliação do córtex renal e detecção de lesões corticais focais em contexto infeccioso. Na Figura 6 pode-se observar as cicatrizes captadas pelo exame de cintilografia renal (imagem a direita).

Figura 6 – Exame de cintilografia renal

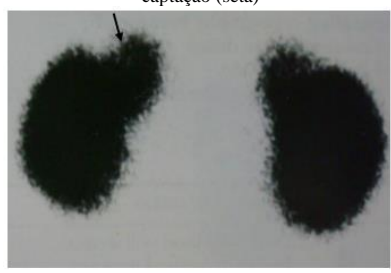


Fonte: Gomes Júnior (2017).

Conforme Damatto e Bolognesi (2019), os estudos cintilográficos renais tem como principais radiofármacos o ácido dimercaptosuccínico marcado com ^{99m}Tc (DMSA- ^{99m}Tc) e o ácido dietilenotriaminopentacético marcado com ^{99m}Tc (DTPA- ^{99m}Tc). Os radiofármacos utilizados para o estudo cintilográfico da função anatomia renal são normalmente classificados em 3 grupos: 1 – excreção por filtração glomerular; 2 – excreção por secreção tubular e 3 – fixação nos túbulos renais. A CR nos serviços de medicina nuclear é o exame responsável por avaliar a função renal. A cintilografia Renal é considerada o método de diagnóstico por imagem mais adequado para esta avaliação, visto que quantifica a funcionalidade dos rins servindo de adicional aos estudos anatômicos que são realizados pela ultrassonografia e dos demais exames radiológicos. Podem ser feitos dois procedimentos dentro da cintilografia, a estática e a dinâmica, utilizando o DMSA- ^{99m}Tc , para CR Quantitativa e o DTPA- ^{99m}Tc , para CR Dinâmica.

De acordo com Damatto e Bolognesi (2019), o DMSA-99mTc permite um estudo com imagens da extensão, morfologia e localização renal, detectando lesões no córtex renal, corticais focais em circunstâncias infecciosas, podendo ser cicatriz ou sequele do trauma ou pielonefrite. Este radiofármaco concentra-se no parênquima tubular dos rins entre 4 a 6 horas após sua administração, fazendo assim com que seja possível avaliar cicatrizes derivadas de traumas de transplantes renais, obstruções do fornecimento sanguíneo e sequelas de pielonefrites agudas. Permite também realizar a quantificação da função renal, considerando a porcentagem de captação do DMSA-99mTc por cada um dos rins. As aquisições cintilográficas são realizadas de duas a três horas após a injeção intravenosa desse radiofármaco, gerando então imagens planares, conforme mostra Figura 7.

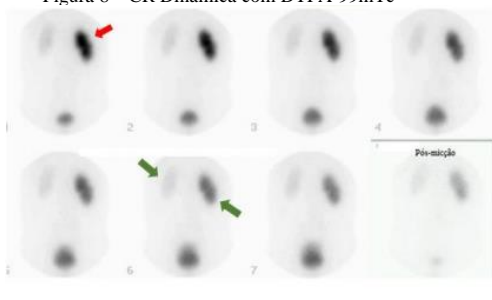
Figura 7 – CR Quantitativa com DMSA-99mTc, acusando cicatriz no rim esquerdo com defeito focal de captação (seta)



Fonte: Damatto e Bolognesi (2019).

Segundo Damatto e Bolognesi (2019), o DTPA-99mTc é utilizado para avaliar a Taxa de Filtração Glomerular (TFG), sendo quase totalmente captado pelos rins, assim podendo extrair informações importantes das imagens, conforme mostra a Figura 8. A partir dela, pode-se observar uma CR Dinâmica com DTPA-99mTc, acusando a retenção do radiotraçador no rim direito (seta vermelha). Já no rim direito nota-se um retardamento no clareamento em relação ao esquerdo (setas verdes), apontando uma possível obstrução renal. O DTPA-99mTc permite também a avaliação completa da informação funcional dos rins por meio de imagens dinâmicas sequenciais do período de concentração pelo parênquima renal e do trânsito até a eliminação pelo sistema pielocalicial e coletor. Com isso é possível fazer a avaliação funcional de ambos os rins ou de apenas um deles, e das vias excretoras.

Figura 8 – CR Dinâmica com DTPA-99mTc



Fonte: Damatto e Bolognesi (2019).

De acordo com Damatto e Bolognesi (2019), os radiofármacos DMSA-99mTc e DTPA-99mTc apresentam afinidade pelos rins, sendo os principais utilizados na CR. Além disso, o autor ressalta que o DMSA-99mTc serve para avaliar alterações no córtex renal, na forma de cicatrizes renais e o DTPA-99mTc para a avaliação da taxa de filtração glomerular, função renal e as vias excretoras.

4.3 REDE NEURAL CONVOLUCIONAL

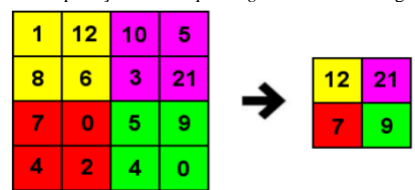
Segundo Rosa (2018), a Rede Neural Convolucional (do inglês *Convolutional Neural Network* - CNN) é uma classe da rede-Rede neural-Neural artificial-Artificial que começou a ser aplicada no processamento e análise de imagens digitais. A CNN é uma variante da rede *perceptrons* de múltiplas camadas, e foi inspirada no processo biológico de processamentos de dados visuais. As células responsáveis pelo processamento dos dados visuais são sensíveis a pequenas sub-regiões do campo visual, também chamado de campo receptivo. Essas células são

adequadas para explorar a correlação espacial local presente em imagens naturais, visto que ~~as mesmas~~ atuam como filtros locais sobre o campo de visão. O campo de visão é todo coberto através dos campos receptivos de diferentes neurônios que se sobrepõem parcialmente. Imagens coloridas em treinamentos podem resultar numa melhora significativa na interpretação dos dados, pois a CNN tira maior proveito nestas imagens do que em imagens em escala de cinza. Isto ocorre porque assim como nos humanos, a cor ajuda na análise e interpretação de objetos, facilitando a memorização e reconhecimento.

Segundo Rosa (2018), uma CNN consiste em múltiplas camadas com funções diferentes. É comum inicialmente aplicar sobre o dado de entradas as camadas que dão o nome à rede neural artificial, chamadas de convolução. Uma camada de ~~convolução~~ convolução é composta por diversos neurônios, cada uma com o trabalho de aplicar um filtro em uma região da imagem. Cada neurônio é conectado a um conjunto de pixels da camada anterior e a cada uma dessas conexões é atribuído um peso. A combinação das entradas de um neurônio, utilizando os pesos respectivos de cada uma de suas conexões, produz um resultado que será passado para a camada seguinte. O filtro de convolução é representado por uma matriz que contém os pesos atribuídos as conexões de um neurônio. Segundo Ribeiro (2020), geralmente o resultado da convolução é apresentado a função de ativação *Rectified Linear Units* (ReLU), pois a mesma é mais indicada para Redes Convolucionais por ser mais eficiente computacionalmente. A ReLU tem por objetivo zerar todos os valores negativos da camada anterior.

Conforme Ribeiro (2020), as camadas de *pooling* têm por função reduzir gradativamente a dimensão das representações da CNN, e como consequência reduzir a resolução do mapa de características e sensibilidade da saída as mudanças e distorções. Com isso, diminui-se ainda mais o número de parâmetros, tornando a complexidade computacional menor. O principal papel da camada de *pooling* é combinar recursos semanticamente semelhantes, fazendo com que as representações variem muito pouco quando os elementos na camada anterior variam em posição e aparência. A *max-pooling* é uma camada ~~da de~~ *pooling* que computa o máximo local de uma determinada região do mapa de atributos, eliminando valores não máximos conforme pode-se observar na Figura 9. Ribeiro (2020) destaca que, além de reduzir o tamanho da imagem e o processamento para a próxima camada, esta técnica auxilia no tratamento de invariâncias locais.

Figura 9 – Aplicação de *max-pooling* 2x2 em uma imagem 4x4

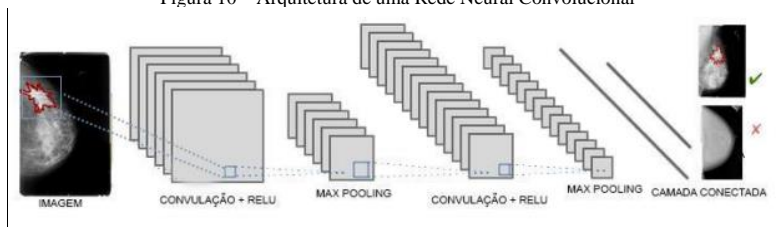


Fonte: Ribeiro (2020).

Segundo Ribeiro (2020), em níveis mais altos a saída das camadas convolucionais e *pooling* representam características da imagem de entrada, e estas são passadas para as camadas totalmente conectadas para a classificação da imagem de acordo com as classes e conjuntos de treinamentos. As camadas totalmente conectadas possuem conexões com todos os neurônios da camada anterior e, estão ligadas a todos os neurônios da camada seguinte.

Conforme Soares e Carmo (2020), existem vários filtros convolucionais que extraem características de imagens, conforme apresentado na Figura 10. A utilização sobre a imagem possibilita o retorno de características desejadas, seus respectivos filtros são aplicados em várias camadas e o valor é incorporado pela própria rede, determinando assim quais são as características relevantes para se obter a solução de saída.

Figura 10 – Arquitetura de uma Rede Neural Convolucional



Fonte: Soares e Carmo (2020).

Comentado [AS12]: confuso

Comentado [AS13]: evite palavras repetidas na mesma frase.

Formatado: Realce

Formatado: Realce

De acordo com Soares e Carmo (2020), as CNNs são métodos já conhecidos a anos, mas só estão ganhando destaque recentemente devido ao fato de ter grande capacidade computacional jamais vista até então. Tais algoritmos vem se demonstrando muito eficazes no processamento e análise de imagens digitais, por avaliar nativamente as informações espaciais.

Conforme Cunha (2020), a AlexNet é uma CNN que tinha como objetivo melhorar o desempenho da rede neural ao explorar a profundidade, incorporando assim vários níveis de transformação. De acordo com Barros (2021), a rede neural residual ou simplesmente ResNet têm sido umas das redes neurais mais populares nas classificações de imagens. Esta arquitetura possui propriedades interessantes que são adaptadas para o caso de redes neurais fractais e garantem resultados eficientes quando comparados.

De acordo com Nodari (2020), a Mask R-CNN faz a identificação de objetos em imagens. Esta rede é baseada no modelo denominado RESNET101 que possui 101 camadas de convolução. Cada uma dessas camadas possui filtros extratores de características. O número de filtros de cada camada varia podendo ser de 64, 128, 256, 521 ou 1024. A Figura 11 demonstra o resultado da Mask R-CNN para a identificação de uma pessoa em uma zona de perigo.

Figura 11 – Funcionamento da Mask R-CNN



Fonte: Nodari (2020).

REFERÊNCIAS

- BARROS, José G. R. **Um estudo sobre redes neurais fractais**. 2021. 25 f. Monografia (Bacharelado em Ciência da Computação) - Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2021.
- BASTOS, Marcus. G.; KIRSZTAJN, Gianna. M. Doença renal crônica: importância do diagnóstico precoce, encaminhamento imediato e abordagem interdisciplinar estruturada para melhora do desfecho em pacientes ainda não submetidos à diálise. **Brazilian Journal of Nephrology**. São Paulo, v. 33, n. 1, p. 93 - 108, jan. 2011.
- CRUZ, Ana C. **Análise de componentes principais na avaliação da motilidade gástrica por cintilografia**. 2018. 51 f. Trabalho de Conclusão de Curso II (Bacharelado em Estatística) - Departamento de Estatística, Instituto de Exatas, Universidade de Brasília, Brasília, 2018.
- CUNHA, Leonardo C. **Redes neurais convolucionais e segmentação de imagens: uma revisão bibliográfica**. 2020. 55 f. Monografia (Grau de Engenheiro de Controle de Automação) - Universidade Federal de Ouro Preto, Ouro Preto, 2020.
- DAMATTO, Raul M.; BOLOGNESI, Leandro. Emprego dos radiofármacos DMSA-99mTc e DTPA-99mTc na cintilografia renal. **VIII JORNACITEC - Jornada Científica e Tecnológica**, [S. l.], p. 1 - 8, out. 2019.
- GOMES JÚNIOR, Elison F. **O uso da cintilografia renal estática com 99mTc-DMSA para diagnóstico de pielonefrite aguda**. 2017. 15 f. Monografia (Graduação em Biomedicina) - Centro Universitário de Brasília, Brasília, 2017.
- MARCUZZO, Monica. **Quantificação de Impressões Diagnósticas em imagens de Cintilografia Renal**. 2007. 74 f. Dissertação (Mestrado em Ciência da Computação) – Instituto Informática da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2007.
- NARCISO, Lucas D. L. **Desenvolvimento de um plugin de quantificação da função renal para o software livre imagej**. 2014. 119 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Física Médica) - Faculdade de Física, Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2014.
- NODARI, Gabriel D. **IREdZones: Detecção de pessoas em zonas de risco utilizando deep learning**. 2020. 9 f. Trabalho de conclusão de curso (Especialista em Engenharia Elétrica) - Instituto Federal do Espírito Santo, Vitória, 2020.
- ONUSIC, Daniel. M. *et al.* **Imagens renais e quantificação simultânea das funções tubular e glomerular utilizando os radiotraçadores DMSA-99mTc e EDTA-51Cr em pacientes com anemia falciforme**. 2016. 85 f. Tese (Pós-Graduação em Ciências da Cirurgia) - Faculdade de Ciências Médicas da Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2016.
- PENTEADO, Brenda A.; LIMA, Williane F.; MILAGRES, Clarice S. Etiologia de anemia em pacientes renais crônicos em tratamento hemodialítico: revisão de literatura. **Revista Científica da FHO|UNILARARAS**, [S. l.], v. 5, n. 1, p. 18 - 23, mar. 2017.

PORTO, Janaina R. *et al.* Avaliação da função renal na doença renal crônica. **Rev Bras Anal Clin**, [S. l.], p. 26 - 35, jan. 2017.

RIBEIRO, Edvaine G. **Rede neural convolucional aplicada ao reconhecimento de passagens de nível clandestinas em Ferrovias**. 2020. 59 f. Monografia (Especialista em Sistemas Inteligentes Aplicados a Automação) - Instituto Federal do Espírito Santo, Vitória, 2020.

ROSA, Renan P. **Método de classificação de pragas por meio de rede neural convolucional profunda**. 2018. 101 f. Dissertação (Mestrado em Computação Aplicada) - Universidade Estadual de Ponta Grossa, Ponta Grossa, 2018.

SBEH, Zakaria. *et al.* A new approach of geodesic re-construction for drusen segmentation in eye fundus images. **IEEE Transactions on Me-dical Imaging**, Washington, DC, USA, v. 20, n. 12, p. 1321–1333, jan. 2001.

SGARIONI, Lucas. **Cintilografia Renal com DMSA para Auxílio ao Diagnóstico da Pielonefrite Infantil**. 2019. 10 f. Trabalho de conclusão de curso (Curso Superior de Tecnologia em Radiologia) - Universidade de Caxias do Sul, Caxias do Sul, 2019.

SILVA, Ana C. P. **Estratégias de enfermagem frente a prevenção da doença renal crônica**. 2020. 24 f. Trabalho de conclusão de curso (Bacharelado em Enfermagem) - Centro Universitário de Goiás Uni-ANHANGUERA, Goiânia, 2020.

SILVA, Gabrielle N. F. *et al.* O uso da planta “Canarana” (*Costus arabicus*L.) no tratamento de cálculo renal em uma comunidade tradicional do nordeste paraense-Amazônia-Brasil. **Research, Society and Development**, [S.l.], v. 9, n. 8, p. 1-16. nov. 2020

SOARES, Gustavo R.; CARMO, Alisson F. C. Viabilidade de detecção de câncer de mama através de rede neural convolucional em mamografias. **ETIC-ENCONTRO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA-ISSN 21-76-8498**, [S. l.], v. 16, n. 16, p. 1 - 15, set. 2020.

SOUZA, Francy. B. N.; PEREIRA, Wellison. A.; MOTTA, Elizângela. A. P. Pacientes com insuficiência renal crônica em hemodiálise: tratamento e diagnóstico. **Pacientes com insuficiência renal crônica em hemodiálise: tratamento e diagnóstico**, São Luis, v. 10, n. 2, p. 203 - 213, abr. 2019.

ASSINATURAS

(Atenção: todas as folhas devem estar rubricadas)

Assinatura do(a) Aluno(a): _____

Assinatura do(a) Orientador(a): _____

Assinatura do(a) Coorientador(a) (se houver): _____

Observações do orientador em relação a itens não atendidos do pré-projeto (se houver):

FORMULÁRIO DE AVALIAÇÃO – PROFESSOR TCC I

Acadêmico: Gabriel da Silva Bernardi

Avaliador(a): Andreza Sartori

ASPECTOS AVALIADOS ¹		atende	atende parcialmente	não atende
ASPECTOS TÉCNICOS	1. INTRODUÇÃO O tema de pesquisa está devidamente contextualizado/delimitado?	X		
	O problema está claramente formulado?	X		
	2. OBJETIVOS O objetivo principal está claramente definido e é passível de ser alcançado?	X		
	Os objetivos específicos são coerentes com o objetivo principal?	X		
	3. JUSTIFICATIVA São apresentados argumentos científicos, técnicos ou metodológicos que justificam a proposta?	X		
	São apresentadas as contribuições teóricas, práticas ou sociais que justificam a proposta?	X		
ASPECTOS METODOLÓGICOS	4. METODOLOGIA Foram relacionadas todas as etapas necessárias para o desenvolvimento do TCC?	X		
	Os métodos, recursos e o cronograma estão devidamente apresentados?	X		
	5. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA (atenção para a diferença de conteúdo entre projeto e pré-projeto) Os assuntos apresentados são suficientes e têm relação com o tema do TCC?	X		
	6. LINGUAGEM USADA (redação) O texto completo é coerente e redigido corretamente em língua portuguesa, usando linguagem formal/científica?		X	
	A exposição do assunto é ordenada (as ideias estão bem encadeadas e a linguagem utilizada é clara)?		X	
	7. ORGANIZAÇÃO E APRESENTAÇÃO GRÁFICA DO TEXTO A organização e apresentação dos capítulos, seções, subseções e parágrafos estão de acordo com o modelo estabelecido?	X		
	8. ILUSTRAÇÕES (figuras, quadros, tabelas) As ilustrações são legíveis e obedecem às normas da ABNT?	X		
	9. REFERÊNCIAS E CITAÇÕES As referências obedecem às normas da ABNT?	X		
	As citações obedecem às normas da ABNT?	X		
	Todos os documentos citados foram referenciados e vice-versa, isto é, as citações e referências são consistentes?	X		

PARECER – PROFESSOR DE TCC I OU COORDENADOR DE TCC (PREENCHER APENAS NO PROJETO):

O projeto de TCC será reprovado se:

- qualquer um dos itens tiver resposta NÃO ATENDE;
- pelo menos 4 (**quatro**) itens dos **ASPECTOS TÉCNICOS** tiverem resposta ATENDE PARCIALMENTE; ou
- pelo menos 4 (**quatro**) itens dos **ASPECTOS METODOLÓGICOS** tiverem resposta ATENDE PARCIALMENTE.

PARECER: (x) APROVADO () REPROVADO

Assinatura: _____ Data: 15/06/2021 _____

¹ Quando o avaliador marcar algum item como atende parcialmente ou não atende, deve obrigatoriamente indicar os motivos no texto, para que o aluno saiba o porquê da avaliação.

FORMULÁRIO DE AVALIAÇÃO – PROFESSOR AVALIADOR

Acadêmico: Gabriel da Silva Bernardi

Avaliador(a): _____

ASPECTOS AVALIADOS ¹		atende	atende parcialmente	não atende
ASPECTOS TÉCNICOS	1. INTRODUÇÃO O tema de pesquisa está devidamente contextualizado/delimitado?			
	O problema está claramente formulado?			
	1. OBJETIVOS O objetivo principal está claramente definido e é passível de ser alcançado?			
	Os objetivos específicos são coerentes com o objetivo principal?			
	2. TRABALHOS CORRELATOS São apresentados trabalhos correlatos, bem como descritas as principais funcionalidades e os pontos fortes e fracos?			
	3. JUSTIFICATIVA Foi apresentado e discutido um quadro relacionando os trabalhos correlatos e suas principais funcionalidades com a proposta apresentada?			
	São apresentados argumentos científicos, técnicos ou metodológicos que justificam a proposta?			
	São apresentadas as contribuições teóricas, práticas ou sociais que justificam a proposta?			
	4. REQUISITOS PRINCIPAIS DO PROBLEMA A SER TRABALHADO Os requisitos funcionais e não funcionais foram claramente descritos?			
	5. METODOLOGIA Foram relacionadas todas as etapas necessárias para o desenvolvimento do TCC?			
	Os métodos, recursos e o cronograma estão devidamente apresentados e são compatíveis com a metodologia proposta?			
	6. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA (atenção para a diferença de conteúdo entre projeto e pré-projeto) Os assuntos apresentados são suficientes e têm relação com o tema do TCC?			
ASPECTOS METODOLÓGICOS	As referências contemplam adequadamente os assuntos abordados (são indicadas obras atualizadas e as mais importantes da área)?			
	7. LINGUAGEM USADA (redação) O texto completo é coerente e redigido corretamente em língua portuguesa, usando linguagem formal/científica?			
	A exposição do assunto é ordenada (as ideias estão bem encadeadas e a linguagem utilizada é clara)?			

PARECER – PROFESSOR AVALIADOR: (PREENCHER APENAS NO PROJETO)

O projeto de TCC ser deverá ser revisado, isto é, necessita de complementação, se:

- qualquer um dos itens tiver resposta NÃO ATENDE;
- pelo menos 5 (cinco) tiverem resposta ATENDE PARCIALMENTE.

PARECER: () APROVADO () REPROVADO

Assinatura: _____ Data: _____

¹ Quando o avaliador marcar algum item como atende parcialmente ou não atende, deve obrigatoriamente indicar os motivos no texto, para que o aluno saiba o porquê da avaliação.