

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

MOVIMENTARE: UMA APLICAÇÃO PARA AVALIAÇÃO POSTURAL DE PACIENTES COM AVC

Augusto Felipe Hornburg

Prof. Aurélio Faustino Hoppe – Orientador

Prof. Marcus Vinicius Marques de Moraes – Coorientador

1 INTRODUÇÃO

A Organização Mundial da Saúde (OMS) define o Acidente Vascular Cerebral (AVC) como o desenvolvimento rápido de sinais clínicos de distúrbios focais da função cerebral, com sintomas de duração igual ou superior a 24 horas, de origem vascular, provocando alterações nos planos cognitivo e sensório-motor, de acordo com a área e a extensão da lesão. No Brasil, apesar do declínio das taxas de mortalidade, o AVC representa a primeira causa de morte e incapacidade no país. Dados provenientes do estudo prospectivo nacional indicaram incidência anual de 108 casos por 100 mil habitantes, tendo uma taxa de fatalidade de 30,9% ao ano (MINISTÉRIO DA SAÚDE, 2016).

Dentre os principais sintomas de um AVC, de acordo com o Ministério da Saúde (2020), estão a confusão mental, dor de cabeça súbita sem causa aparente, alteração da fala, fraqueza ou formigamento na face, no braço ou na perna, especialmente em um lado do corpo. Além disso, o autor também descreve que a principal forma de diagnóstico de um AVC é feita por meio de um exame de imagem, sendo o mais utilizado a tomografia do crânio computadorizada, que permite identificar a área do cérebro afetada.

Stokes (2000 apud SANTIAGO *et al.*, 2015) destaca que a consequência física mais comum do AVC é a hemiplegia, definida como “paralisia completa dos membros superiores do mesmo lado do corpo”. A hemiplegia, pode levar à perda seletiva de movimentos e alterações posturais. Diante disso, uma adequada avaliação postural é de fundamental importância para delinear o tratamento fisioterapêutico e acompanhar a evolução do paciente (SARTURI *et al.*, 2014).

Segundo Paiva (2014), o método tradicionalmente usado para diagnóstico e acompanhamento de desvios posturais é a radiografia (Raio-X), que utiliza radiação ionizante para a formação das imagens. O acompanhamento da evolução do paciente requer uma periodicidade na realização dos exames, o que, devido a exposição à radiação, pode aumentar o risco de o mesmo desenvolver câncer. Também existem outras técnicas de avaliação postural que não utilizam Raio-X, como a simples avaliação visual do profissional da área de fisioterapia. Entretanto este método é subjetivo, pois depende da experiência e acuidade visual do profissional. Outra técnica, é o uso de fotografias para a avaliação postural e comparação dos resultados de tratamentos das alterações posturais.

Diante deste cenário, este trabalho propõe o desenvolvimento de uma aplicação para identificar alterações corporais de pessoas acometidas pela hemiplegia em virtude de um AVC. Para isso, será utilizada a técnica de fotogrametria, ao qual possibilitará o acompanhamento e a verificação da eficácia do tratamento fisioterapêutico aplicado no paciente.

1.1 OBJETIVOS

O objetivo deste trabalho é disponibilizar uma aplicação que utilize fotos para auxiliar na identificação de alterações corporais dos membros superiores de pessoas acometidas pela hemiplegia em virtude de um Acidente Vascular Cerebral.

Os objetivos específicos são:

- estabelecer medidas quantitativas entre os segmentos corporais de um indivíduo por meio da técnica de fotogrametria;
- comparar a concordância entre a avaliação postural visual e a avaliação postural realizada pela fotogrametria;
- disponibilizar uma aplicação para *smartphones* que proporcione ao profissional de saúde um acompanhamento otimizado ao longo do tratamento fisioterapêutico.

2 TRABALHOS CORRELATOS

Neste capítulo serão apresentados trabalhos com características semelhantes aos principais objetivos do estudo proposto. A seção 2.1 aborda o desenvolvimento de um programa desktop de código aberto para avaliação postural (NORIEGA, 2012). A seção 2.2 apresenta o desenvolvimento de um aplicativo para dispositivos móveis com a finalidade de diagnosticar possíveis desvios posturais (PORTELA *et al.*, 2019). Por fim, a seção 2.3 discorre

Comentado [AS1]: APUD deve ter o número da página.

EXEMPLOS:

1) Segundo Connalen (1999 **apud** KREUTZFELD, 2003, p. 5), “uma aplicação *web* é um *website* onde o usuário interfere no estado do sistema”.

2) “Uma aplicação *web* é um *website* onde o usuário interfere no estado do sistema” (CONNALLEN, 1999 **apud** KREUTZFELD, 2003, p. 5).

3) Segundo Kent e Cunningham (1989 **apud** BEZERRA, 2002, p. 117), a modelagem CRC foi proposta ...

4) “Sistemas de software entregues ao usuário com a documentação que descreve como instalar e usar o sistema são chamados produtos de software” (SOMERVILLE, 1996 **apud** CARVALHO; CHIOSSI, 2001, p. 23).

Comentado [AS2]: O que é? Só no final do teu trabalho tem a definição.

sobre o desenvolvimento de uma aplicação que propõe realizar avaliação postural de forma automática utilizando imagens (PAIVA, 2014).

2.1 DESENVOLVIMENTO DE UM PROGRAMA COMPUTACIONAL PARA AVALIAÇÃO POSTURAL DE CÓDIGO ABERTO E GRATUITO

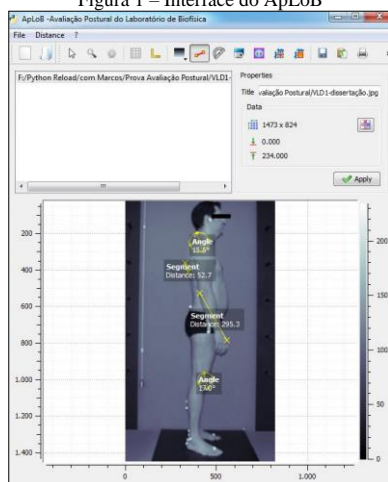
Noriega (2012) construiu um software para ajudar no diagnóstico de possíveis desvios posturais em pacientes utilizando fotogrametria, sendo denominada Avaliação Postural do Laboratório de Biofísica (ApLoB). O software possui como principais funcionalidades carregar, tratar e calibrar imagens, marcar os pontos posturais e medir a distância e ângulos entre os pontos selecionados. Noriega (2012) inspirou-se no Software de Avaliação Postural (SAPO), que é um programa de código aberto desenvolvido na linguagem de programação JAVA.

Segundo Noriega (2012), a aplicação consegue avaliar possíveis desvios de postura no paciente utilizando as 4 vistas do corpo humano, sendo elas: vista anterior, posterior, lateral direita e vista lateral esquerda. A marcação dos pontos de postura utilizados para a avaliação é baseada na relevância clínica, base científica, viabilidade metodológica e aplicabilidade.

Noriega (2012) descreve que o software é capaz de importar imagens com os mais variados formatos já conhecidos na época, como .jpg e .png por exemplo. Após carregar a imagem, o software permite ao usuário rotacionar, aplicar filtros e dar zoom in/out na mesma. Além disso, o usuário pode também calibrar, determinando as dimensões do espaço real (em centímetros) e as dimensões da imagem (em pixels).

Após o processo de importação e calibragem da imagem, Noriega (2012) aponta que o usuário pode marcar os pontos utilizando o protocolo pré-estabelecido no ApLoB, importar um novo protocolo ou marcar os pontos de postura livremente. Posteriormente, o usuário também pode selecionar os pontos que serão usados na avaliação, realizando o cálculo das distâncias e dos ângulos entre os pontos. O autor explica que para medir as distâncias e os ângulos foi utilizada a classe `AnnotatedEllipse`, onde se encontram as funções básicas geométricas aos quais permite a obtenção das medidas do ângulo. A Figura 1 apresenta a interface do ApLoB, no qual pode-se observar os pontos de postura (pontos brancos) que são utilizados como base para a análise postural.

Figura 1 – Interface do ApLoB



Fonte: Noriega (2012).

De acordo com Noriega (2012), a acurácia do ApLoB e a do SAPO obtiveram resultados similares. Detectou-se uma variação nas distâncias entre os pontos de postura entre 0,2 cm e 1 cm, enquanto a variação entre os ângulos foram de 0 a 5 graus. Além disso, o autor verificou nos testes que o ApLoB implementa quase todas as funcionalidades que foram propostas, não conseguindo calcular os ângulos ao serem marcados 3 pontos de uma vez.

Noriega (2012) conclui que o software desenvolvido possui a maioria das funcionalidades existentes nas ferramentas de avaliação postural presentes no mercado e do SAPO. O autor também aponta que a ApLoB pode ser usada futuramente para adição de novas implementações ou extensões visto que todo o código fonte, modelagem e documentação estão disponíveis. Por fim, ele sugere como trabalho futuro o desenvolvimento de um

banco de dados para acompanhamento cronológico, possibilitando a geração de relatórios comparativos para verificar a evolução clínica do paciente.

2.2 APLICAÇÃO MÓVEL PARA AVALIAÇÃO POSTURAL USANDO VISÃO COMPUTACIONAL

Portela *et al.* (2019) desenvolveram um aplicativo para dispositivos móveis com a finalidade de auxiliar na detecção de possíveis desvios posturais em pessoas. Para a análise foram utilizadas como entradas fotos colhidas na internet. Segundo o autor, a análise contém cinco etapas, sendo elas: a conversão da imagem, a segmentação, a definição dos contornos, a identificação dos pontos e o cálculo dos ângulos.

Segundo Portela *et al.* (2019), na etapa de conversão da imagem, identifica-se qual característica da imagem indica as marcações que devem ser identificadas pelo algoritmo. Se as marcações são de cor branca ou reflexivas, é possível melhorar o desempenho do algoritmo em etapas posteriores convertendo a imagem original de RGB para escalas de cinza. Por outro lado, caso as marcações sejam de cores específicas, a imagem original é convertida para o formato Hue, Saturation e Value (HSV), pois facilita o processo de segmentação. Nele, Portela *et al.* (2019) utilizaram um método chamado *Thresholding*, que realça partes da imagem que se deseja avaliar, levando em consideração se o valor do pixel está acima de um determinado valor.

A partir da imagem segmentada, Portela *et al.* (2019) identificaram os pontos fotogramétricos (forma e posição), procurando estabelecer o ponto central. Os autores tentaram aplicar a transformada de Hough para formas circulares, porém eles explicam que não utilizaram esse método pois as marcações fotogramétricas poderiam apresentar formas circulares imperfeitas, devido às condições de iluminação, posição e qualidade da câmera. Desta forma foi utilizada uma abordagem alternativa, utilizando o método da biblioteca OpenCV chamada de *findContours*, que retorna uma lista de matriz de pontos contendo todos os contornos presentes na imagem.

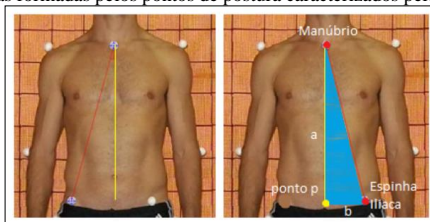
Segundo Portela *et al.* (2019), a identificação do centro dos pontos fotogramétricos é uma etapa essencial para o cálculo dos ângulos, pois a partir das coordenadas do centro de cada ponto é possível traçar os segmentos de retas que futuramente serão utilizadas para aferir os ângulos. Para fazer a identificação dos pontos centrais foi utilizado o método *moments*. **Erro! Fonte de referência não encontrada. exibe a equação** é utilizada para obter a extremidade de cada contorno e a **Erro! Fonte de referência não encontrada. a equação** é utilizada para calcular a centroide (PORTELA *et al.*, 2019).

$$M_{pq} = \sum_{x,y} x^p y^q I(x,y) \quad (1)$$

$$C = \frac{m_{10}}{m_{00}}, \frac{m_{01}}{m_{00}} \quad (2)$$

Portela *et al.* (2019) também descrevem que a aplicação proposta ~~por eles~~ visa fazer a análise das medidas fotogramétricas através da vista anterior e da vista posterior, utilizando relações trigonométricas para calcular os ângulos necessários para estas análises. Os autores apontam que ~~para fazer o cálculo dos ângulos e posteriormente a avaliação postural,~~ requer-se pontos de análise com duas referências anatômicas. Essas referências são a borda superior do Manúbrio e as espinhas ilíacas anteriores superiores, que formam dois segmentos de retas oblíquos, os quais formam ângulos com a linha vertical, conforme pode ser visto na Figura 2.

Figura 2 – Segmentos de retas formados pelos pontos de postura caracterizados pelo Manúbrio e Espinhas Ilíacas



Fonte: Portela *et al.* (2019).

Observando o contexto da Figura 2, Portela *et al.* (2019), identificaram a possibilidade da formação de triângulos retângulos a partir da definição do ponto P, utilizando a coordenada Y do ponto referente a Espinha Ilíaca e a coordenada X do ponto referente ao Manúbrio. Isto permitiu calcular os ângulos formados pelo segmento de reta entre o Manúbrio e a Espinha a partir da relação trigonométrica dada pela distância entre a Espinha Ilíaca e o ponto P (representado pela letra A), e a distância entre o Manúbrio e o ponto P (representado pela letra B).

Formatado: Realce

Formatado: Realce

Desta forma, **Erro! Fonte de referência não encontrada.** ~~apresenta a equação~~ é utilizada para encontrar os dois ângulos desejados para a realização da análise (PORTELA *et al.*, 2019).

Formatado: Realce

$$\alpha = \arctan\left(\frac{b}{a}\right) \quad (3)$$

Portela *et al.* (2019) descrevem que ao avaliar o contexto apresentado pela análise frontal na vista posterior, a solução para a identificação dos ângulos necessários para a análise postural, necessita da definição de mais três pontos na imagem para gerar três novos triângulos retângulos. Segundo os autores, com eles é possível aplicar o teorema de Pitágoras, tornando possível encontrar as distâncias entre os pontos P1 e P2, P2 e P3 e P1 e P3. Tendo os valores das distâncias, utilizou-se a lei dos cossenos (**Erro! Fonte de referência não encontrada.**) para encontrar os ângulos internos do triângulo formado pelos pontos P1, P2 e P3 (PORTELA *et al.*, 2019).

$$a^2 = b^2 + c^2 - 2 \cdot b \cdot c \cdot \cos(\alpha) \quad (4)$$

Segundo Portela *et al.* (2019), para a validação do aplicativo foram utilizadas imagens de procedimentos de avaliações posturais com fotogrametria colhidas na internet, pois ainda não existia uma base de dados pública contendo esse tipo de exame. Ao todo foram coletadas apenas quatro imagens que se encaixavam nos critérios necessários para fazer a validação. Foram testadas uma imagem da vista anterior e três imagens da vista posterior. O resultado da avaliação postural realizada no aplicativo foi comparado com os resultados destas mesmas imagens submetidas ao Software de Avaliação Postural (SAPO). O resultado obtido dessa comparação foi uma variação nas avaliações posturais entre 0,09 e 1,52 graus.

Portela *et al.* (2019) concluem que após os testes realizados a aplicação alcançou um resultado satisfatório, e ponderam que, se as imagens utilizadas fossem retiradas por meio de sensores, os resultados poderiam ser ainda melhores. Os autores também concluem que os objetivos primários foram alcançados, porém para se ter uma avaliação mais completa precisaria se levar em consideração uma quantidade de pontos maiores do que as utilizadas no aplicativo.

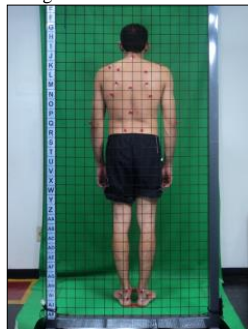
2.3 SISTEMA AUTOMÁTICO PARA AVALIAÇÃO POSTURAL BASEADO EM DESCRITORES DE IMAGENS

Paiva (2014) desenvolveu uma aplicação que visa classificar automaticamente a postura de um paciente utilizando marcadores ao longo do corpo. A aplicação obtém a posição dos marcadores e calcula os ângulos entre elas, colocando essas informações em um vetor de características. Com base nessas características, o sistema é treinado para classificar os pacientes de forma binária. Esta classificação separa as pessoas entre dois grupos: pessoas saudáveis ou pessoas com algum grau de desvio postural.

Segundo Paiva (2014), a ferramenta utilizada para criação da aplicação foi o MATLAB, pois possui uma linguagem de programação menos complexa que as demais. O autor ainda explica que optou pelo MATLAB pois possui todas as funcionalidades necessárias para fazer os tratamentos nas imagens, identificar as marcações, calcular os ângulos e em seguida fazer o treinamento do Support Vector Machine (SVM).

De acordo com Paiva (2014), as imagens utilizadas na aplicação podem ser de qualquer uma das vistas do corpo humano (anterior, posterior, lateral direito e lateral esquerdo). Na Figura 3 ~~pode-se ver~~apresenta uma imagem que servirá como entrada para a aplicação. O autor aponta que a grade é necessária pois serve como o fio de prumo da aplicação, pois caso a fotografia esteja inclinada, o sujeito e a grade vão estar também, mas na mesma perspectiva. Os pontos vermelhos são os marcadores que são utilizados posteriormente na aplicação para fazer o cálculo dos ângulos.

Figura 3 – Perfil Posterior



Fonte: Paiva (2014).

Paiva (2014) explica que para fazer a segmentação dos marcadores será utilizado a segmentação por cores. O sistema escolhido para esse processo foi o HSV, pelo motivo do mesmo ser mais robusto que o RGB, pois descreve a natureza da cor com apenas uma variável. A segmentação não se dá de forma totalmente automática, pois é natural que os limiares e a saturação não sejam os mesmos em todas as imagens. Para resolver este problema foi criado um programa para que esses limiares pudessem ser alterados facilmente.

Segundo Paiva (2014), a segmentação da grade poderia ser feita utilizando a segmentação por cores ou utilizando detecção de bordas. O autor aborda alguns algoritmos de detecção de bordas e explica que o escolhido foi o de Canny, pois apesar de sua complexidade foi o que conseguiu detectar melhor a grade. A imagem binária resultante da segmentação é processada utilizando a transformada de Hough, o que resulta num conjunto de valores de coordenadas da imagem.

Após a segmentação da grade e dos marcadores, Paiva (2014) explica que é possível pegar as coordenadas dos marcadores e, desta forma, os ângulos e as retas da grade podem ser calculados, sendo necessário pelo menos dois marcadores para realizar essa operação. Em relação ao sistema de classificação, o autor descreve que, para o treinamento da SVM, foi utilizado um banco de imagens pré-classificadas por um fisioterapeuta e que as características que serão avaliadas pelo treinamento serão os ângulos entre os marcadores.

Para realizar a validação da aplicação, Paiva (2014) relata que foram tiradas fotos de 39 participantes, mas para o classificador foi possível usar apenas 14 conjuntos de imagens, no qual 7 eram classificados como “possuem desvio postural” e outras 7 como “não possuem desvio postural”. Foram feitos 400 testes utilizando validação cruzada, em que os grupos foram escolhidos de forma aleatória e separados entre grupo de treinamento e grupo de teste. Devido ao número baixo de imagens para validação, a média de acertos do sistema foi de apenas 42,86%. Além disso, o autor realizou mais um teste, no qual todas as 14 amostras foram utilizadas para treinamento e teste. A partir dele, Paiva (2014) constatou que o classificador teve uma taxa de acerto de 100% e a acurácia de 42,86%.

Por fim, Paiva (2014) conclui que a cor vermelha não é a ideal para realizar a segmentação dos marcadores utilizando o sistema HSV, pois o corpo humano possui tons de rosa ou vermelhos que podem inserir artefatos indesejados na segmentação. Dessa forma, recomendou a cor azul para trabalhos futuros porque é a cor exatamente oposta ao vermelho. O autor também destaca que o desempenho do sistema pode ser considerado baixo, o que se deve principalmente ao número baixo de imagens para treinamento.

3 PROPOSTA

Este capítulo possui o objetivo de apresentar a justificativa para a realização desse trabalho, assim como os requisitos e as metodologias que serão adotadas. Serão apresentadas também breves revisões bibliográficas das principais áreas de estudo que serão exploradas.

3.1 JUSTIFICATIVA

No Quadro 1 é possível observar um comparativo entre os métodos escolhidos para a resolução dos problemas propostos pelos respectivos trabalhos, onde as linhas representam as características destacadas e as colunas representam os trabalhos.

Formatado: Realce

Quadro 1 - Comparativo dos trabalhos correlatos

Trabalhos Correlatos	Noriega (2012)	Portela <i>et al.</i> (2019)	Paiva (2014)
Características			
Cenário/Objetivo	Desenvolver um programa computacional para avaliação postural	Desenvolver uma aplicação para <i>smartphones</i> capaz de auxiliar na detecção de desvios posturais	Criar um sistema que faça a classificação automática de postura
Vistas do corpo humano utilizados para realizar a avaliação postural	4 (vista anterior, posterior, lateral direita e vista lateral esquerda)	2(vista anterior, posterior)	4 (vista anterior, posterior, lateral direita e vista lateral esquerda)
Partes do corpo consideradas para a avaliação	Corpo inteiro	Tronco	Corpo inteiro
Forma que os marcadores são posicionados	Digital	Digital	Física
Forma de seleção dos marcadores	O usuário pode escolher quais marcadores quer utilizar após a imagem ter sido carregada na aplicação	Utiliza marcadores pré-definidos para realizar a avaliação	Utiliza marcadores pré-definidos para realizar a avaliação
Utiliza Fotogrametria	Sim	Sim	Sim
Tipo da solução	Desktop	Dispositivos Móveis	Desktop
Métricas Calculadas	Distâncias e ângulos entre os pontos de postura	Distâncias e ângulos entre os pontos de postura	Distâncias e ângulos entre os pontos de postura
Técnicas utilizadas	-	<i>Threshold</i> , método <i>findContours</i> da biblioteca OpenCv	Transformada de Hough, <i>Threshold</i> , Detector de Canny

Fonte: elaborado pelo autor.

Conforme pode ser visualizado no Quadro 1, todos os trabalhos possuem objetivos relativamente semelhantes, o que os diferencia é o tipo da solução e a abordagem utilizada. Noriega (2012) desenvolveu um programa que se propõe a fazer uma análise postural completa do paciente, no qual o usuário pode importar uma imagem no software, marcar os pontos de postura desejados para a realização da análise e, logo em seguida, o resultado dos cálculos de distância e angulações são disponibilizados para avaliação. Paiva (2014) propõe um classificador automático de postura, no qual utiliza marcadores e realiza os cálculos das distâncias e ângulos para classificar os pacientes entre “não possui desvio postural” e “possui desvio postural”. Portela *et al.* (2019) desenvolveram uma aplicação para dispositivos móveis que analisa somente a parte do tronco, utilizando apenas fotos das vistas anterior e posterior do corpo. Mas, assim como os outros trabalhos, também utilizam a análise de distâncias e ângulos entre os pontos posturais para avaliar se há algum desvio postural no indivíduo.

Em relação a forma que os marcadores são posicionados no corpo do indivíduo, observa-se que apenas o trabalho desenvolvido por Paiva (2014) utiliza marcadores posturais físicos que são posicionados antes mesmo da foto ser tirada. No trabalho desenvolvido por Noriega (2012), a foto é capturada e depois importada no software. Com a foto importada, o usuário pode escolher se ele quer utilizar o padrão de marcadores presentes na própria aplicação ou importar um padrão novo ou marcar os pontos manualmente. Por fim, o trabalho de Portela *et al.* (2019) também insere os marcadores após a foto ser importada no aplicativo, porém possui um protocolo fixo de posicionamento dos marcadores para a realização de avaliação postural.

Também se observa que todos os trabalhos utilizam a fotogrametria para auxiliar na detecção de desvios posturais. Entretanto, pode-se perceber que os trabalhos desenvolvidos por Paiva (2014) e Portela *et al.* (2019) apresentam um detalhamento melhor das técnicas usadas na manipulação das imagens. Ambos os trabalhos utilizam técnicas de *thresholding* para realizar a segmentação das imagens. A diferenciação entre as duas aplicações propostas acontece na utilização da transformada de Hough, já que no trabalho desenvolvido por Paiva (2014) essa técnica apresentou um resultado satisfatório. Enquanto, no trabalho de Portela *et al.* (2019) o resultado não foi tão bom, fazendo com que os autores optassem pelo método *findContours*. O trabalho detalhado por

Comentado [AS3]: Rever redação.

Noriega (2012) traz algumas informações sobre bibliotecas utilizadas, mas não traz uma descrição mais aprofundado sobre técnicas utilizadas pela ferramenta na manipulação das imagens.

Diante deste cenário, este trabalho se mostra importante, pois visa desenvolver uma aplicação, utilizando fotogrametria, capaz de auxiliar na recuperação de pessoas que sofreram um AVC. Uma das principais sequelas de um AVC é a paralisia dos membros superiores de um lado do corpo, o que resulta muitas vezes em desvios posturais, pois o paciente acaba involuntariamente jogando o peso do corpo sobre o outro lado. Para amenizar esses sintomas, os pacientes são submetidos a sessões de fisioterapia, e é justamente nesse segmento que esse trabalho se torna relevante. Ele propõe a criação de uma aplicação que, comparando os dois lados do corpo do paciente, ajude na avaliação postural, gerando um relatório de acompanhamento que indica se o tratamento está surtindo efeito.

Outro ponto relevante é que as avaliações de desvios posturais atualmente dependem muito da experiência e capacidade de interpretação dos profissionais que realizam a análise. A forma mais comum de comprovação de desvios posturais é por meio da utilização de exames de imagem, sendo o Raio-X a mais utilizada. O Raio-X, se utilizado muitas vezes em um paciente, aumenta a possibilidade de o mesmo desenvolver algum tipo de câncer. Neste sentido, aplicações que utilizam fotogrametria vêm ganhando cada vez mais espaço, pois é uma alternativa de baixo custo e menos invasiva para auxiliar nas avaliações posturais, além de ser uma ferramenta bastante útil para acompanhar a evolução postural dos pacientes. Diferente das avaliações posturais por imagem que utilizam Raio-X, as avaliações que utilizam fotogrametria oferecem um *feedback* rápido ao avaliador, possibilitando ao mesmo, caso necessário, refazer o procedimento instantaneamente, evitando assim possíveis contratempos gerados pela remarcação de um novo procedimento. A utilização dos *smartphones* nesses procedimentos geram uma facilidade grande para a obtenção das imagens. Além disso, a aplicação proposta pode servir como ferramenta para troca de informações entre profissionais da saúde, pois caso haja a substituição do fisioterapeuta, seu sucessor poderá visualizar o histórico do paciente e assim continuar o que estava sendo feito ou propor novas alternativas para o tratamento. No processo de obtenção da imagem, será avaliado-avaliada a necessidade da utilização de um fundo quadriculado para servir como referência para as avaliações posturais.

3.2 REQUISITOS PRINCIPAIS DO PROBLEMA A SER TRABALHADO

A aplicação a ser desenvolvida deverá:

- a) permitir o cadastro de pacientes (Requisito Funcional – RF);
- b) permitir ao usuário possa capturar imagens anteriores e posteriores dos membros superiores do corpo a partir do *smartphone* (RF);
- c) permitir que o usuário possa importar imagens (RF);
- d) permitir que o usuário possa marcar os pontos de postura (RF);
- e) permitir ao usuário selecionar os pontos de postura que serão utilizados na análise postural (RF);
- f) a partir da marcação do Manúbrio estabelecer a linha vertical de prumo (RF);
- g) calcular os ângulos e as distâncias entre os pontos posturais utilizando algoritmos de visão computacional (RF);
- h) estabelecer o grau de simetria entre os lados direito e esquerdo do corpo do paciente (RF);
- i) demonstrar visualmente as medidas das angulações entre os pontos de postura e as diferenças de simetria entre os lados direito e esquerdo do corpo do paciente (RF);
- j) realizar o cálculo das medidas de fotogrametria em um tempo máximo de 1 minuto (Requisito Não Funcional – RNF);
- k) ser desenvolvido utilizando a linguagem de programação Python (RNF);
- l) utilizar a linguagem Flutter para o desenvolvimento da aplicação para *smartphones* (RNF);
- m) utilizar a biblioteca OpenCV para realizar o processamento das imagens (RNF);
- n) utilizar o banco de dados SQLite para persistir os dados offline (RNF).
- o) utilizar o framework Flask no back-end (RNF).

3.3 METODOLOGIA

O trabalho será desenvolvido observando as seguintes etapas:

- a) acompanhamento clínico: acompanhar atendimentos realizados no Centro de Reabilitação da Furb II, com pacientes que sofreram AVC, para entendimento do problema e constatação de necessidades reais;
- b) submissão ao conselho de ética: escrita e cadastro do trabalho na plataforma Brasil e submissão para o conselho de ética da FURB. Ressaltando que em cada experimento será solicitado aos pacientes a assinatura do Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE);
- c) levantamento bibliográfico: estudar os assuntos relacionados à acidente vascular cerebral, avaliação

- postural, fotogrametria e trabalhos correlatos;
- reavaliação de requisitos: baseando-se na etapa anterior, reavaliar os requisitos propostos para a aplicação, e caso necessário, realizar alterações;
 - especificação da aplicação para *smartphones*: utilizar a ferramenta de diagramação Enterprise Architect (EA) para elaborar os diagramas de caso de uso e de atividades de acordo com a Unified Modeling Language (UML);
 - implementação: a partir do item (e) implementar a aplicação para *smartphones* utilizando a linguagem Flutter;
 - testes da aplicação para *smartphones*: elaborar testes para validar a usabilidade da aplicação junto aos profissionais da área da saúde;
 - definição de algoritmos para extrair medidas fotogramétricas: pesquisar métodos utilizados para extrair/estabelecer medidas a partir de imagens;
 - definição de algoritmos para cálculo da simetria: pesquisar métodos utilizados para estabelecer a simetria corporal dos lados direito e esquerdo nas visões frontal e anterior;
 - implementação da análise postural: a partir dos itens (h) e (i), realizar a implementação da análise postural utilizando a biblioteca OpenCV, a linguagem de programação Python e no ambiente de desenvolvimento Google Colab;
 - testes: verificar a eficiência e assertividade das medidas fotogramétricas e de simetria assim como a comprovação dos resultados junto aos profissionais da saúde / fisioterapeutas.

As etapas serão realizadas nos períodos relacionados no Quadro 2.

Quadro 2 – Cronograma de atividades a serem realizadas

etapas / quinzenas	2021											
	jun.		jul.		ago.		set.		out.		nov.	
	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2
acompanhamento clínico												
submissão ao conselho de ética												
levantamento bibliográfico												
reavaliação de requisitos												
especificação da aplicação para <i>smartphones</i>												
implementação												
testes da aplicação para <i>smartphones</i>												
definição de algoritmos para extrair medidas fotogramétricas												
definição de algoritmos para cálculo da simetria												
implementação da análise postural												
testes												

Fonte: elaborado pelo autor.

4 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

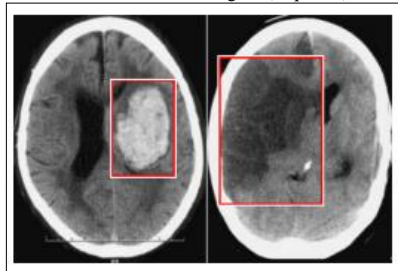
Este capítulo está dividido em duas seções. A seção 4.1 aborda o Acidente Vascular Cerebral. Por fim, a seção 4.2 discorre sobre avaliação postural e fotogrametria.

4.1 ACIDENTE VASCULAR CEREBRAL

Segundo Ferla, Grave e Perico (2015), o Acidente Vascular Cerebral (AVC) ocorre em decorrência da interrupção do aporte sanguíneo para determinada região do encéfalo. A etiologia mais comum do AVC decorre de doenças cardiovasculares que afetam a circulação cerebral. Os autores ainda ressaltam que as artérias média, posterior e anterior são as mais comumente acometidas, ou os seus ramos perfurantes menores que vão para as partes mais profundas do cérebro. Cancela (2008) relata que indivíduos que tenham sofrido um AVC, tem as reações posturais automáticas comprometidas no hemisfério afetado (respostas motoras desenvolvidas na infância), o que impede o indivíduo de usar uma variedade de padrões de postura e movimento essenciais para a realização de atividades funcionais como se sentar, manter a posição de pé, andar e realizar atividades do cotidiano.

Segundo o Ministério da Saúde (2016), existem dois tipos de AVC que podem ocorrer, os quais são: o AVC Isquêmico e o AVC Hemorrágico. O AVC Isquêmico ocorre quando há obstrução de um vaso sanguíneo, bloqueando o seu fluxo para as células cerebrais. Já o AVC Hemorrágico é o resultado da ruptura de um vaso, com consequente sangramento intraparenquimatoso ou subaracnóideo. A Figura 4 exemplifica a ocorrência das duas variações do AVC.

Figura 4 – Tomografia do crânio: AVC hemorrágico (esquerda) e AVC isquêmico (direita)



Fonte: Aguiar (2018).

Segundo o Ministério da Saúde (2016), a pessoa que sofreu um AVC pode apresentar diversas limitações em consequência do evento e a recuperação é diferente em cada caso. Além disso, o autor também ressalta que o atendimento médico imediato, aliado à uma reabilitação adequada, pode minimizar as incapacidades, evitar sequelas mais severas e proporcionar ao indivíduo o retorno mais breve possível as suas atividades cotidianas.

Oliveira *et al.* (2017), descrevem que o AVC resulta em sequelas físicas, funcionais e comunicativas gerando incapacitação e dependência dos acometidos. Essas sequelas podem resultar em perda de força, sensibilidade, capacidade de movimentação em diversas áreas corporais, distúrbios de linguagem, depressão, distúrbios visuais, ~~perda~~ perda de equilíbrio e coordenação, podendo assim comprometer a autoestima, a autoimagem e as interações intrafamiliares e sociais do paciente.

Azolin (2016) destaca que grande parte das pessoas que sobrevivem a um AVC apresentam hemiplegia e possuem como comprometimento mais evidente, manter-se em uma posição de assimetria postural, com uma distribuição de peso menor sobre o hemicorpo afetado. Essa assimetria e a dificuldade de manter o controle postural, impedem a orientação e estabilidade do paciente para realizar movimentos ou sustentar o equilíbrio do corpo.

4.2 AVALIAÇÃO POSTURAL E FOTOGRAMETRIA

Alves *et al.* (2017) conceitua que a postura humana pode ser descrita como o posicionamento de todos os segmentos corporais em equilíbrio num determinado momento. Nesse sentido, a busca pela postura correta é importante para a manutenção de boas condições de saúde. Por sua vez, Carneiro e Teles (2012) conceituam postura como um termo geral definido como posição, atitude ou disposição relativa das partes do corpo para uma atividade específica. Uma boa postura pode ser caracterizada por um equilíbrio das forças que mantêm as estruturas corporais e a coluna vertebral em uma posição adequada, o que resulta numa menor sobrecarga nos músculos e articulações.

Para Costa *et al.* (2018), existe fisiologicamente uma postura ideal para cada pessoa. Ela é caracterizada por um bom alinhamento corporal e uma posição que exija o mínimo de estresse aplicado sobre as articulações e a mínima atividade muscular para sua manutenção. Os autores ainda apontam que, má postura é a posição que causa um estresse sobre determinadas articulações, pois o peso fica distribuído no sistema musculoesquelético sobre estruturas menos capazes de suportá-lo, causando alterações físicas e dores no corpo.

Santos e Fantinati (2011) ressaltam que a avaliação postural é de fundamental importância para mensurar qualquer desequilíbrio postural e adequar a postura da melhor forma possível a cada indivíduo, sendo os objetivos visualizar, determinar e mensurar possíveis desalinhamentos posturais. Ferreira (2005 apud Mota *et al.*, 2011) aponta que a avaliação da postura é o passo inicial para qualquer tratamento fisioterapêutico, pois a partir da observação do alinhamento corporal, cria-se a hipótese de distribuição da carga e solicitação mecânica nas estruturas. Porém, a avaliação postural, na maioria das vezes, é realizada de forma subjetiva pela inspeção visual e depende da habilidade e experiência na interpretação dos resultados.

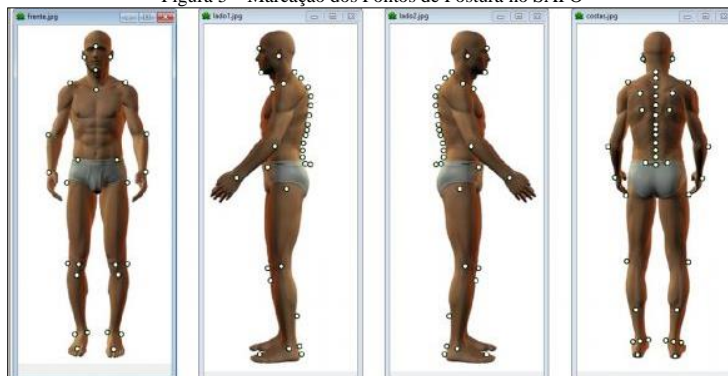
Para Nascimento (2018) existem várias maneiras de avaliar a postura na prática clínica e na pesquisa de forma quantitativa e qualitativa. As maneiras de avaliação que mais se destacam são: através da avaliação da linha horizontal entre as cristas ilíacas, medidas com fita métrica entre os pontos anatômicos após a palpação, posturografia, análise da fotogrametria e grade de alinhamento postural.

Segundo Malko *et al.* (2020), a fotogrametria é uma ferramenta de avaliação postural, sendo definida pela American Society of Photogrammetry (ASPRS) como: a obtenção de informação confiável através de processos de gravação, medição e interpretação de imagens fotográficas que permite a análise biomecânica da

Comentado [AS4]: Ver comentário na 1ª pág

postura em posição estática. Segundo Rocha *et al.* (2015), a fotogrametria utiliza-se de equipamentos digitais para a aquisição de imagens, e softwares para a análise e quantificação dos desvios posturais através de pontos de referências brevemente marcados, conforme apresenta a Figura 5.

Figura 5 – Marcação dos Pontos de Postura no SAPO



Fonte: Duarte *et al.* (2005)

Para Santos e Fantinati (2011), a fotogrametria surgiu para facilitar o trabalho dos profissionais da área da saúde. Este método consiste em aplicar a fotogrametria a curta distância, geralmente para extrair medidas das formas e dimensões do corpo humano. Desta forma, surgiu a Biofotogrametria Computadorizada, que se desenvolveu pela aplicação dos princípios fotogramétricos às imagens fotográficas obtidas em movimentos ou posicionamentos corporais, facilitando assim, a avaliação postural.

Mucciaroni (2014) destaca que o avanço tecnológico das câmeras digitais, fornece imagens a baixo custo, com uma relação custo-benefício favorável, de fácil armazenamento, conservação, longevidade das gravações e rápida comunicabilidade, reforçando a importância e utilidade da fotogrametria. Outra vantagem desse método é o tempo reduzido de exposição e constrangimento dos pacientes durante as avaliações clínicas. Além do controle direto da fotografia, se o avaliador perceber que o objetivo não foi alcançado, o procedimento pode ser repetido quantas vezes forem necessárias, sem o agendamento de um novo compromisso com o paciente.

REFERÊNCIAS

- AGUIAR, Paulo V. *et al.* Application of the NetLogo Tool in Ischemic Stroke Simulation. In: ENCONTRO NACIONAL DE INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL E COMPUTACIONAL (ENIAC), 15, 2018, São Paulo. **Anais [...]**. Porto Alegre: Sociedade Brasileira de Computação, 2018, p. 596-607.
- ALVES, Ricardo S. *et al.* Análise intra e interavaliadores da projeção do centro de massa do corpo obtido por fotogrametria. **Fisioterapia e Pesquisa**, [S.l.], v. 24, n. 4, p. 349-355, 2017.
- AZOLIN, Valéria P. **Avaliação do controle postural e sua relação com o hemisfério acometido no acidente vascular cerebral**. 2016. 59 f. Monografia (Especialização) – Especialização em Reabilitação Físico-Motora, Universidade Federal de Santa Maria, Rio Grande do Sul.
- CANCELA, Diana M. G. O acidente vascular cerebral – classificação, principais consequências e reabilitação. **O portal do Psicólogo**, Porto, 2008. Disponível em: < <https://www.psicologia.pt/artigos/textos/TL0095.pdf> >. Acesso em: 17 abr. 2021.
- CARNEIRO, Paula R.; TELES, Lúcia C. S. Influência de alterações posturais, acompanhadas por fotogrametria computadorizada, na produção da voz. **Fisioterapia em Movimento**, [S.l.], v. 25, n. 1, p. 13-20, 2012.
- COSTA, Renata *et al.* Patologias Relacionadas à má Postura em Ambiente Escolar-Revisão de Literatura. **Revista Perspectiva: Ciência e Saúde**, [S.l.], v. 3, n. 2, p. 78-89, 2018.
- DUARTE, Marcos *et al.* **SAPO – Software para Avaliação Postural**. [S.l.], 2005. Disponível em: <<http://pesquisa.ufabc.edu.br/bmclab/sapo/>>. Acessado em: 06 jun. 2021.
- FERLA, Fabiola. L.; GRAVE, Magali; PERICO, Eduardo. Fisioterapia no tratamento do controle de tronco e equilíbrio de pacientes pós AVC. **Revista Neurociências**, [S.l.], v. 23, n. 2, p. 211-217, 30 jun. 2015.
- MALKO, Rita. C. N. *et al.* Análise de desvios posturais em indivíduos com Doença de Parkinson avaliados pela fotogrametria. **Revista Neurociências**, [S.l.], v. 28, p. 1-14, 21 jul. 2020.

MINISTÉRIO DA SAÚDE. **Diretrizes de atenção à reabilitação da pessoa com acidente vascular cerebral**. Ministério da Saúde. Secretaria de Atenção à Saúde. Departamento de Ações Programáticas Estratégicas. – Brasília: ministério da Saúde, 2016. 72p.: il.

_____. **Acidente Vascular Cerebral – AVC**. [S.l.], 2020. Disponível em: <<https://www.gov.br/saude/pt-br/assuntos/saude-de-a-a-z-1/a/avc-o-que-e-causas-sintomas-tratamentos-diagnostico-e-prevencao>>. Acesso em: 12 abr. 2021.

MOTA, Yomara L. *et al.* Influência da resolução e da distância da câmera nas medidas feitas pelo software de avaliação postural (Sapo). **Revista Brasileira de Medicina do Esporte**, [S.l.], v. 17, n. 5, p. 334-338, 2011.

MUCCIARONI, Thaís Silva. **Utilização da fotogrametria digital e da estabilometria para avaliação postural pós-acidente vascular encefálico**. 2014. Dissertação (Mestrado). Universidade de São Paulo, São Paulo.

NASCIMENTO, Nathalya I. C. N. **Dispositivo para avaliação postural em ambiente tridimensional**. 2018. 43 f. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal do Pará, Instituto de Ciências Biológicas, Belém. Programa de Pós-Graduação em Neurociências e Biologia Celular.

NORIEGA, Carlos E. L. **Desenvolvimento de um programa computacional para avaliação postural de código aberto e gratuito**. 2012. 83 f. Dissertação (Mestrado) - Programa de Pós-Graduação em Psicologia, Universidade de São Paulo, São Paulo.

OLIVEIRA, Edilaine C. *et al.* Cuidados pós-alta em pacientes idosos com sequelas de acidente vascular cerebral: planejamento de alta hospitalar. **Revista Saúde e Desenvolvimento**, [S.l.], v. 11, n. 9, p. 172-197, 2017.

PAIVA, Gian L. O. **Sistema automático para avaliação postural baseados em descritores de imagens**. 2014. Dissertação (Graduação) – Dissertação de graduação em engenharia eletrônica, Universidade de Brasília, Distrito Federal.

PORTELA, Helano M. B. F. *et al.* **Aplicação Móvel Para Avaliação Postural Usando Visão Computacional**. [S.l.], [2019]. Disponível em <<https://www.researchgate.net/profile/Helano-Miguel-Portela/publication/338206151>>. Acesso em: 01 abr. 2021.

ROCHA, Emanuel A. B. *et al.* Confiabilidade inter e intraexaminador da fotogrametria computadorizada por meio do software AutoCAD® R12. **ConScientiae Saúde**, [S.l.], v. 14, n. 4, p. 617-626, 2015.

SANTIAGO, Ana P. A. *et al.* Efeitos da terapia por contenção induzida no tratamento de pacientes hemiparéticos do pós-AVE. **Revista Científica Univiçosa**, [S.l.], v. 7, p. 472-478, dez. 2015.

SANTOS, Ana; FANTINATI, Adriana. Os principais softwares utilizados na biofotogrametria computadorizada para avaliação postural: uma revisão sistemática. **Movimenta**, [S.l.], v. 4, n. 2, p. 139-148, 3 mar. 2011.

SARTURI, Caroline A. *et al.* Análise da postura corporal de hemiplégicos por meio da biofotogrametria: um estudo de caso. **VITTALLE-Revista de Ciências da Saúde**, [S.l.], v. 26, n. 1, p. 21-28, 2014.

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: Augusto Felipe Hornburg

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: () APROVADO () REPROVADO

Assinatura: _____ Data: 21/06/2021 _____

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: Augusto Felipe Hornburg

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.