

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL
ESCOLA DE ENGENHARIA
PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE MINAS, METALÚRGICA E DE
MATERIAIS
CIÊNCIA E TECNOLOGIA DOS MATERIAIS**

Leandro Medeiros da Silva

**SELEÇÃO DE MATERIAIS E DESIGN EM PRODUTOS ESPORTIVOS:
ESTUDO DO PERFIL INTERNO DE CANELEIRAS PERSONALIZADAS**

Porto Alegre
2011

LEANDRO MEDEIROS DA SILVA

**SELEÇÃO DE MATERIAIS E DESIGN EM PRODUTOS ESPORTIVOS: ESTUDO
DO PERFIL INTERNO DE CANELEIRAS PERSONALIZADAS**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Minas, Metalúrgica e de Materiais – PPGE3M, ênfase em Ciência e Tecnologia dos Materiais, da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, como requisito parcial à obtenção do título em Mestre em Engenharia.

Orientador: Prof. Dr. Wilson Kindlein Junior

Porto Alegre
2011

LEANDRO MEDEIROS DA SILVA

**SELEÇÃO DE MATERIAIS E DESIGN EM PRODUTOS ESPORTIVOS:
ESTUDO DO PERFIL INTERNO DE CANELEIRAS PERSONALIZADAS**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Minas, Metalúrgica e de Materiais – PPGE3M, ênfase em Ciência e Tecnologia dos Materiais, da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, como requisito parcial à obtenção do título em Mestre em Engenharia.

Defendida e aprovada em:

16/12/2011

Orientador: Prof. Dr. Wilson Kindlein Junior
PPGEM - UFRGS

Banca Examinadora:

Prof. Dr. Leonardo Alexandre Peyré Tartaruga

Prof. Dr. Luis Henrique Alves Cândido

Prof. Dr. Tatiana Louise Ávila de Campos Rocha

Prof. Dr. Telmo Strohaecker
Coordenador do PPGEM

DEDICATÓRIA

Aos meus pais que sempre me ajudaram e estiveram ao meu lado em todas as conquistas e dificuldades, sem eles nada disso teria sido possível.

A minha namorada que sempre me ajudou e me incentivou em todos os momentos e que sempre compreendeu as dificuldades pelas quais passei.

A toda minha família pelo respeito e carinho e por sempre estarem disponíveis quando eu precisei.

A minha avó, meu suporte ao longo da vida.

Ao meu irmão simplesmente por existir.

AGRADECIMENTOS

Aos meus colegas do LdSM que sempre me ajudaram e tiveram toda a paciência comigo, enquanto me ensinavam sobre design e a operar os equipamentos, em especial ao Rafael, Fábio, Lara, Sílvia e ao Cláudio. Sem a sua ajuda e disponibilidade essa dissertação não seria possível.

Gostaria de agradecer ao Hospital de Clínicas, em especial ao engenheiro Paulo Roberto Stefani Sanches e ao professor Luís Alberto dos Santos, que tornaram possível a utilização do tomógrafo para este trabalho.

Ao professor Wilson Kindlein Junior que me deu uma oportunidade e me recebeu como seu aluno orientando, agradeço por todo o seu auxílio e ajuda.

A todas as pessoas que, de alguma forma, ajudaram na realização dessa dissertação.

Muito obrigado a todos!

RESUMO

O futebol é o esporte mundial com maior quantidade de praticantes no mundo e suas normas são produzidas pela IFAB (Conselho da Associação Internacional de Futebol) e regulamentadas pela FIFA (Federação Internacional de Futebol Associado), sendo um esporte que gera milhões de reais em patrocínios e propaganda. A antropometria dos atletas praticantes pode variar muito, tanto em nível amador quanto profissional, apesar de estudos demonstrarem que atletas de mesma posição (atacantes, laterais, goleiros e outros), que desempenham a mesma função dentro do jogo, tem a tendência a apresentarem características semelhantes. No caso das caneleiras, esses atletas ainda utilizam, na grande maioria, equipamentos *Standard*, o que contribui para o elevado número de lesões que ocorrem anualmente com os jogadores de futebol, embora as técnicas de preparação física e testes de esforço tenham evoluído muito nos últimos anos. Em função disso, os equipamentos esportivos utilizados devem evoluir cada vez mais para diminuir a incidência de lesões, aumentando o conforto e a proteção aos atletas. Considerando que a caneleira é o único equipamento de proteção obrigatório exigido pela FIFA, a personalização deste produto se torna uma prática interessante. Nesse trabalho, a obtenção de caneleiras personalizadas ocorre de três maneiras distintas, por modelagem em gesso, digitalização e tomografia. Os resultados indicam que os três métodos são satisfatórios para a produção de uma caneleira personalizável, pois em todos foi possível obter a geometria da canela e reproduzi-la em polipropileno através da termoformagem, desenvolvendo assim um equipamento que se encaixa perfeitamente à canela do usuário. Cada método apresenta uma vantagem específica frente aos outros, o molde feito em gesso é o método mais barato e fácil, a tomografia computadorizada poderia ser obtida previamente em análises ou previsões de lesões e o jogador poderia aproveitar a mesma para a criação da sua caneleira personalizada economizando tempo ao usuário e por último a digitalização é o método mais preciso com a melhor repetibilidade.

Palavras-chave: Equipamentos esportivos personalizados. Design de caneleiras. Seleção de materiais para esporte. Equipamentos de futebol. Modelagem de caneleiras. Digitalização 3D.

ABSTRACT

Football is the sport worldwide with the largest number of practitioners in the world and its standards are produced by the IFAB (Council of International Football Association) and regulated by FIFA (Federation Internationale de Football Association), being a sport that generates millions of dollars in sponsorships and advertising. The athletes in the anthropometry can vary greatly, both at amateur and professional, despite studies showing that athletes from the same position (forwards, sides, goalkeepers and others) that perform the same function within the game, you tend to have characteristics similar. In the case of shin guards, these athletes are still using, in most cases, standard equipment, which contributes to the high number of injuries that occur each year with the football players, although the techniques of physical fitness and physical exhaustion tests have evolved in very recent years. As a result, the sports equipment used must evolve more and more to decrease the incidence of injuries, enhancing comfort and protection for athletes. Whereas the shin guard is the only required protective equipment required by FIFA, the customization of this product becomes an interesting practice. In this work, obtaining custom leggings will occur in three ways, by modeling plaster, and CT scan. The results indicate that the three methods are satisfactory for the production of a customizable shin guard, because in all it was possible to copy the geometry of shank and play it through the polypropylene in thermoforming, thus obtaining a device that perfectly fits the shank of the user. Each method has an advantage compared to the other specifies the plaster cast made the method is cheaper and easier, a CT scan could be obtained previously in analysis of injury and the player could use it to create your custom shinguard saving time to user and finally the scan is the most accurate method with the best repeatability.

Keywords: *Custom sports equipment. Shin design. Materials selection for sports. Soccer equipment. Shin modeling. 3D scanning.*

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Diferenças proporcionais entre raças	21
Figura 2 - Adaptado de comparação da distribuição da variável peso da população masculina da John Deere Brasil	24
Figura 3 - Princípio de operação do sensor conoscópio a laser	30
Figura 4 - Varredura por linha	32
Figura 5 - Digitalização de um assento por Scanner 3D	32
Figura 6 - Imagens do crânio geradas em um exame de TC	35
Figura 7 - a) Visualização dos planos (2D) realizados na tomografia b) Superfícies (3D) montadas a partir dos planos (2D)	35
Figura 8 – a) Ferramenta de usinagem (fresa) b) Protótipo usinado em PU	36
Figura 9 - Chapas de 1 e 2 mm de PS termoformadas	38
Figura 10 – Adaptado de hipotético mecanismo de fratura do tornozelo	42
Figura 11 – (a) Radiografia mostrando fraturas na tíbia e fíbula; (b) Radiografia posterior à fixação intramedular da tíbia	42
Figura 12 - Irritação na canela de uma criança em função do uso da caneleira	44
Figura 13 - Visão das camadas de uma caneleira: (a) Caneleira D (b) Caneleira E (c) Visão transversal desses modelos e sua segmentação	47
Figura 14 - Equipamento personalizado: (a) Caneleira fabricada a partir do perfil da canela (b) Perfil que é retirado a partir da canela	50
Figura 15 - a) Visualização do processo de digitalização do perfil da perna por pontos b) Processo de digitalização por pontos do molde positivo em gesso	52
Figura 16 - a) Foto da caneleira, marca A b) Visualização da Caneleira A digitalizada	53
Figura 17 - a) Digitalização por pontos do molde positivo de gesso digitalizado b) Digitalização por linha do molde positivo em gesso	53
Figura 18 - Comparação dos dois modelos gerados, análise diferencial entre modelos: (a) Análise 3D da diferença, escala de 1 a 10 mm (b) Análise 3D da diferença, escala de 0 a 1 mm	54
Figura 19 - Visualização de diferentes etapas da digitalização de um objeto, onde o objeto foi digitalizado em partes separadas para sua posterior montagem	55
Figura 20 - Caneleira digitalização e modelada no Geomagic Studio	55
Figura 21 - a) Produto não pode ser digitalizado, por que sua cor prejudica a captação do laser pelo sensor, ocasionando dispersão do sinal b) Alteração da cor do objeto através do uso de um revelador não aquoso para aumentar a captação do laser.	56
Figura 22 - Procedimento de digitalização 3D de uma caneleira, onde foi necessário alterar a cor do objeto com Spray D-70, emulsão não aquosa.	56

Figura 23 - Foto do procedimento da digitalização da canela de um usuário	57
Figura 24 - Duas Canelas digitalizadas de usuários diferentes por linhas. É possível observar diferenças no perfil entre as duas canelas a) usuário x b) usuário y	57
Figura 25 - Foto do procedimento da digitalização a) com a meia fina b) sem a meia fina	58
Figura 26 - Arquivo warp final da digitalização: (a) com meia fina (b) sem meia fina	58
Figura 27 - Comparação entre os dois modelos	59
Figura 28 - Procedimento para a obtenção de molde negativo de gesso	60
Figura 29 - Resultado final do molde negativo	60
Figura 30 - Fotos do procedimento para obtenção do molde positivo de gesso	60
Figura 31 - Molde de gesso digitalização por linhas no Konica Minolta Vivid 9i	61
Figura 32 - Aparelho de tomografia utilizado para a realização das análises	62
Figura 33 - Tomografia das duas canelas, a) convertidas em stl b) Manipuladas no Geomagic Studio 10.0	63
Figura 34 - a) Bloco de PU usado como base para a usinagem do perfil da canela b) perfil da perna durante processo de usinagem	63
Figura 35 - Nuvem de pontos do perfil da canela usinado em PU originado a partir da tomografia	64
Figura 36 - Suporte do molde (a) em gesso e conectado ao aparelho de vácuo e (b) em P.U furado para ser fixado para termoformagem	65
Figura 37 - Molde positivo de gesso preso no suporte e recoberto por um pano de algodão branco com espessura de 3 mm	65
Figura 38 - Molde de gesso no suporte revestido com E.V.A amolecido em forno	66
Figura 39 - Molde sendo revestido com polipropileno, ainda mole recém retirado do forno	66
Figura 40 - Molde gesso recebendo a camada de polipropileno: (a) molde em gesso (b) moldes em P.U	67
Figura 41 - Molde de polipropileno sendo cortado e ajustado	67
Figura 42 - Realização da colagem entre o E.V.A e o polipropileno	68
Figura 43 - Ajustes finais entre as partes e remoção de cantos	68
Figura 44 - Análise de FTIR da parte interna da caneleira	69
Figura 45 - Análise do peso de uma caneleira e embalagem	69
Figura 46 - Encaixe entre a canela e a caneleira, (a) encaixe adequado (b) encaixe inadequado, mesma classificação de usuários	71
Figura 47 – (a) Canela desnuda (b) Canela com meia (c) Comparação 3D entre as duas	73
Figura 48 - Caneleira personalizada: (a) Molde marcado (b) Impressões na caneleira	74
Figura 49 - Diferença entre os encaixes: (a) Ajuste programa (b) Ajuste com guia	75
Figura 50 - Análise FTIR, polipropileno encontrado confirmado este material como um dos mais utilizados na fabricação de caneleiras no Brasil	76
Figura 51 - Análise FTIR, polietileno encontrado confirmando este material como um dos mais utilizados na fabricação de caneleiras no Brasil	76
Figura 52 - (cm) dos usuários versus padrões estabelecidos pelos fabricantes	77
Figura 53 - Relação entre área e peso, entre as caneleiras standard e uma média das caneleiras personalizadas	78

Figura 54 - Comparação entre diferentes perfis de canelas: (a) (1 e 2), IMCs próximos, 0,93 diferença; (b) Perfil (3 e 4) possuem IMCs distantes, 5,48 diferença	79
Figura 55 - (a) Caneleira fabricada por meio de digitalização 3D e usinagem CNC (b) Análise comparativa entre o perfil da canela e o perfil de caneleira fabricada por digitalização 3D (c) Caneleira fabricada por meio de tomografia computadorizada (d) Análise comparativa entre o perfil da canela e o perfil da caneleira fabricada por tomografia (e) Caneleira fabricada por meio de moldagem em ataduras gessadas (f) Análise comparativa entre o perfil da canela e o perfil da caneleira fabricada por molde em gesso	80
Figura 56 - (a) Caneleira Standard A, analisada suas diferenças de encaixe 3D com a canela do usuário (b) Caneleira Standard B, analisada suas diferenças de encaixe 3D com a canela do usuário (c) Caneleira Standard C, analisada suas diferenças de encaixe 3D com a canela do usuário	81
Figura 57 - Visualização da análise bidimensional da intersecção entre o perfil da canela e o perfil interno da caneleira para auxílio a interpretação da análise dimensional (3D), possibilidades distintas a) distancia menor de 1mm, tanto positiva quanto negativa b) distancia igual a 3mm tanto positivo quando negativo c) distancia maior do que 8mm tanto positivo quando negativo.	82
Figura 58 - Resultado final caneleira personalizada ao perfil da canela	83
Figura 59 - Comparação entre a caneleira personalizada e um modelo comercial para um mesmo usuário	83
Figura 60 - Caneleira personalizada (a) Moldagem em gesso (b) Tomografia computadorizada (c) Digitalização	84

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Dados antropométricos da população da fábrica John Deere Brasil (no RS) da População economicamente ativa do Rio de Janeiro e da população americana	23
Tabela 2 - Dados utilizados na tomografia computadorizada	61
Tabela 3 - Padrão fabricante A, fornecido na embalagem da caneleira	70
Tabela 4 - Padrão B, fornecido na embalagem da caneleira	70
Tabela 5 - Padrão C, fornecido na Internet	70

LISTA DE ABREVIATURAS OU SIGLAS

AFC	Confederação Asiática de Futebol
ANAC	Agência Nacional de Aviação Civil
CAE	Engenharia Assistida por Computador
CAF	Confederação de Futebol Africana
CAM	Produção Assistida por Computador
CCD	Couple Charge Devices
CNC	Controle Numérico Computadorizado
CONCACAF	Confederação de Futebol da América do Norte, Central e Caribe
CONMEBOL	Confederação Sul Americana de Futebol
E.V.A	Etil Vinil Acetato
IFAB	Conselho da Associação Internacional de Futebol
FIFA	Federação Internacional de Futebol Associado
FINA	Federação Internacional de Natação
FTIR	Espectroscopia no Infravermelho por Transformada de Fourier
IMC	Índice de Massa Corporal
NASA	Administração Nacional do Espaço e da Aeronáutica
NOCSAE	Comitê Nacional Operacional de Padronização de Equipamentos para Atletas
LdSM	Laboratório de Design e Seleção de Materiais
OFC	Confederação de Futebol da Oceania
UEFA	União das Confederações de Futebol Europeias
PE	Polietileno
PP	Polipropileno
PVC	Policloreto de Vinila
PU	Poliuretano

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	14
2 ANTROPOMETRIA	18
2.1 TIPOS DE DADOS.....	20
2.2 APRESENTAÇÃO DOS DADOS	20
2.2.1 A Falsa Ideia do “Homem Médio”	21
2.2.2 Futuro da Antropometria	22
2.2.3 Adaptações	22
2.2.4 População Brasileira.....	24
2.2.5 Perfil Antropométrico dos Jogadores de Futebol	25
2.2.6 Índice de Massa Corporal	27
3 ENGENHARIA REVERSA	28
3.1 DIGITALIZAÇÃO TRIDIMENSIONAL A LASER.....	29
3.1.1 Tipos de Digitalização.....	29
3.1.2 Uso do Scanner 3D na Medida de Partes do Corpo Humano	33
3.1.3 Tomografia Computadorizada.....	34
3.2 USINAGEM	37
3.3 TERMOFORMAGEM	37
4 ADAPTAÇÃO DO USUÁRIO AO EQUIPAMENTO	39
4.1 FUTEBOL.....	39
4.2 REGRAS DO EQUIPAMENTO	40
4.3 PERNA.....	41
4.3.1 Tíbia	41
4.3.2 Fraturas e Lesões.....	41
4.3.3 Dermatite.....	43

4.4 CANELEIRAS.....	45
4.4.1 Norma.....	46
4.4.2 Equipamentos Personalizados	48
4.4.3 Design e Interface do Equipamento.....	49
5 MATERIAIS E MÉTODOS.....	51
5.1 MATERIAIS E EQUIPAMENTOS.....	51
5.2 PROCESSOS UTILIZADOS.....	52
5.3 DIGITALIZAÇÃO.....	52
5.3.1 Equipamentos e Parâmetros Utilizados	52
5.3.2 Caneleiras	55
5.3.3 Canelas.....	56
5.3.4 Interferência na Digitalização da Canela	58
5.3.5 Moldagem em Gesso.....	59
5.3.6 Tomografia Computadorizada.....	61
5.3.7 Termoformagem das Caneleiras.....	63
5.4 ANÁLISE DE SIMILARES.....	68
5.4.1 Padrão de Tamanho das Caneleiras Especificadas pelos Fabricantes.....	69
5.4.2 Variação dos Perfis Antropométricos	71
5.4.3 Adaptação do Usuário ao Equipamento.....	72
6 RESULTADOS E DISCUSSÃO	73
6.1 AVALIAÇÕES E AJUSTES	73
6.1.1 Análise da Interferência na Digitalização da Canela	73
6.1.2 Encaixe e Posição da Caneleira.....	74
6.1.2.1 Ajuste com guias fixas.....	74
6.1.2.2 Ajuste sem guias	74
6.2 ANÁLISE DE SIMILARES.....	75
6.2.1 Materiais.....	75
6.2.2 Diferença de Critério entre as Marcas	77
6.2.3 Peso, Área e sua Relação	78
6.3 ESTUDO ANTROPOMÉTRICO	79
6.4 EQUIPAMENTO PERSONALIZADO	83
6.5 TESTE E ADAPTAÇÃO AO USO DO EQUIPAMENTO.....	84
7 CONCLUSÃO	86
8 SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS	88
REFERÊNCIAS.....	89

1 INTRODUÇÃO

O esporte já é o terceiro maior mercado mundial de investimentos em mídia e pagamentos de salários de pessoal, com previsão de crescimento de 37% até 2013, alcançando a marca de US\$ 141 bilhões. Estima-se que 75% dos patrocínios, em termos globais, já se concentrem no esporte (NOVA AMERICA, 2010).

No Brasil, o setor movimenta cerca de 3% do PIB e emprega 300 mil pessoas, com um crescimento anual estimado entre 6,5 e 7,1% no período compreendido entre 2009 e 2014. Esse cenário de crescimento é ainda mais positivo para o Brasil, que sediará a próxima copa do mundo de futebol em 2014 e a olimpíada de 2016 no Rio de Janeiro. A estimativa de receita para a copa de 2014 da FIFA (Federação Internacional de Futebol Associado) é de 2,87 bilhões de euros somente com os direitos comerciais. Além disso, outros setores como o de vestuário, equipamentos e utensílios esportivos necessários para as práticas de esportes, terão seus lucros aumentados por esses eventos e seu crescimento é projetado em torno de uma taxa de 12% ao ano (NOVA AMERICA, 2010).

Segundo pesquisa realizada pela FIFA, em 2007, “aproximadamente 265 milhões de pessoas jogavam futebol regularmente de maneira profissional, semi-profissional ou amadora, considerando tanto a homens, mulheres, jovens e crianças”. Este valor é aproximadamente 4% da população mundial. No Brasil, a estimativa é de que 13,1 milhões de pessoas praticam o esporte regularmente, número que tende a aumentar com a confirmação do Brasil como sede da próxima copa do mundo.

Em vista da dimensão de praticantes ativos desse esporte e seu constante crescimento, a melhoria e inovação em equipamentos de proteção tanto em nível amador quanto em nível profissional, é necessária e bem-vinda, ainda mais quando, em um esporte de contato, como o futebol, exista apenas um equipamento de

proteção de uso obrigatório em competições oficiais FIFA. Para este esporte, o equipamento é a caneleira (FIFA FACTS, 2007).

O design e a correta seleção dos materiais são fundamentais para o aumento de desempenho, seja dos atletas de alto nível que utilizam os equipamentos para competições, quanto para os atletas que os utilizam para desporto em academias, parques, lagos e etc. Acessórios como dardos, varas, luvas de boxe, grama sintética e a própria indumentária dos atletas estão cada vez mais evoluídos tecnologicamente, para aumentar o desempenho, reduzir peso ou diminuir custos, e isso se dá, além de aprimoramentos em design, a utilização de diferentes materiais.

Existem mais de 50 mil materiais disponíveis em cinco grupos, sendo descritos como naturais, metais, polímeros, cerâmicos e compósitos. Há uma grande lista de materiais que podem ser utilizados para otimização dos equipamentos esportivos. Materiais antes desenvolvidos somente para aplicações na exploração espacial, agora estão sendo aplicados em equipamentos esportivos, demonstrando a capacidade e potencial dessa indústria (SILVA, 2006).

A escolha do material adequado a ser utilizado em um determinado equipamento esportivo deve ser analisada segundo critérios como: condições negociáveis e não negociáveis, condições de uso, propriedades que devem ser privilegiadas, peso e custo. Este último critério, geralmente, é o fator priorizado na maioria dos produtos destinados ao mercado amador.

As características antropométricas dos atletas também devem ser levadas em consideração. Estudos indicam que essas características variam muito entre os jogadores, assim, os equipamentos devem ser projetados levando em consideração essas diferenças. A personalização se torna uma alternativa interessante para que os atletas obtenham uma maior proteção e conforto.

A alta competitividade e a busca por novas tecnologias que diferenciem os produtos industriais indicam um ambiente propício para novas idéias e técnicas como fatores de inovação. Neste trabalho, foi utilizado o *Scanner* Tridimensional a Laser, aliado a ferramentas computacionais, para captação de imagens e dados tridimensionais (3D). Com o processo de digitalização tridimensional obtêm-se, com grande precisão, detalhes de superfícies, texturas e objetos.

Deste modo, modelos 3D, virtuais e/ou físicos, constituem uma eficiente base de dados de informação espacial. Tal base de dados é capaz de fornecer uma representação mais exata de objetos do que as representações bidimensionais (2D) e pode, também, ser uma ferramenta útil para análises complementares. Com auxílio de ferramentas computacionais, a técnica de digitalização 3D a *laser* vem sendo aplicada em diversas áreas como desenvolvimento de produtos, construção de moldes, inspeção, controle de qualidade, entre outros. A digitalização também é bastante empregada para o armazenamento virtual, o qual permite redução econômica de espaço físico e de transporte, bem como o uso simultâneo dos objetos digitalizados (SILVA, 2006).

Neste trabalho, a digitalização é utilizada para a construção de moldes, comparações entre produtos e avaliação dos modelos. A digitalização para os moldes foram produzidos diretamente das canelas e através da digitalização de modelos adquiridos com outros métodos.

Principalmente nos últimos anos, tem-se constatado a personalização e o aperfeiçoamento dos equipamentos esportivos para atletas de elite, em vários esportes, como tênis, natação, futebol. Como exemplo, tem-se os maiôs para natação, aprovados pela FINA (Federação Internacional de Natação). Esses maiôs são resultados de muitas pesquisas: as costuras, por exemplo, são soldadas por ultra-som, o que reduz a resistência desta vestimenta para com a água em torno de 6% em comparação com maiôs apenas costurados. Essa roupa repele a água e seu formato anatômico cria uma espécie de apoio para manter o nadador em uma melhor posição dentro da água, sem a perda de liberdade e da flexibilidade de seus movimentos. Ainda procura diminuir a resistência criada pelo próprio corpo do nadador, por ser um maiô extremamente ajustado ao corpo (NYTIMES, 2000). Estes maiôs têm sido motivo de muitas indagações e proibições, pois tem afetado a performance humana abrindo uma grande dimensão entre o que deve e o que não deve ser utilizado em competições.

Esse processo de aprimoramento dos equipamentos para atletas profissionais traz reflexos, inclusive através da melhoria dos equipamentos esportivos genéricos produzidos para atletas amadores.

O objetivo deste trabalho é estudar o perfil interno do equipamento caneleira, utilizado na prática do futebol, avaliando os principais processos de fabricação que

podem ser utilizados para obtenção deste perfil interno personalizado e a sua influência na proteção da tíbia e fíbula. Este é um importante equipamento de proteção, que tem seu uso definido como obrigatório pela FIFA, pois previne uma série de lesões e fraturas, como a quebra da tíbia. Este tipo de lesão pode afastar um jogador de futebol por até um ano do treinamento, entre o tratamento e o condicionamento. Tendo em vista que, em um mercado com tamanha movimentação econômica, em que um jogador de elite pode receber valores de mais de 1 milhão de reais entre salário, luvas e patrocínio, pode significar um grande prejuízo ao clube.

As caneleiras disponíveis no mercado apresentam diferenças significativas, não parecendo haver um consenso entre os fabricantes sobre as características essenciais do equipamento. Algumas das principais diferenças são: perfil de encaixe da canela, forma de fixação, material, tamanho do equipamento, design, perfil de furos de refrigeração e diferença de perfil entre usuários. Dessa forma, esse trabalho visa avaliar os parâmetros entre as produtoras, utilizando-se de uma análise de similares e avaliação antropométrica 3D da canela de um grupo de usuários, comparando as principais diferenças nos perfis de canelas.

Assim, apesar de ser um esporte com mais de 100 anos e com milhões de adeptos em todo o mundo, há pouca legislação sobre esse equipamento. Como por exemplo, um dos três requisitos é oferecer um nível adequado de proteção, o que é muito amplo e pode ser interpretado de várias formas. É necessária uma regulamentação mais clara a respeito dos requisitos básicos do equipamento, como: materiais que podem ser usados, características de resistência mecânica e ao impacto mínimas, menor tamanho ou área de contato (FIFA, 2010).

Em geral não existem normas que regulamentam a qualidade das caneleiras comercializadas, e sim, uma norma padrão que é utilizada somente pela CONCACAF (Confederação de Futebol da América do Norte, Central e Caribe), principalmente no mercado dos Estados Unidos da América.

2 ANTROPOMETRIA

O nome antropometria deriva de *anthropos*, que significa o homem, e *metrikos*, que significa medida ou mensuração. Assim definida, pode-se considerar que antropometria é a ciência que estuda a mensuração do homem em suas diversas formas e variáveis.

Em 1870, o matemático belga Quételet publicou o livro *Anthropometrie*, um trabalho pioneiro. A ele, credita-se a formalização desta ciência e também a criação do próprio termo “antropometria” (PANERO, 2002).

Assim sendo, a antropometria pode ser definida como a ciência que trata, especificamente, das medidas e formas do tamanho do corpo humano para determinar diferenças entre indivíduos e grupos.

Se a antropometria fosse vista como o exercício de simples medições e nada mais, os dados dimensionais poderiam ser reunidos de maneira simples e sem esforços. No entanto, nada seria mais errôneo. Há muitas dificuldades e complicadores envolvidos. Um desses fatores é que a dimensão corporal varia com a idade, sexo, raça e mesmo com o grupo ocupacional. Por exemplo, em estatísticas de alturas, a variação é bastante significativa, indo de 160,5 centímetros para os vietnamitas até 179,9 centímetros para os belgas, isto é, uma variação de 19,4 centímetros entre os dois grupos (PANERO, 2002).

As características antropométricas, neuromusculares e fisiológicas de atletas de elite de diversas modalidades são, na maioria das vezes, muito diferentes, tendo em vista as exigências específicas de cada esporte. Muitas dessas características são moduladas pela hereditariedade, pelo treinamento físico, por aspectos nutricionais, sexo, raça, idade entre outros, sobretudo no esporte de alto rendimento. Assim, essas diferenças devem ser estudadas e elucidadas de forma que equipamentos esportivos proporcionem maior conforto, rendimento e, principalmente, proteção e possam ser fabricados de forma a evitar lesões e fraturas (GOBBO *et al.*, 2002).

A partir de 1940, a necessidade de dados antropométricos, sobretudo para a indústria de aviação, começou a desenvolver-se e aumentar. Naturalmente, a II

Guerra Mundial trouxe impulso a tais pesquisas, e ainda hoje, é no setor industrial-militar que nasce grande parte desses estudos.

Estatisticamente, demonstrou-se que, em qualquer grupo populacional, as medidas do corpo humano são distribuídas numa faixa média, enquanto que um número menor de medidas extremas situa-se nas duas pontas do espectro. Uma vez que não se projeta para toda a população, é necessário selecionar um segmento de porção central. Portanto, hoje em dia, costuma-se esquecer os extremos das duas pontas e trabalhar com 90% do grupo populacional em questão (PANERO, 2002).

A maior parte dos dados antropométricos é freqüentemente expressa em percentis. Para fins de estudo, a população é dividida em 100 categorias percentuais, do maior para o menor, em relação a algum tipo específico de medida corporal. O primeiro percentil em estatura ou altura, por exemplo, indicaria que 99% da população estudada teria alturas maiores. Da mesma forma, o percentil 95 indicaria que somente 5% da população estudada teria alturas maiores e que 95% dessa população teria a mesma altura ou menores (TILLEY, 2005).

Com o advento da produção em massa, os desafios da antropometria também aumentaram, na medida em que qualquer erro de dimensionamento poderia significar um aumento significativo nos custos da produção do produto, podendo, inclusive, torná-lo inviável economicamente. Nesse sentido, deve-se ressaltar que, na indústria aeroespacial, o erro de cada centímetro pode comprometer o funcionamento da aeronave ou até um controle fora do alcance do operador, o que pode significar uma resposta tardia, causando um resultado catastrófico (PEQUINI, 2005).

Geralmente, a coleta de dados antropométricos é uma atividade de custo elevado, demorada e árdua, exigindo observadores habilitados, sobretudo se o objetivo for o de uma amostragem nacional verdadeiramente relativa. Portanto, a maior parte das pesquisas nessa área é direcionada ao setor militar e não aos civis da população mundial, em função de que, em primeiro lugar, dentro desses setores existe uma necessidade mais intensa de tais dados, para equipar e vestir adequadamente os respectivos exércitos, forças aéreas e marinhas. Seguindo essa necessidade, há uma reserva nacional e numerosa de indivíduos e logo, os fundos para implementar tais estudos são empenhados e disponibilizados pelos respectivos governos envolvidos. A desvantagem básica em levantamentos militares de massa

deste tipo repousa, geralmente, nas restrições de sexo e idade. Além de, normalmente, limitarem-se a medidas de peso e altura.

Um exemplo deste tipo de estudo, é o *Anthropometric Source Book*, em três volumes, publicado pela NASA (Administração Nacional do Espaço e da Aeronáutica). Este livro é a fonte mais abrangente que existe sobre dados resumidos das dimensões corporais (NASA, 1974).

2.1 TIPOS DE DADOS

Uma olhada em qualquer livro de anatomia é suficiente para sugerir o infindável número de dimensões corporais possíveis. Há algumas publicações que contem quase mil medições.

Dez são as dimensões mais importantes se alguém quiser descrever um grupo para objetivos de engenharia humana, as medidas são nessa ordem: altura, peso, altura quando sentado, comprimento nádegas Joelho e nádegas-sulco poplíteo, largura entre os cotovelos e entre os quadris em posição sentada, largura entre os cotovelos e entre os quadris em posição sentada; altura do sulco poplíteo, dos joelhos e espaço livre para as coxas (PANERO, 2002).

Assim, são necessárias apenas 10 medidas para que o mapeamento antropométrico do corpo humano seja realizado. Isto é muito importante, pois, assim, reduz-se em tempo e armazenamento as medidas para análise dos grupos populacionais.

2.2 APRESENTAÇÃO DOS DADOS

Os dados antropométricos são, normalmente, dispostos na forma de percentis, em gráficos, com a listagem da porcentagem da população de cada percentil. Essa forma de apresentação é a mais utilizada, pois é de fácil visualização e demonstra, visualmente, em que faixa a maior parte da população se encontra.

2.2.1 A Falsa Ideia do “Homem Médio”

Muito já foi discutido sobre a ideia de haver um “homem médio”, que poderia ser utilizado como base de referência para dados antropométricos de uma determinada população. Hoje em dia, essa idéia já está fora de pauta. As discrepâncias dos dados antropométricos existentes em uma determinada população já demonstraram que é impossível utilizar um modelo deste tipo. Por exemplo, se usássemos o percentil 50% de uma população para a fabricação de um equipamento, vestuário, ou outro, este não abrangeria uma grande parcela da população. A faixa da diferença da maior parte das medidas é ampla e assim a maioria da população não seria atendida corretamente. As diferenças entre raças, idade, gênero e outros crescem ainda mais essa variação. O que é comumente utilizado hoje em dia é a faixa de percentil 5 a 95% em aplicações mais genéricas, ou de outras faixas mais restritas, como por exemplo, de 45 a 55%, para aplicações mais específicas, como vestuário, onde essas faixas são pré estabelecidas para partes menores da população. Na figura 1, pode-se ver uma representação da diferença proporcional entre raças, um dos motivos que influenciam nas limitações dos padrões.

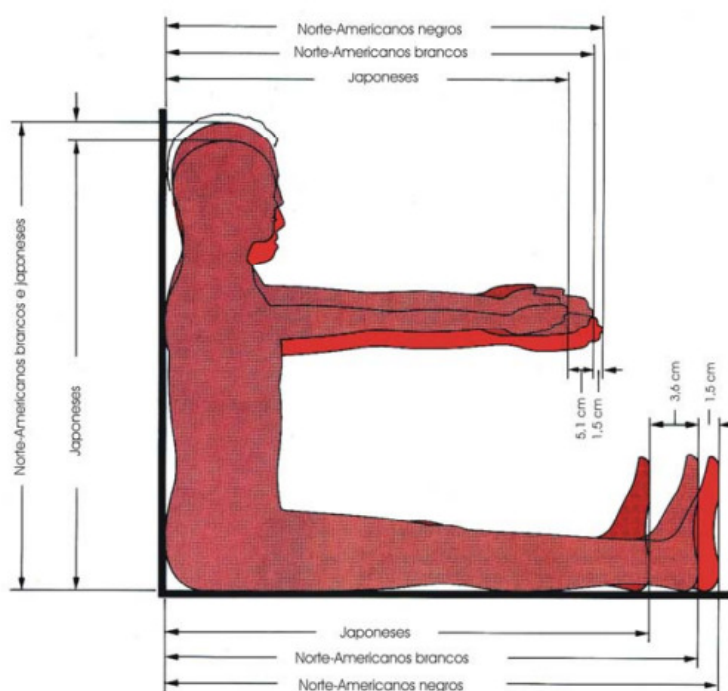


Figura 1 - Diferenças proporcionais entre raças

Fonte: (DIFFRIENTI *et al.*, 1978)

A antropometria tradicional é bidimensional. Ela oferece medidas lineares e associa as mesmas vistas frontais e laterais. Uma imagem tridimensional realista (3D) da verdadeira geometria do corpo é mais adequada para diversos problemas de antropometria. Um modo de solucionar este problema é criar imagens 3D a partir de corpos reais. Isto pode ser conseguido através de vários métodos. Normalmente, se utilizam técnicas como moldes de gesso, estruturas de medida cartesianas, fotografias com múltiplos pontos de vista e outros. A digitalização tridimensional a laser desponta como uma das técnicas possíveis de serem utilizadas atualmente, em vista de suas vantagens em relação às outras, como medidas com maior precisão, mais rápidas e fáceis de se trabalhar. Ainda existem *softwares* como, por exemplo, “Jack” que foi desenvolvido pela Universidade da Pensilvânia, que possibilita a seus usuários a inserção de seres humanos digitais de vários tamanhos em ambiente virtual dando-lhes tarefas e analisando diversos fatores, como o que a pessoa pode ver e alcançar, se está confortável, quando e porque se machuca e quando se excede no uso de sua força (TILLEY, 2002).

2.2.2 Futuro da Antropometria

Atualmente, a antropometria vem se modernizando com uma visão mais abrangente sobre a elaboração e desenvolvimento de projetos. Vários *softwares* CADs (*Computer-Aided Designer*) foram desenvolvidos e vem sendo aperfeiçoados para o uso em medidas e interações antropométricas. Antigamente, os projetos eram realizados com o “sujeito” estático, assim os ajustes eram realizados no dia a dia ou através de protótipos e *mockups*. Agora, com os CADs, é possível a simulação de situações do dia a dia ou de ações não corriqueiras, melhorando a confiabilidade do resultado final do projeto, além de ser possível simular um grande número de modelos antropométricos, ou até alterações dos mesmos, em curto espaço de tempo.

2.2.3 Adaptações

O uso de classificações antropométricas padrões de populações já estudadas, pode servir como fonte para a adaptação de tabelas para populações

onde as pesquisas e dados antropométricos não são suficientes para a criação de uma tabela padronizada.

As adaptações são realizadas através de análises estatísticas obtidas entre as tabelas antropométricas estabelecidas de uma população e os poucos estudos realizados em outra, e, através das variações entre as medidas, tenta-se encontrar um fator de conversão. Além disso, é comumente utilizado um fator de segurança na tentativa de minimização do erro (GUIMARÃES & BIASOLI, 2010).

Deve-se chamar a atenção para que essas adaptações só devem ser utilizadas em caso de não haver um levantamento antropométrico com número suficiente de indivíduos e medidas da população em análise, pois, como discutido anteriormente, não existe homem médio. Assim, essas adaptações possuem diferenças significativas entre as populações, ainda mais em países como o Brasil, onde há uma grande miscigenação de etnias. Essas tabelas só devem ser utilizadas se não existir nenhum dado antropométrico disponível quanto ao uso da margem de segurança. Isso demonstra que, de certa forma, esse tipo de adaptação acaba tornando-se uma ferramenta com alta margem de imprecisão, que, em condições de produção em massa ou produção de equipamentos de segurança, por exemplo, casos onde as margens são mais restritas, esse tipo de recurso é altamente perigoso e não recomendável. Deve-se chamar a atenção, especialmente, para o Brasil, país onde não há significativo levantamento de dados antropométricos com abrangência nacional e número de medidas. Aqui, encontram-se pesquisas realizadas por empresas, que buscam o perfil de seus consumidores para a aplicação em seus produtos, por isso, normalmente são pesquisas marcadas por limitações regionais. Um exemplo deste tipo de pesquisa está na tabela 1 e na figura 2.

Tabela 1 - Adaptado de dados antropométricos da população da fábrica John Deere Brasil (no RS), da população economicamente ativa do Rio de Janeiro e da população americana

Percentil	PESO (kg)			ESTATURA (m)			ALTURA cabeça-assento (Cm)		ALTURA popliteal (Cm)		COMPRIM. nádega-popliteal (Cm)		COMPRIM. Nádega-jelho (Cm)	
	JD	INT	P&Z	JD	INT	P&Z	INT	P&Z	INT	P&Z	INT	P&Z	INT	P&Z
1	51,9	47,2	50,8	1,57	1,55	1,57	80,0	81,0	37,0	37,8	41,5	41,9	53,0	51,6
5	57,0	52,3	57,2	1,63	1,60	1,62	82,5	84,3	39,0	39,3	43,5	43,9	55,0	54,1
50	73,0	66,0	75,3	1,74	1,70	1,74	88,0	90,7	42,5	43,9	48,0	49,0	60,0	59,2
95	95,7	85,9	96,2	1,85	1,81	1,85	94,0	96,5	46,5	49,0	53,0	54,9	65,0	64,0
99	106	94,9	109	1,89	1,88	1,90	97,0	98,8	49,0	50,8	55,0	57,7	68,0	66,8

(GUIMARÃES; BIASOLI, 2010)

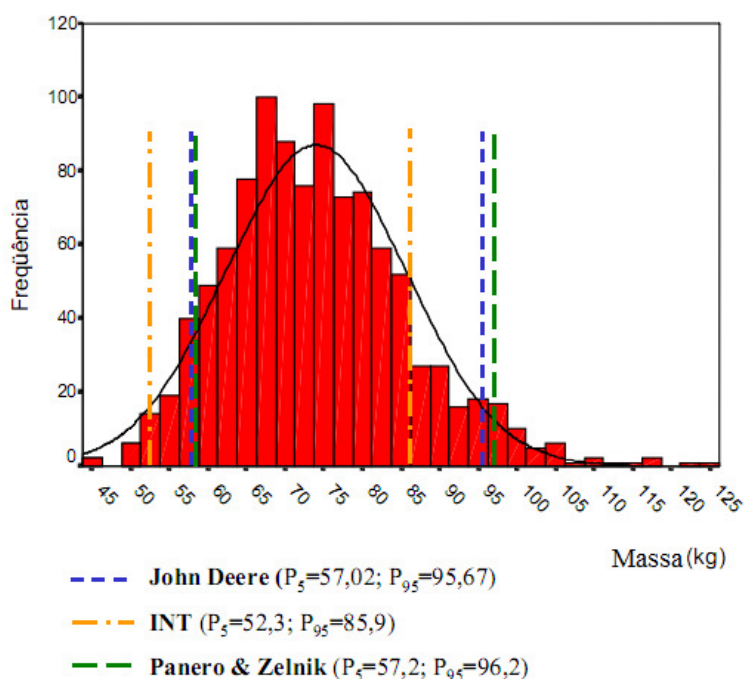


Figura 2 - Adaptado da comparação da distribuição da variável peso da população masculina da John Deere Brasil, com os dados de PANERO 2002 e da população economicamente ativa do Rio de Janeiro
 Fonte: (GUIMARÃES & BIASOLI 2010)

2.2.4 População Brasileira

Existem poucos estudos sobre o perfil antropométrico da população brasileira. Um desses estudos foi realizado pela ANAC (Agência Nacional de Aviação Civil) em 2009. A ideia era encontrar o perfil das pessoas que utilizavam o transporte aéreo nacional para a adaptação dos equipamentos e poltronas dos aviões. Ao todo foram analisadas 960 pessoas, 748 homens e 212 mulheres, com idades entre 16 e 83 anos e somente seis medidas antropométricas foram realizadas, todas relacionadas à ergonomia dos bancos dos aviões. Nesse estudo, um fato notório é o alto índice de pessoas com sobrepeso na população avaliada, mostrando uma tendência mundial.

Nesse mesmo estudo, a altura, o peso e o IMC relativos aos percentis 5-95 encontrados para a população brasileira foram de 158,7 a 187,4 cm para a altura, 55 a 110,7 kg para o peso e 19,3 a 36,1 para o IMC. Esses dados são os que se tornaram base para o perfil antropométrico utilizado para o projeto de equipamentos para a população brasileira. Assim, este é mais um caso onde a pesquisa

antropométrica foi realizada com um objetivo e população específicos, visando à melhoria no atendimento a uma classe de usuários (ANAC, 2009).

Há algumas informações a respeito desse levantamento que devem ser salientadas. Primeiro, o número de usuários é muito pequeno em vista da população brasileira. Foram poucos dados coletados e a coleta de dados não foi uniforme, ou seja, não coletou números representativos da população por região, estado ou cidade. Assim, como já mencionado anteriormente, esse estudo não representa a população brasileira. É necessário um estudo com mais usuários, mais medidas e maior abrangência de pessoas, ou seja, com dados melhor distribuídos em função do território brasileiro, de forma que todas as regiões sejam representadas em conformidade com a relação nacional. Em compensação, na falta de estudos mais abrangentes e representativos, este seria o modelo a se seguir para projetos para população brasileira.

2.2.5 Perfil Antropométrico dos Jogadores de Futebol

O estudo de Alvez *et al.* (2010) encontrou diferenças antropométricas significativas entre jogadores de futebol profissionais e juniores. Nesse estudo, foram analisados 39 atletas, sendo 21 profissionais e 18 juniores, de um clube de primeira divisão do campeonato mineiro, em relação à massa corporal, percentual de gordura, peso e média de altura.

Esse estudo salienta a diferença encontrada entre jogadores de um mesmo esporte, chamando a atenção que, até mesmo profissionais de uma mesma área de atuação, podem apresentar diferenças significativas em seus dados antropométricos, ainda que, para determinadas funções, exista uma tendência a perfis iguais.

Segundo Beier (2010), a média do IMC de 96 desportistas amadores de futebol, participantes de campeonatos de verão em Torres/RS é de 23,59 com desvio padrão de 2,12. Essa é uma base importante, que foi utilizada no estudo. Apesar de não ser possível a extrapolação dos dados para todos os jogadores de futebol do RS, esse é o valor encontrado em um estudo com quase 100 pessoas e

foi utilizado como referência em vista de não haver um estudo mais elaborado sobre o perfil dos jogadores.

O perfil antropométrico dos jogadores é heterogêneo em função das suas diferenças étnicas. Os zagueiros e goleiros apresentam estaturas mais altas do que os demais jogadores, em função da quantidade de saltos verticais que realizam, existindo assim, uma tendência de jogadores mais altos ocuparem essas posições. Além disso, são jogadores mais pesados, e em média são as posições que percorrem as menores distâncias durante uma partida. Já os atacantes, meio campistas e laterais são mais baixos, mais leves e percorrem distâncias superiores. Goleiros, em média, percorrem 4 km, zagueiros 8 km, atacantes, meio campistas e laterais em torno de 12 km durante uma partida de futebol. A composição corporal varia entre os atletas de diferentes posições. A porcentagem de gordura oscila entre 6% e 12%, sendo que goleiros têm a maior taxa, principalmente por uma menor carga metabólica, tanto em dias de treinamento quanto em jogos oficiais. Zagueiros e goleiros também apresentam maior quantidade de massa magra. A dieta dos atletas de todas as posições foi considerada hiperprotéica e hiperlipídica, com baixa ingestão de carboidratos. Essa dieta é considerada inadequada para a prática do esporte e difere da dieta praticada pela maioria da população mundial, que é hiper calórica baseada em carboidratos e gorduras. As diferenças antropométricas sugerem que os equipamentos utilizados pelos jogadores devem ser caracterizados pela posição do atleta. Isso se deve, inclusive, à dieta, pois atletas de portes diferentes reagem de forma diferente a mesma alimentação. Assim, equipamentos mais leves devem ser utilizados por atacantes, laterais e meio campistas, enquanto zagueiros e goleiros poderiam utilizar equipamentos mais robustos (PADRO *et al.*, 2006).

O índice de lesões também difere em função da posição. Os atacantes aparecem em primeiro lugar, com ocorrência de lesões em 21,9%, enquanto os goleiros, os que menos se machucam, com 11,5%. Assim, a posição do jogador deve ser levada em consideração no desenvolvimento de qualquer equipamento de proteção. Esses dados foram obtidos através de um estudo realizado com 24 atletas profissionais do sul do Brasil (FONSECA, 2008).

2.2.6 Índice de Massa Corporal

O Índice de Massa Corporal (IMC) é usado na determinação de perfis antropométricos. Esse dado é utilizado como um diferenciador e é determinado pelo quociente peso corporal / estatura², sendo o peso corporal expresso em quilogramas (kg) e a estatura em metros (m) (BEIER, 2010).

3 ENGENHARIA REVERSA

Hoje em dia, aspectos estéticos, qualidade ergonômica e a customização de produtos estão ganhando um papel cada vez mais importante na fabricação industrial. Uma série de produtos já se utilizam desses conceitos em seus projetos na sua fabricação. A Engenharia Reversa (*RE* do inglês, *Reverse Engineering*) desempenha um papel fundamental nesse meio, desde que a evolução, ou a criação de novos produtos possa estar baseada na obtenção de características de produtos já existentes. A RE permite a reconstrução de formas complexas (também conhecidas como “*free forms*”) em um curto espaço de tempo de projeto e processo.

Utilizando a engenharia reversa, é possível a criação de modelos tridimensionais fidedignos para a representação de diversos objetos, inclusive componentes, ambientes, animais e partes de corpos humanos. Na área das artes plásticas, para a confecção de réplicas virtuais de modelos únicos, na arqueologia, para reconstruir objetos antigos ou até mesmo fabricá-los novamente, na indústria, para o fornecimento de modelos artesanais para produção ou produtos cujos projetos tenham sido perdidos ou na confecção de produtos ou equipamentos personalizados, diversas técnicas de RE são aplicadas.

O mercado da engenharia reversa vem crescendo muito nesses últimos anos, e isso pode ser percebido facilmente pelo grande número de sistemas de RE lançados e sua maior participação no projeto e fabricação de produtos (SILVA, 2006).

No design de produtos, a técnica pode ser aplicada para a atualização de um produto pré-existente, que pode ser digitalizado, modificado e então produzido novamente. Este procedimento é extremamente importante em casos em que não há informações em CAD sobre o produto pré-existente. Assim, uma etapa bastante demorada e dispendiosa do projeto poderia ser reduzida ou simplificada. Essas técnicas de RE ainda podem ser utilizadas para armazenamento virtual. Registrando modelos e projetos, reduzindo custos e espaço físico, também evita problemas de degradação e perda de dados, problemas usuais em modelos físicos e ainda deixa os modelos virtuais aptos a serem produzidos em curto espaço de tempo, com a utilização de técnicas como prototipagem rápida. O armazenamento virtual ainda permite que os mesmos modelos sejam compartilhados por rede e que sejam

acessados e manipulados ao mesmo tempo por diversos usuários. Também é possível a criação de uma biblioteca virtual com modelos, projetos, obras de artes, informações antropométricas, entre outras.

3.1 DIGITALIZAÇÃO TRIDIMENSIONAL A LASER

É um sistema utilizado para a determinação da posição de pontos tridimensionais em uma superfície, através de um sistema de varredura bidimensional.

Esse sistema baseia-se na utilização de um feixe laser¹ emitido na direção da superfície. Ao atingir a superfície, parte desse pulso reflete na direção do sensor, onde o retorno é medido, assim como o tempo de que leva entre a emissão do pulso e a reflexão do mesmo. A intensidade também é medida pois fornece informações a respeito da superfície (CENTENO, 2004).

A digitalização desenvolve modelos virtuais a partir de exemplares reais e tem aplicação em varias áreas da ciência, como por exemplo, na antropometria para a aquisição de medidas 3D, na re-engenharia, no controle de qualidade, etc. Os sistemas de aquisição que podem ser utilizados se dividem em dois tipos: com contato e sem contato, sendo o último o mais utilizado, pois sistemas de contato não devem ser empregados em peças que se deformem ao toque.

3.1.1 Tipos de Digitalização

Os tipos de digitalização com contato com o modelo real são: braço mecânico, triangulação ultra-sônica, triangulação eletromagnética, apalpamento em máquina de fresamento e apalpamento em máquinas de medição por coordenada.

Os digitalizadores sem contato podem ser de: triangulação laser de varredura por ponto, triangulação laser de varredura por linha, triangulação por cores com camada CCD (*"Couple Charge Devices"* = Dispositivo de Carga Acoplada),

¹ LASER = *Light Amplification by Stimulated Emission of Radiance*

fotogrametria por fotografias digitalizadas, radar laser, tomografia, tunelamento, moiré de proteção e luz infravermelha, CCD linear e sensor conoscópico a laser. Os métodos utilizados neste trabalho foram: triangulação a laser de varredura por linha e sensor conoscópico a laser.

O sensor conoscópico a laser consiste de um cabeçote para emissão, através de um diodo, de um feixe de laser, o qual é refletido por um divisor de feixe e incide pontualmente sobre a peça a ser medida. A luz dispersada rebatida pela peça passa através do divisor de feixe, por um cristal birrefringente e é detectada pelo sensor CCD, conforme figura 3, que é um sensor constituído de um conjunto de capacitores sensíveis a luz. O cristal birrefringente age modificando a velocidade de cada raio ou de acordo com seus diferentes ângulos de incidência, criando um padrão de franjas de com alto contraste no detector CCD. O ângulo do raio de luz é função da distância entre um plano de referência e o ponto de laser projetado no objeto. Dessa forma, a distância pode ser determinada pela análise das características do padrão criado. A relação entre o sinal do detector CCD e a distância dos objetos é determinada por um processo preciso de calibração, para cada lente objetiva utilizada (SILVA, 2006).

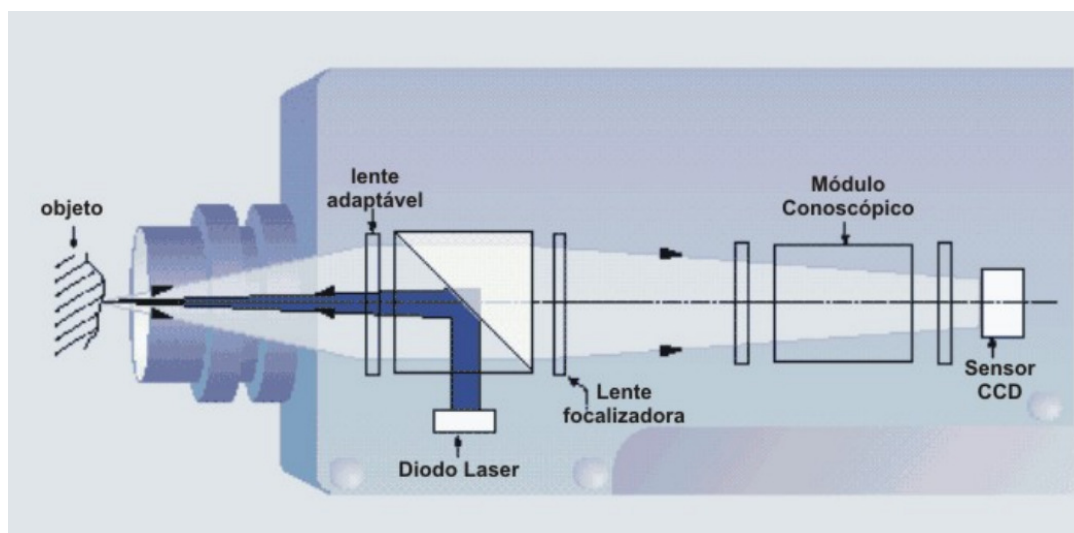


Figura 3 - Princípio de operação do sensor conoscópico a laser

Fonte: (FREITAS, 2006)

As principais vantagens desse método são a sua alta velocidade de aquisição de pontos (3000pts/s), baixa incerteza na digitalização (0,001 - 0,1 mm), a possibilidade de medição de paredes com até 85° verticais (baixa região de sombra)

e a precisão de medida de até sub-mícron (0,1 μm). Um dos problemas para sua utilização é seu custo médio de U\$50.000.

A triangulação laser de varredura por linha é realizada sem contato com o modelo físico e é de forma automática. Tem, por base, o mesmo princípio da varredura por ponto, mas os sensores estão adaptados a triangulação de uma linha inteira, em vez de somente um ponto de cada vez, podendo realizar digitalizações com maior velocidade e praticidade. Um espelho rotativo de duas faces espelhadas desvia o feixe de laser sobre outro espelho que o reflete sobre a forma, formando uma linha. O laser é captado pelo sensor linear através de outro espelho de mesma inclinação e do próprio espelho rotativo de duas faces. A figura 4 ilustra o funcionamento e a figura 5 mostra o equipamento fazendo uma varredura de pontos.

As principais vantagens da varredura por linha são: baixa incerteza de coordenadas (0,2-0,5mm), facilidade de obtenção de grandes densidades de pontos, velocidade de aquisição de pontos elevadas (1000 a 14500pt/s) e volume médio (280x345x110 a 1200x1500x2500mm).

Como desvantagens, pode-se citar a dependência do acabamento superficial, da cor, iluminação do ambiente, dificuldade de digitalizar cavidades profundas ou concavidades e alto custo (o valor do equipamento é em torno de U\$48.000 a 154.000).

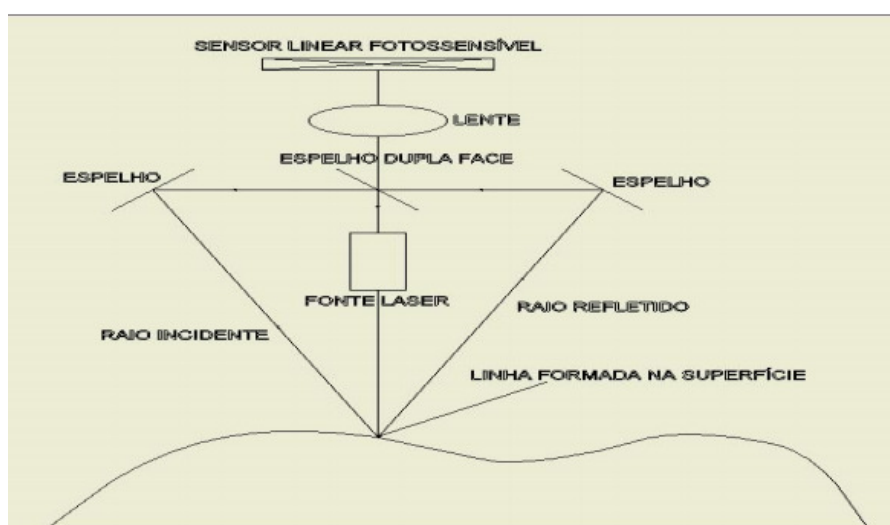


Figura 4 - Varredura por linha

Fonte: (FREITAS, 2006)

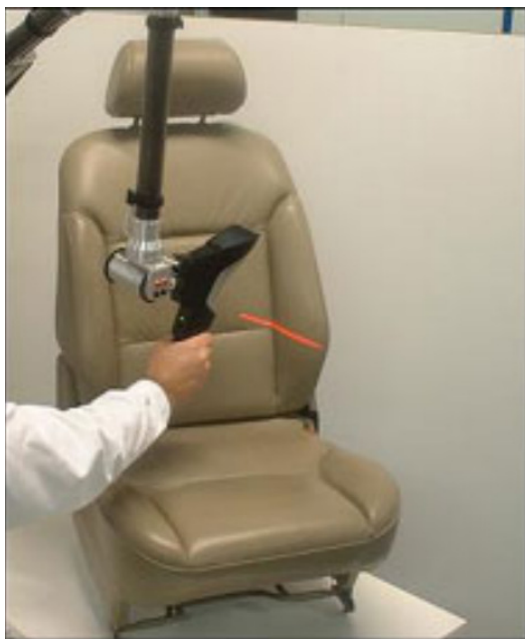


Figura 5 - Digitalização de um assento por Scanner 3D

Fonte: (FREITAS, 2006)

Os sistemas com contato são usados, normalmente, para peças menores, mais simples, ou em casos que haja algum problema para o uso da técnica sem contato. Como a medida sem contato é baseada na emissão e recepção de um laser, a medida pode ser afetada em função da cor do objeto ou interferência pela luz. Em casos onde o objeto é de uma cor indesejada, pode-se utilizar o recurso de “pintar” a peça com um *spray* de um talco normalmente de cor branca, que é a cor com melhor definição para a técnica a laser. Outros fatores do objeto que também podem influenciar na aquisição são volume, forma, material e acabamento superficial.

A digitalização a laser tem se desenvolvido rapidamente nos últimos anos, principalmente na automação da aquisição de dados e seus softwares estão evoluindo em conjunto permitindo um maior uso de ferramentas como: análise de superfícies, texturas, medidas de desgastes, centro de gravidade, construção de moldes e etc.

Os dados fornecidos pela digitalização 3D podem ser $[X, Y, Z]$, simplesmente uma coordenada de pontos, ou dependendo do equipamento se conjuntamente com a coordenada tridimensional sejam captadas outras variáveis como cor ou temperatura seria no formato $[X,Y,Z,C]$, ainda há casos em que além da coordenada

o equipamento consegue captar a inclinação da sonda manual utilizada [X, Y, Z, i, j, k]. Além disso, o equipamento influencia na velocidade de leitura, incerteza dos pontos. E ainda define o volume, a forma, o material, a cor e o acabamento superficial que podem ser utilizados (SILVA, 2006).

Os dados são processados como pontos em um espaço tridimensional. Dessa forma, é gerada uma “nuvem de pontos”. Dependendo do espaço escaneado e da distância entre pontos, pode-se retornar milhares de pontos a cada escaneamento percorrido. Essa nuvem é “montada” por um software e, através da sua manipulação computacional, podem ser geradas curvas, malhas, superfícies e sólidos tridimensionais compatíveis com sistemas CAD/CAE/CAM.

Pelo processo de digitalização tridimensional, pode-se obter grande precisão de texturas e detalhes da natureza do objeto, que em seguida podem ser processados em CAD, editados e parametrizados, e posteriormente usinados em diversos materiais (PRESTON, 1984).

Para o uso desta técnica, necessita-se um operador experiente, pois o mesmo deve saber quais as melhores áreas, ângulos a serem digitalizados e ainda como relacioná-las no software que será usado para a montagem. No LdSM o software utilizado é o Geomagic Studio®. Ainda, o operador deve escolher a lente mais adequada e a distância entre pontos que será utilizada, convertendo-se em uma precisão maior ou menor. Suas escolhas devem estar pautadas em cima do tempo que será gasto e do tamanho do arquivo gerado em função dos parâmetros escolhidos. Pode ser necessária a aplicação de *spray* ou talco.

3.1.2 Uso do Scanner 3D na Medida de Partes do Corpo Humano

O escaneamento digital de partes do corpo humano tem pouca literatura a respeito, apesar de estar sendo aplicado em numerosas áreas, como pesquisas antropométricas, indústria de roupas, indústria cinematográfica (efeitos visuais), animação por computador e indústria médica (aplicações para próteses e cirurgia plástica). Alguns problemas típicos estão associados com a utilização dessa técnica em um corpo humano, como o sombreamento na região das axilas, absorção da luz

pela pele e pelo cabelo, movimento do equipamento, manejo do mesmo e geometria da pessoa (HEIN, 2008).

3.1.3 Tomografia Computadorizada

A tomografia computadorizada (TC) é um método radiológico que surgiu no início da década de 70, desenvolvido por Godfrey Hounsfield e Allan Cormack, nos laboratórios de pesquisas da empresa EMI *limited*, na Inglaterra. Por esse trabalho, esses pesquisadores receberam o prêmio Nobel de Medicina de 1979 (OLIVEIRA, 2007).

Tomogramas são radiografias geradas em equipamentos que permitem ao filme de raio X e ao tubo moverem-se na direção contralateral. Assim, o plano do eixo de rotação é mantido no foco, enquanto o restante da imagem fica embaçada. As tomografias são empregadas largamente na procura e tratamento de lesões.

Os dados digitais gerados pela TC podem ser usados por programas de computador adequados para gerar imagens na tela no formato tridimensional. Como essa tecnologia está em ampla evolução, as imagens não são apenas aprimoradas em qualidade, mas também podem ser manipuladas. Por razões de custo, rapidez e praticidade, a tomografia computadorizada vem sendo utilizada na procura e no tratamento de lesões e fraturas nos membros inferiores (BERTOL, 2010).

A figura 6 mostra uma sequência de imagens de um crânio geradas por TC. Essas imagens são montadas por softwares específicos como, por exemplo, o Invesalius 3.0, criando superfícies que são analisadas principalmente para prognósticos por imagem.

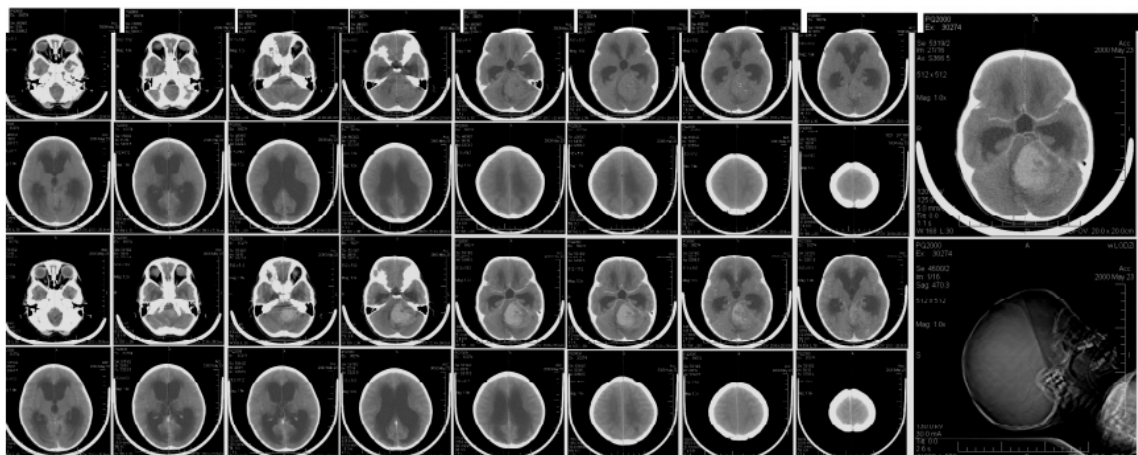
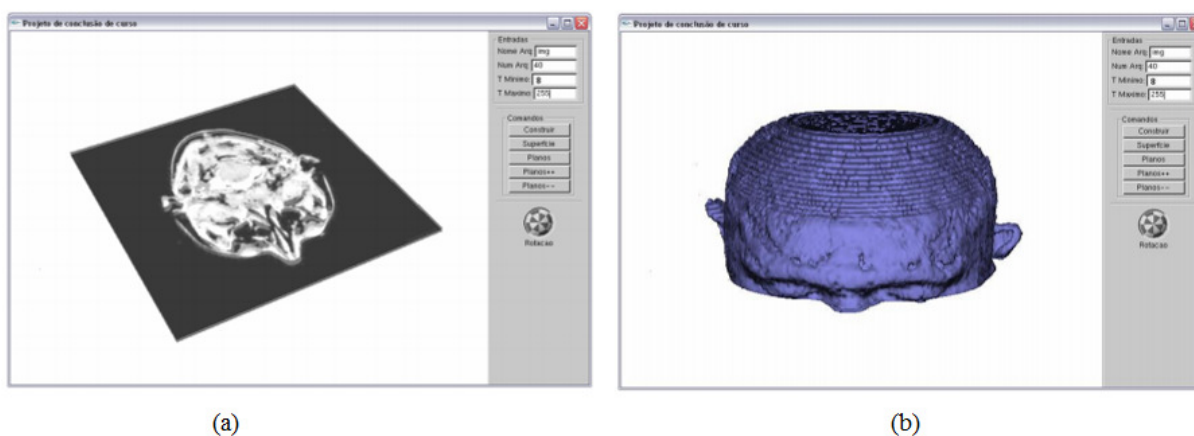


Figura 6 - Imagens do crânio geradas em um exame de TC

Fonte: (OLIVEIRA, 2007)

A figura 7 mostra a forma como as superfícies (3D) são montadas através dos planos (2D) gerados na TC. Os planos são fatias que vão formando a superfície, esses planos são obtidos através de uma sequencia de raios x realizados com espaçamentos pré-definidos de forma a possibilitarem a sua posterior montagem e assim a definição da superfície.



(a)

(b)

Figura 7 – a) Visualização dos planos (2D) realizados na tomografia b) Superfícies (3D) montadas a partir dos planos (2D)

Fonte: (OLIVEIRA 2007)

3.2 USINAGEM

As operações de usinagem são aquelas que conferem à peça a forma, as dimensões, o acabamento, ou ainda uma combinação desses itens, através da remoção de material.

Os processos de usinagem mais empregados hoje em dia são o fresamento (pois possui maior versatilidade) e o torneamento (destinado à obtenção de superfícies de revolução). O fresamento consiste na retirada de material, através de uma ferramenta giratória com múltiplos gumes cortantes (arestas) chamada fresa. Este processo é utilizado para texturização de pequenos lotes. Também, para pequena produção, através do torneamento podem ser formadas ranhuras paralelas em peças de revolução.

Em função da sua baixa produtividade em comparação aos métodos de moldagem, os processos de usinagem, principalmente o fresamento em plásticos, são pouco utilizados em aplicações rotineiras. Sendo mais empregados em situações nas quais se necessita de altíssimas precisões dimensionais, este processo também é empregado em polímeros que apresentam problemas para o processo de moldagem, como alguns polímeros de engenharia ou mesmo termofixos. Sua produção em larga escala, através do processo de usinagem, não é recomendada em função de seu alto custo, assim esse processo é utilizado comumente em pequenas produções. O fresamento é muito utilizado para a produção de protótipos plásticos, como se pode ver na figura 8 (PRESTES, 2011).

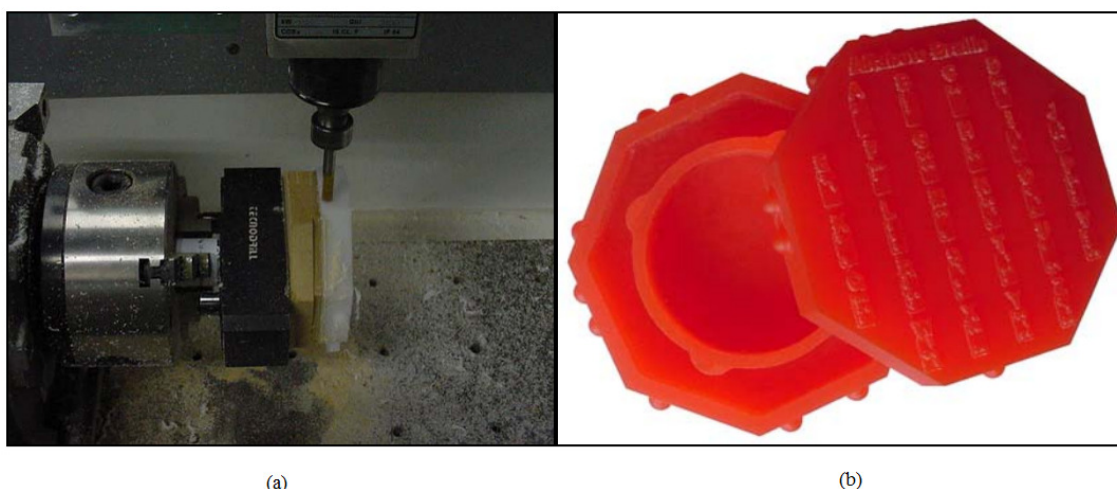


Figura 8 – a) Ferramenta de usinagem (fresa) b) Protótipo usinado em PU

Fonte: (EQUIPE LdSM/UFRGS)

3.3 TERMOFORMAGEM

A termoformagem é o processo de produção em que se aquecem chapas planas de materiais termoplásticos, como polipropileno (PP), polietileno (PE), poliestireno (PS), polimetil-metacrilato (PMMA) ou policloreto de vinila (PVC) sobre um molde. Assim, a chapa do plástico obtém as formas do molde através da aplicação de pressão com ar comprimido sobre a folha do plástico, ou através de vácuo aplicado entre a folha e o molde. Este processo ocorre em apenas quatro etapas: posicionamento da chapa sobre o molde, aquecimento sobre a chapa (com fechamento do molde), aplicação de pressão com ar comprimido ou vácuo para a chapa tomar a forma do molde; remoção da peça termoformada. A termoformagem a partir do vácuo é a mais conhecida, e costuma ser designada pelo seu nome em inglês *vacuum forming*.

A termoformagem é um processo de baixo custo em relação a equipamentos e ferramentas em comparação a processos como usinagem e estampagem. Este processo possibilita realizar produtos de paredes relativamente finas, como pratos, copos e embalagens plásticas em geral e, também, encontra grande aplicação na produção de carenagens. Pode-se citar como exemplo na parte de revestimentos, o interior de geladeiras, que é fabricado tipicamente por termoformagem. As peças produzidas por este processo, normalmente, não possuem grandes exigências de detalhes, acabamento ou especificações estreitas, mas com técnicas avançadas de acabamento, é possível se obter grande precisão de detalhes, possibilitando os materiais termoformados a alcançar resultados similares aos produtos produzidos através da moldagem por injeção. Assim sendo, é possível conseguir texturas como, por exemplo, madeira, couro, liso, corrugado, jateado, lixado, etc.

A qualidade das texturas obtidas por termoformagem depende do material utilizado, das características do molde e do processo. No que diz respeito ao molde, este deve apresentar adequados orifícios para a saída do ar em situação similar ao molde de sopro, porém com a remoção de ar forçada através do vácuo. Para uma melhor reprodução de detalhes é recomendável que as gravações no molde sejam mais profundas do que as desejadas no produto final. Quanto às características do processo, a pressão de vácuo é fundamental na reprodução de detalhes da superfície do molde. Outro fator de grande importância é a espessura da chapa a ser

termoformada, por que menores espessuras permitem a reprodução de texturas mais finas. A figura 9 mostra detalhes de chapas de espessura de 1 e 2 mm de PS termoformadas (SILVA 2006).

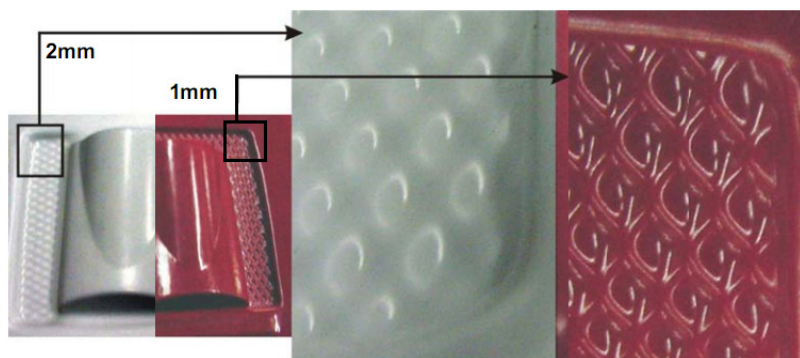


Figura 9 - Chapas de 1 e 2 mm de PS termoformadas

Fonte: (SILVA, 2006)

4 ADAPTAÇÃO DO USUÁRIO AO EQUIPAMENTO

Segundo Trombly e Radomsky (2005), ao se iniciar o uso de um novo modelo de órtese, que no caso é o equipamento esportivo caneleira, deve-se monitorar a pele do usuário a fim de se detectar a tolerância do corpo ao novo dispositivo. Deste modo, deve-se instaurar um programa progressivo de períodos com o seu uso, juntamente com a inspeção da pele. A tolerância às pressões impostas aos tecidos corporais depende de diversos fatores, como o posicionamento anatômico, idade, nutrição, temperatura e umidade (DICIANNO *et al.*, 2008).

De acordo com Edelstein e Bruckner (2006), a duração do período de adaptação depende das condições físicas do usuário e do tamanho do dispositivo. Inicialmente o sistema deve ser utilizado por curtos períodos de tempo, não ultrapassando meia hora. Em seguida, deve-se remover o dispositivo e, imediatamente, inspecionar a pele. Qualquer área avermelhada deve ser reexaminada após dez minutos para averiguar se sua coloração retornou ao normal. No caso de aparecimento de bolhas ou feridas, deve-se interromper imediatamente a utilização do dispositivo e procurar o profissional que a confeccionou. O período de utilização do dispositivo deve ser aumentado gradualmente, sempre inspecionando a pele do indivíduo. Desta forma, a tolerância ao uso do equipamento pode ser aumentada até que se possa utilizá-lo por tempo integral.

4.1 FUTEBOL

Existem atualmente seis confederações de futebol. Elas compreendem as federações nacionais de futebol de cada continente. A AFC na Ásia, a CAF na África, a CONCACAF na América do Norte, América Central e Caribe, a CONMEBOL na América do Sul, a UEFA na Europa e a OFC na Oceania, todas oferecem apoio à FIFA sem interferirem nos direitos das federações nacionais. Na verdade, as confederações tornam o futebol mais conhecido com a organização de torneios próprios entre clubes e seleções e por meio de outras atividades (FIFA, 2011).

A confederação com maior percentagem de pessoas ativamente envolvidas com o futebol é a CONCACAF, com cerca de 8,53% da população. Em contrapartida, na região da AFC esta percentagem é de somente 2,22%. A UEFA tem uma percentagem de participação de 7,59%; a CONMEBOL, de 7,47%; a OFC, de 4,68%; e a CFA, de 5,16%. Existem mais de 1,7 milhões de equipas no mundo e aproximadamente 301 mil clubes (FIFA, 2007).

Em vista da dimensão de praticantes ativos desse esporte e seu constante crescimento, a melhoria e progresso em equipamentos de proteção é necessária e bem-vinda, ainda mais quando só existe um equipamento de proteção obrigatório determinado pela IFAB.

4.2 REGRAS DO EQUIPAMENTO

No dia primeiro de julho de 2010, entraram em vigor as novas regras do jogo de futebol, modificadas na 124ª Assembléia Geral Anual do *International Football Association Board* (IFAB), realizada na cidade de Zurich, na Suíça, em 6 de março de 2010.

As caneleiras são equipamentos básicos no futebol e, em função disso, são consideradas obrigatórias. A mesma caneleira pode ser usada em futebol de campo ou salão. Seguem as recomendações a serem seguidas para este equipamento (FIFA, 2010):

- Devem ser feitas de borracha, plástico ou material adequado;
- Oferecer um nível razoável de proteção;
- Obrigatoriamente cobertas pelas meias.

4.3 PERNA

4.3.1 Tíbia

A posição da tíbia é assimétrica na perna humana, com muito pouco tecido mole na superfície medial e borda anterior. Por haver pouco tecido mole, as lesões tendem a ser muito dolorosas em função que o tecido que recobre o osso é repleto de receptores da dor. Assim, nessas áreas, a proteção deve ser mais resistente, evitando que sejam atingidas de alguma forma que cause problemas aos jogadores. Esses problemas podem ser tanto de hipersensibilidade, quanto fraturas e outros (ANKRAH, 2003).

Em 2001, a propriedade estrutural de uma tíbia artificial biológica com uma rigidez de flexão de 180Nm^2 no plano antero-posterior, foi produzida para ser usada em simulações. Esse valor foi encontrado através de uma média em testes com cadáveres. Essa tíbia artificial é produzida usando resina epóxi, reforçada com pequenas fibras de vidro envoltas de um núcleo de espuma, pela *Pacific Research Labs*, Vashon, CA, USA (HEINER & BROW, 2001).

4.3.2 Fraturas e Lesões

A ocorrência de lesões na perna durante a prática do futebol é muito comum, porém, a análise em forma de estudo para posterior utilização no combate e prevenção das mesmas é ainda muito restrito e complexo, visto que vários estudos utilizam metodologias diferentes e também por que envolvem varias áreas da ciência como design, seleção de materiais, biomecânica dos movimentos e a forma e ocorrência das lesões.

O critério para fratura de um osso da tíbia foi encontrado com testes da canela de cadáveres usando testes de impacto, as forças encontradas foram 4 a 7 KN, e $2,9 \pm 0,4$ KN (NYQUIST ET AL, 1985; FRANCISCO ET AL, 2000).

Não existe critério de contusão de tecidos moles em humanos, mas, em 2003, alguns trabalhos consideraram a hipótese da ocorrência da contusão dos tecidos

moles ocorrerem em pressões acima de 1 MPA. Na figura 10, vê-se o hipotético mecanismo de fratura do tornozelo (CRISTO *et al.*, 1996; ANKRAH, 2003).

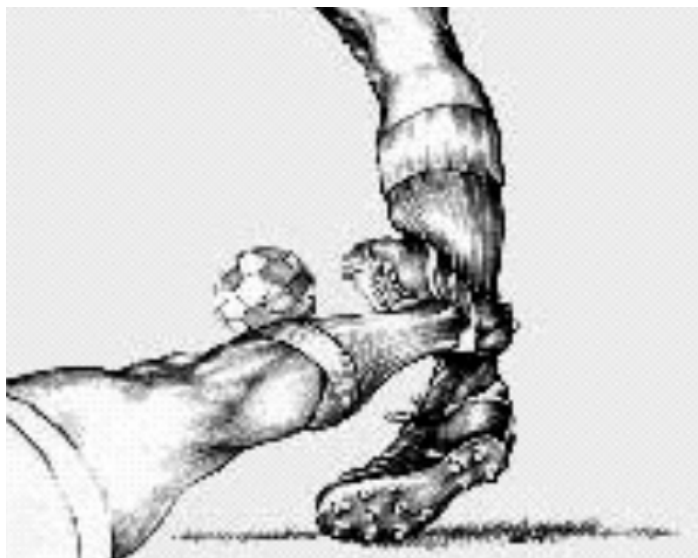


Figura 10 - Adaptado de hipotético mecanismo de fratura do tornozelo

Fonte: (BAHR, 2003)

A figura 11a mostra uma fratura de tíbia e da fíbula, sendo vistas da parte posterior da canela. Já a figura 11b, apresenta a radiografia depois da fixação intramedular da tíbia, mostrando os danos da lesão e como fica após o tratamento.

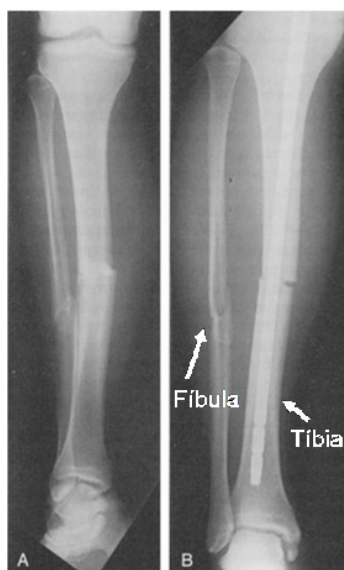


Figura 11 - (a) Radiografia mostrando fraturas na tíbia e fíbula, (b) radiografia posterior depois da fixação intramedular da tíbia

Fonte: (COURT & BROWN, 1995)

Um estudo com 523 casos de fraturas na tíbia realizado pelo Centro Escocês de Traumatologia concluiu que 22,3% eram fraturas isoladas da tíbia e 77,7% eram fraturas combinadas de tíbia e fíbula. Nesse levantamento, 30,9% das fraturas ocorreram em função da prática de esportes, e desses, 80% eram em função do futebol. Assim, foram estudados 130 casos de fratura da tíbia em função da prática do futebol, ou seja, 22,5% dos casos. Foi constatado, nesse estudo, que as fraturas combinadas são mais comuns do que as isoladas, e que a maior parte das fraturas nas pernas não são diretamente relacionada ao futebol, embora seja a atividade que mais causa esse tipo de problema (COURT; BROWN, 1995).

Um estudo em 2006 analisou 42 fraturas de tíbia relacionadas à prática de futebol em atletas, todos eram homens com idades entre 12 e 31 anos. O pesquisador ressalva que, embora a idade seja relevante nesse tipo de lesão, não é um fator primordial, embora considerações devam ser feitas em função de que a maioria dos praticantes está dentro dessa faixa de idade (BENEDITO, 2006).

4.3.3 Dermatite

Um outro estudo, com oito crianças de 9 a 16 anos, praticantes de futebol e que apresentavam algum tipo de dermatite, buscou analisar se esta enfermidade estava relacionada com o contato direto das caneleiras devido ao seu formato ou alergia da pele quanto o material. Um problema de alergia associada ao material da caneleira, ou materiais utilizados na fabricação das mesmas, seria um caso de rever o projeto deste produto quanto a processos de fabricação e seleção de materiais. Já se for por contato irritante quanto ao formato das caneleiras, estaria mais ligado ao uso e forma do produto (WESTON; MORELLI, 2006). Na figura 12, tem-se um exemplo das dermatites causadas pelo uso da caneleira.



Figura 12 - Irritação na canela de uma criança em função do uso da caneleira
Fonte: (WESTON & MORELLI, 2006)

Nesse estudo, as crianças foram submetidas a testes epicutâneos para 51 alérgenos padrões e alguns possíveis provenientes das caneleiras, e assim chegou-se à conclusão de que todas as crianças estudadas não tinham problemas de alergia diretamente dos materiais, mas sim, em função do contato irritante da caneleira com a pele.

Já outras pesquisas relatam que a metodologia deve ser alterada nesses estudos, pois são realizados poucos testes para confirmarem a causa dessas irritações. Normalmente, se a alergia passa em função da não utilização ou exposição ao equipamento, ela não é estudada (VENTURA, 2001; FISHER, 1999; SOMMER & WILKINSON, 1999; BERGFELD, 1985).

O estudo de Ventura (2001) encontrou irritação por alergia em 20% de seus pacientes. Assim em todos os estudos citados, a principal forma de irritação de pele foi por contato constante e irritante com o equipamento. Isto chama a atenção para a melhoria do design, aderência da caneleira à canela, forma de uso e adequação da caneleira à canela.

4.4 CANELEIRAS

As caneleiras são equipamentos esportivos que evitam contusões, lacerações e punções de pele causados por impactos.

Estes equipamentos são mais efetivos contra choques e raspões, do que contra impactos de alta energia cinética, como chutes e caneladas de outros jogadores, ou seja, apesar de contribuírem na defesa da canela contra fraturas, as caneleiras são muito mais efetivas quanto menor for a força aplicada contra elas.

Elas são utilizadas principalmente para proteção da tíbia, que está muito exposta na superfície posterior medial da perna. Ao contrário de outros ossos que são protegidos por músculos e pele, a tíbia está somente protegida pela pele, ficando mais exposta à ocorrência de lesões e fraturas. Estas lesões são extremamente dolorosas em vista que o perióstio, a membrana fina que recobre todos os ossos, é um tecido abundante em receptores da dor.

Em relação aos materiais utilizados nas caneleiras, principalmente na parte frontal, deveria haver um regulamento de forma oficial, que buscasse evitar que materiais com diferentes resistências sejam utilizados por diferentes jogadores em uma partida, pois o choque entre duas caneleiras com materiais que possuem diferenças significativas em resistência, como por exemplo, fibra de carbono e poliestireno, poderia ser tão prejudicial quanto o do choque somente entre as duas canelas para o jogador que utiliza-se do material de menor resistência.

Nos testes de impacto nas caneleiras, são considerados somente os impactos diretos, porque, como em testes com capacetes, a componente direta da velocidade de impacto é a causa principal de fratura (ANKRAH, 2003).

A caneleira é o principal equipamento de proteção utilizado no futebol, visto que tem seu uso definido como obrigatório pela FIFA, exatamente por que tem a função de prevenir uma série de lesões graves, incluindo-se nessa lista o trincamento e ruptura ou a própria quebra da canela (tíbia e fíbula). É assumido que a caneleira protege a canela contra abrasões e contusões, mas não existem estudos que comprovem isso. Cerca de 13% das lesões decorrentes do futebol ocorrem nas canelas, as fraturas correspondem a aproximadamente 0,37% dessas ocorrências, as mesmas ocorrem principalmente pela transmissão da energia cinética entre os jogadores (BARRY, 1998).

4.4.1 Norma

Existe uma norma padrão com requisitos mínimos a serem seguidos pelos fabricantes de caneleiras, NOCSAEDOC (ND)090 – 06m07, em que as caneleiras para teste são escolhidas em uma linha de fabricação de forma aleatória e em número suficiente estatístico, e passam por três testes: teste de impacto, fixação e também rótulos e avisos. Neste último, uma série de informações vitais devem estar disponível na caneleira.

Esta é uma prática pioneira em vista que é a primeira norma relativa à qualidade do equipamento caneleira, e é aplicada aos fabricantes que podem ser certificados ou não. Por enquanto, a grande parte das empresas certificadas se encontra no mercado da América do Norte (NOC SAE, 2007).

O princípio da proteção da caneleira é o de transformar a força de impacto que ocorreria em uma área de contato pequena em uma área maior, assim, a força por área é muito menor, além disso, há um prolongamento do tempo de contato que ajuda na absorção do choque.

Em seu estudo, Phillipens e Wismans (1989) encontraram uma redução de 28 a 53% para uma energia cinética de 5,3J, contudo Francisco *et al.* (2000), encontrou reduções de apenas 11 a 17%, trabalhando com energias de 8 a 21 J, além disso, eles foram os únicos a comentarem sobre o design e materiais das caneleiras testadas e ressaltaram os seguintes pontos: “casca” de fibra de vidro se saiu melhor do que outros materiais na distribuição da força de impacto; para a melhora do encaixe, por exemplo, bexigas de ar tiveram o melhor resultado, por ocasionarem a diminuição das forças de pico, e também o aumento da espessura da espuma foi mais importante do que o comprimento da caneleira.

A figura 13 mostra como as caneleiras são construídas basicamente em cima de camadas de espumas, e com diferentes designs da parte frontal. E são utilizadas para proteger a frente da tíbia e o músculo da perna. A rigidez de flexão da maioria das caneleiras é baixa na região horizontal de forma a se encaixarem nas canelas dos esportistas, contudo essa rigidez horizontal deve ser suficiente para transferir a carga de um impacto frontal para longe da tíbia, para músculos laterais. A camada

de espuma deve ser flexível para evitar o desconforto e atrito, mas resistente o suficiente para absorver a energia de impacto.

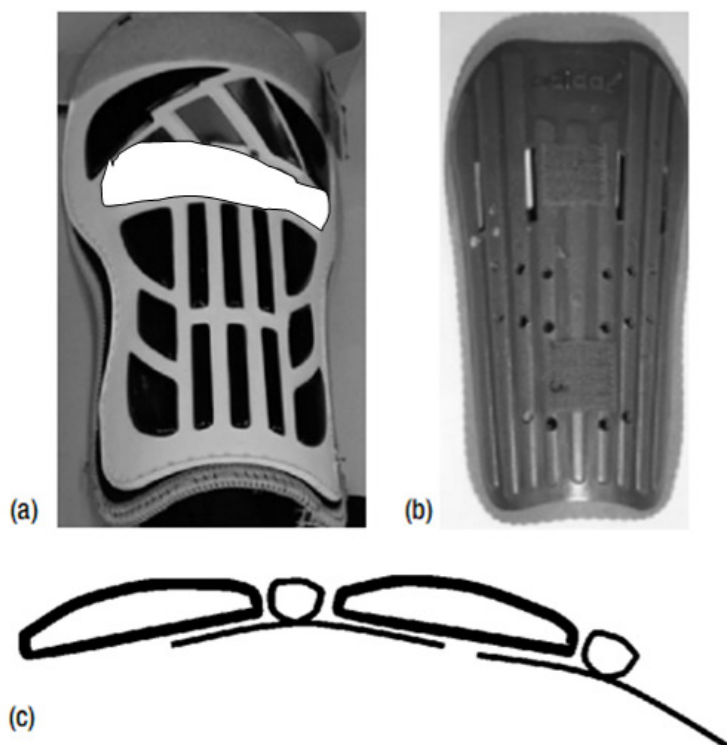


Figura 13 - Visão das camadas de uma caneleira a) Caneleira D, b) Caneleira E, c) A visão transversal desses modelos, sua segmentação

Fonte: (REINFORCEDPLASTIC, 2001)

As melhores caneleiras para absorção de impacto utilizam cristas transversais e conchas de formas complexas para melhorar sua rigidez à flexão. Estudos também mostram que a maioria das camadas superficiais irão deformar contra impactos diretos, mas a camada interna somente absorverá uma energia significativa se a parte externa suportar energias superiores de 10 J. Alguma distância entre a camada interna da caneleira e a tíbia é um método eficiente para aumentar a proteção da mesma, pois este espaçamento também contribui para a absorção da energia e redução da pressão absorvida pela canela (ANKRAH, 2003).

Dependendo do modelo, as caneleiras podem ser unidas com cintos, cordões, pulseiras ou velcro. O uso das meias longas, a qual cobre toda a caneleira é regado pela IFAB, sendo uma das poucas regras aplicadas aos equipamentos de proteção utilizados durante uma partida de futebol. Alguns modelos também têm polainas

(alças de tecido que vão ao redor da parte inferior do pé), de forma a estabilizar a caneleira.

Caneleiras tem sido produzidas com varias formas e tipos de camadas de diferentes materiais, para a obtenção de um melhor balanço entre conforto e proteção. As camadas podem ter diferentes valores de rigidez sendo, normalmente, distribuídas ao longo da direção do plano ortogonal da seguinte forma: maior rigidez a flexão na parte paralela a perna para maior proteção e um menor valor de rigidez é utilizado em volta da perna, obtendo-se assim maior conforto em seu uso. Esse processo pode ser utilizado com qualquer fibra ou combinação de fibras, assim vários materiais e compósitos podem ser utilizados para a combinação de proteção e conforto. Esse processo não pode ser realizado por delaminação, mas é facilmente alcançado por infusão de resina ou por termo formação no design desejado (REINFORCEDPLASTIC, 2001).

4.4.2 Equipamentos Personalizados

O equipamento personalizado deve ser como uma extensão do próprio corpo. Ele necessita de requisitos que contribuam para o conforto térmico, a mobilidade, a segurança e a higiene. O produto adequado só pode ser produzido com a correta aplicação dos materiais, design e perfil antropométrico do usuário, fatores que determinaram o sucesso do equipamento.

Ao criar equipamentos esportivos para atletas, muitas vezes os projetistas não adequam o equipamento a todos os movimentos que os desportistas realizam. Assim, o equipamento pode ocasionar desconforto e até mesmo lesões, não cumprindo a sua função protetora, agindo ativamente ou passivamente para a ocorrência de falhas. Ainda deve-se salientar que os perfis antropométricos utilizados podem divergir da população de interesse, em vista que a maioria dos estudos antropométricos são realizados em países de primeiro mundo, expensas do governo, na maioria através dos seus exércitos. Assim, a maior parte dos fabricantes, em países como o Brasil, que não possuem um levantamento próprio, utilizam-se de perfis estrangeiros ou adaptações dos mesmos na confecção de suas roupas, equipamentos, calçados, entre outros.

Ainda há poucos estudos sobre os desacordos que essas adaptações causam em situações diárias, além do que existe uma grande parte da população que, por suas particularidades acabam prejudicadas em função dessas adaptações, tais como obesos, deficientes, paraplégicos, adultos muito grandes ou muito pequenos, por exemplo, que já por sua natureza especial não podem contar com o auxílio dos estudos genéricos de população, ficam mais a mercê desses erros de projeto. O uso incorreto de materiais provoca desde lesões, a quebra de equipamento ou até mesmo irritação da pele do usuário. O design correto do equipamento é importante, evitando lesões e esforços desiguais ou desproporcionais em diferentes regiões, além do que pode ser utilizada para reforçar áreas mais frágeis ou susceptíveis a lesões.

4.4.3 Design e Interface do Equipamento

A interação do design de equipamentos personalizáveis com o corpo humano envolve a identificação e a análise da interação entre os dois, o planejamento e o modelamento da geometria complexa, a identificação e criação de variáveis paramétricas e modelos. O método tradicional de design usa uma sequência de etapas para desenvolver um produto baseado nas informações dos usuários. Estes passos são, usualmente, planejamento, desenvolvimento, produção e análise pós-consumo. Já para criar um produto personalizável, deve-se adicionar as etapas de planejamento da interface, desenvolvimento do conceito, desenho do sistema, design detalhado, testes e refinamentos, produção puxada, e ainda análises de conforto, considerando forças críticas e pressões. Existem CADs que já trabalham o design detalhado da superfície para encaixe, como também para criar modelos paramétricos. Ainda há possibilidade da utilização do escaneamento tridimensional para a criação de modelos com base no corpo humano e para posterior criação da superfície do equipamento ou produto.

Um estudo de caso foi realizado por Nielsen (2008), onde o perfil interno da caneleira poderia ser captado diretamente do usuário através de biopontos, chaves e curvas de referência, conforme mostra a figura 14, a fim de possibilitar um melhor encaixe, proporcionado, assim, um maior conforto no uso do equipamento,

desenvolvendo uma caneleira de melhor qualidade, transformando-a em uma extensão da canela (NIELSEN, 2008).

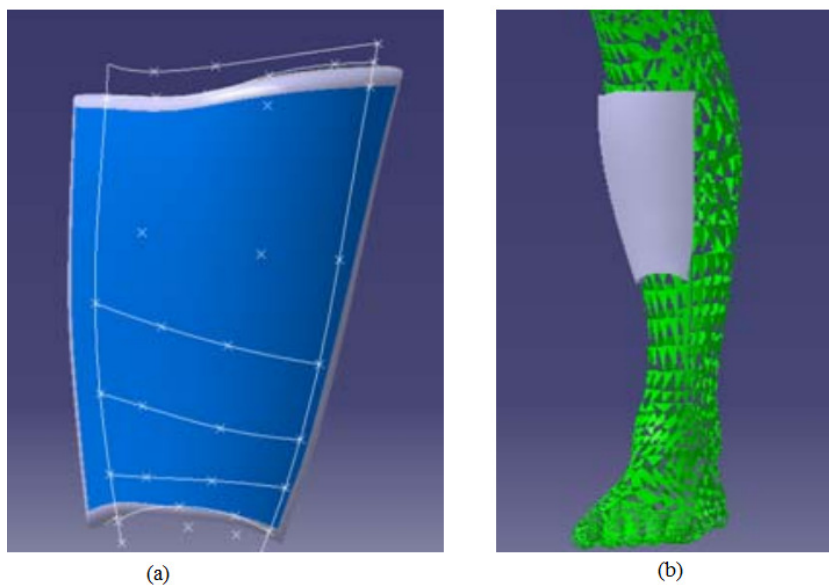


Figura 14 - Equipamento personalizado (a) Caneleira fabricada a partir do perfil da canela (b) perfil que é retirado a partir da canela

Fonte: (NIELSEN, 2008)

5 MATERIAIS E MÉTODOS

Os materiais e equipamentos utilizados nesse trabalho foram necessários para aplicação das três rotas tecnológicas de fabricação das caneleiras personalizadas, análise das caneleiras e fabricação das caneleiras personalizadas.

5.1 MATERIAIS E EQUIPAMENTOS

Os materiais utilizados para a realização desta pesquisa foram:

- a) Ataduras gessadas, marca Cremer com dimensões de 20 cm x 4m;
- b) Balança Quimis - Q-500L210C;
- c) Chapa de polipropileno de 400x200x2mm;
- d) Cola de sapateiro;
- d) E.V.A de 350x150x2mm;
- e) Scanner Móvel, marca Konica Minolta, modelo Vivid 9i;
- f) Espumas de poliuretano;
- g) Fresadora CNC, marca Tecnodrill, modelo Digimill 3D;
- h) Fitas dupla face;
- l) FTIR-; Spectrum 100, FT-IR Spectrometer;
- j) Máquina fotográfica digital, marca Sony, modelo WSC-55;
- l) Lixas com granulometria de 400;
- m) Placas de Polipropileno;
- n) Placas de Etil Vinil Acetato;
- p) Politriz Mod. Polipan-2;
- q) Spray D-70®, emulsão não aquosa;
- r) Software Raindrop Geomagic Studio e Qualify;
- s) Software Edgecam;
- t) Software Sat Report Standard;
- u) Termógrafo marca SAT, modelo HY6800;
- v) Tomógrafo marca Philips, modelo Brilhante, 16 canais.

5.2 PROCESSOS UTILIZADOS

A fim de obter uma caneleira com o perfil de um usuário específico, fazendo um produto personalizado, três tipos de rotas tecnológicas foram escolhidas. A primeira foi a digitalização direta da canela; a segunda, através de moldes negativos e positivos em gesso; e a terceira rota, através da tomografia da canela. Estas rotas foram escolhidas com base na suas diferenças na forma de obtenção do perfil interno da tíbia e fíbula e também no acesso aos equipamentos necessários para sua aplicação. Todas as caneleiras foram termoformadas em matriz aberta e os três métodos de obtenção da forma da canela e a sua posterior termoformagem são explicados a seguir.

5.3 DIGITALIZAÇÃO

5.3.1 Equipamentos e Parâmetros Utilizados

Durante a execução deste trabalho, foram utilizados dois tipos diferentes de equipamentos laser para captação de objetos 3D: o escaner móvel Konica Minolta, modelo Vivid 9i, com lentes *wide*, distância focal 8mm, precisão de 0,096mm a 1m de distância e o escaner fixo Digimill 3D, no qual a precisão é determinada através do posicionamento nos eixos CNC, neste caso 0,0015mm e a lente utilizada para as medidas foi de 250mm. Os equipamentos foram disponibilizados pelo LdSM. Para a digitalização das canelas foi utilizado o escaner móvel Minolta, que viabiliza a digitalização de objetos de maiores dimensões e pela necessidade de um padrão igualitário para as posteriores medidas e comparações. O escaner móvel Minolta captura medidas por linhas, de forma mais rápida em comparação com escaner fixo Digimill, levando apenas alguns segundos para sua execução. A figura 15 apresenta a foto de uma canela digitalizada pelo escaner Minolta.



Figura 15 – a) Visualização do processo de digitalização do perfil da perna por pontos b) Processo de digitalização por pontos do molde positivo em gesso

Já para a digitalização das caneleiras comerciais e moldes se utilizou o laser de pontos fixo Digimill 3D. A figura 16 mostra uma imagem da caneleira digitalizada por esse processo.

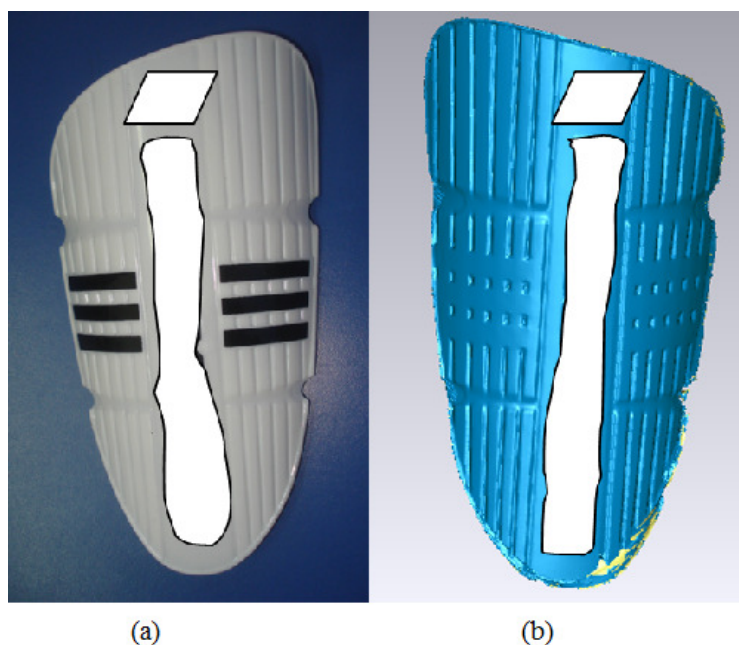


Figura 16 – a) Foto da caneleira, marca A b) Visualização da Caneleira A digitalizada

Para verificar a diferença entre os equipamentos de digitalização utilizados, por linha e por pontos, um objeto foi escaneado pelos dois modos, e seus resultados foram comparados entre si pelo software Geomagic Qualify®. O molde positivo em gesso da canela foi o objeto utilizado para essa avaliação, por manter um padrão

fixo e sem problemas de deterioração durante os processos utilizados, conforme mostra a figura 17.

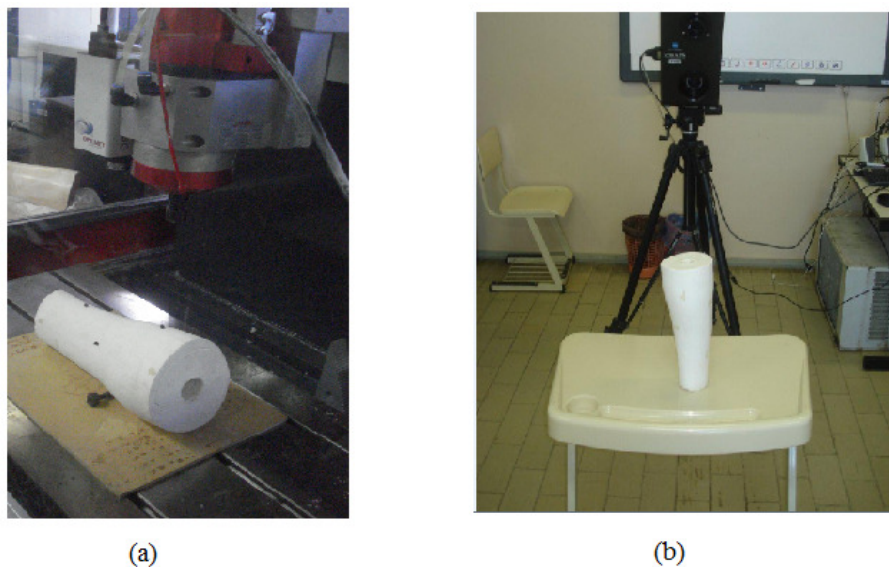


Figura 17 – a) Digitalização por pontos do molde positivo de gesso digitalizado b) Digitalização por linha do molde positivo em gesso

A diferença máxima encontrada entre as caneleiras digitalizadas está em 0,3mm, conforme mostrado na figura 18, utilizando-se do software Geomagic Quality. Este resultado é considerado satisfatório devido à semelhança entre as medidas.

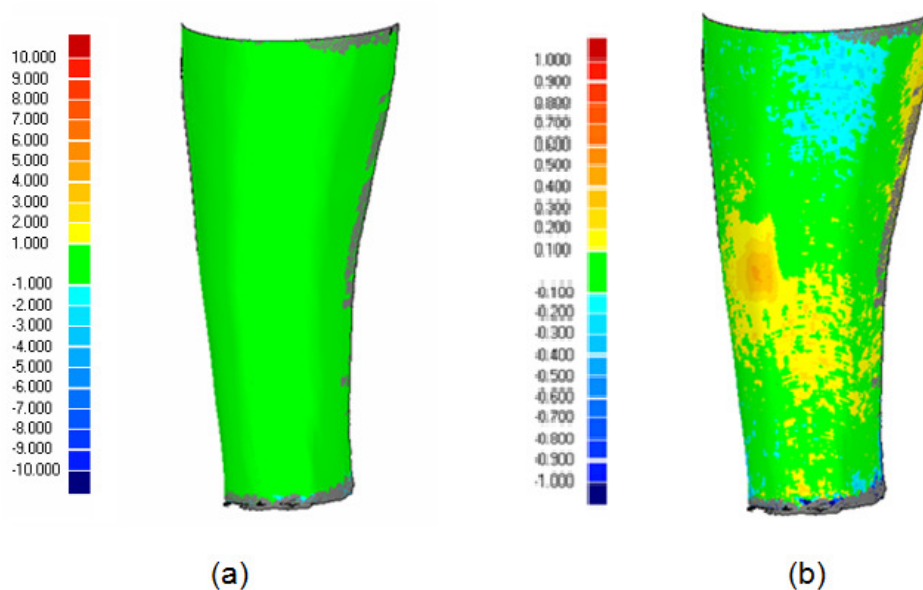


Figura 18 - Comparação dos dois modelos gerados, análise diferencial entre modelos. (a) Análise 3D da diferença, escala de 1 a 10mm. (b) Análise 3D da diferença, escala de 0 a 1mm

5.3.2 Caneleiras

Foram digitalizadas, montadas e manipuladas, ao todo, 6 caneleiras, 30 canelas e 10 moldes de gesso e PU. Por manipulação entende-se a aplicação de filtros, tratamentos e ajustes, de onde foram retirados pontos sem importância prática para essa aplicação específica. No procedimento de digitalização, tanto por pontos quanto por linhas, os objetos não são escaneados por inteiro de uma única vez, e sim em etapas, ou seja, são digitalizadas diferentes posições, capturando superfícies distintas do objeto. A figura 19 retrata esse procedimento.

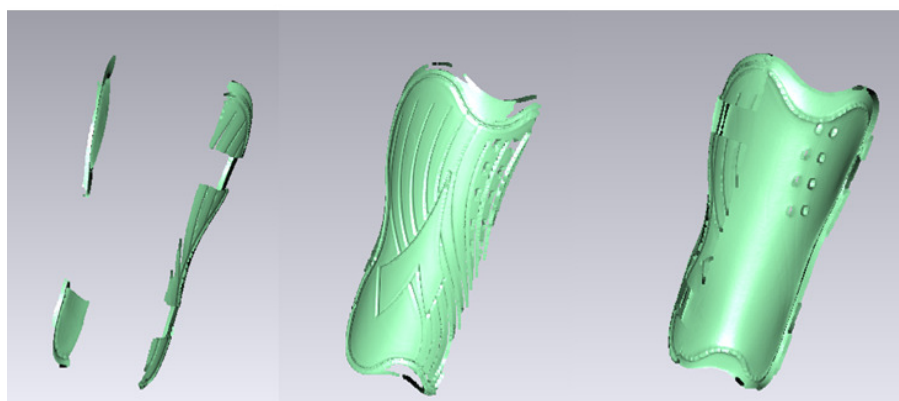


Figura 19 – Visualização de diferentes etapas da digitalização de um objeto, onde o objeto foi digitalizado em partes separadas para sua posterior montagem.

Na figura 20, tem-se um modelo digitalizado da caneleira após o encaixe das suas partes e sua posterior modelagem, onde houve um tratamento dos pontos.

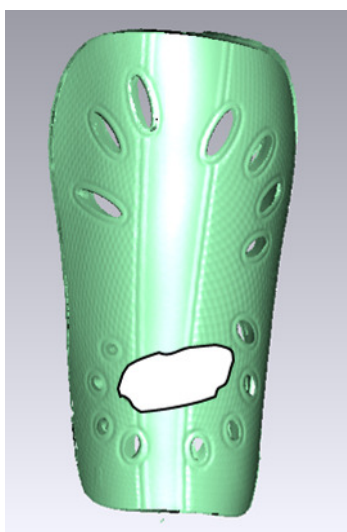


Figura 20 - Caneleira digitalizada e modelada no Geomagic Studio

Nesse trabalho utilizou-se um Spray D-70®, que é um revelador não aquoso branco, assim com a alteração da cor do objeto, o equipamento consegue registrar os pontos, eliminando interferências como mostra a figura 21.



Figura 21 - a) Produto não pode ser digitalizado, por que sua cor prejudica a captação do laser pelo sensor, ocasionando dispersão do sinal b) Alteração da cor do objeto através do uso de um revelador não aquoso para aumentar a captação do laser.

Como mostra a figura 22, o objeto é impregnado com o revelador não aquoso, até que fique totalmente coberto. A cor branca é mais sensível a reflexão do laser, tornando dessa forma melhor a captação de sinal do laser.



Figura 22 - Procedimento de digitalização 3D de uma caneleira, onde foi necessário alterar a cor do objeto com Spray D-70, emulsão não aquosa.

5.3.3 Canelas

A digitalização das canelas foi realizada pelo *scanner* móvel Minolta de linha. Na figura 23, mostra-se a imagem da digitalização da canela de um voluntário. Para

cada canela foram realizadas 4 medidas em posições diferentes: frontal, lateral direita, lateral esquerda e posterior.



Figura 23 - Foto do procedimento da digitalização da canela de um usuário

Após a digitalização da canela, foi necessário montar todas as quatro partes digitalizadas, e manipular os pontos de forma a se obter uma superfície contínua, sem buracos e sem erros de encaixe. As quatro digitalizações da canela foram consideradas satisfatórias por permitirem com maior facilidade o encaixe das nuvens de pontos, indicando a exata curvatura da canela.

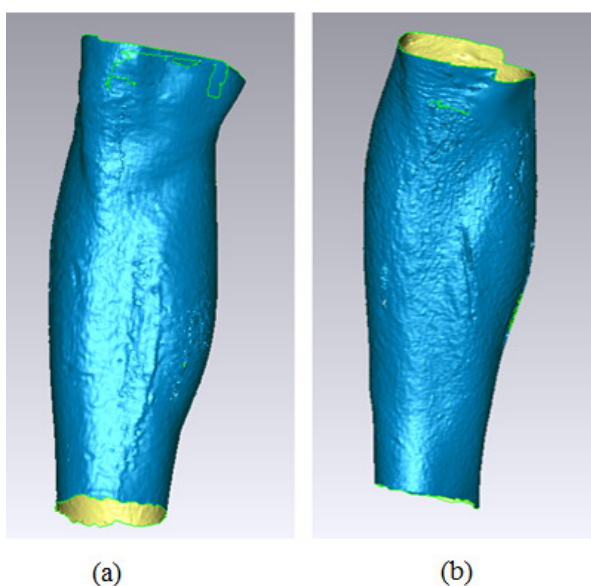


Figura 24 - Duas Canelas digitalizadas de usuários diferentes por linhas. É possível observar diferenças no perfil entre as duas canelas a) usuário x b) usuário y

5.3.4 Interferência na Digitalização da Canela

Durante a digitalização das canelas percebeu-se que os pelos poderiam interferir no resultado final da digitalização. Assim, uma canela foi digitalizada com uma meia fina fio 20 e outra sem meia, conforme figura 25, e os resultados foram comparados afim de se obter informações sobre qualquer tipo de interferência entre as duas formas de aquisição. A figura 26 mostra os arquivos das digitalizações que foram comparados.



Figura 25 - Foto do procedimento da digitalização a) com a meia fina b) sem a meia fina

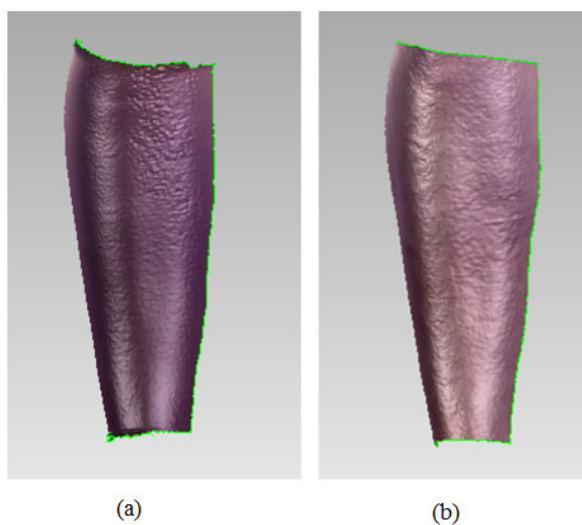


Figura 26 – Arquivo warp final da digitalização (a) com meia fina (b) sem meia fina

Pela observação da figura 27, a interferência causada em função dos pelos das canelas é de 2,39 mm em média, mas deve salientar que o uso da meia fina pode alterar a espessura da canela em até 1,5 mm (medida em paquímetro), conforme espessura da meia. Assim, o desvio seria de 0,84 mm, em média, em alguns pontos da canela. Como o método da digitalização utilizado foi sem meia, em todos os escaneamentos realizados, a interferência não influencia nos resultados. Tendo em vista que todos os ensaios foram realizados do mesmo modo, a comparação é feita entre os modelos, assim essa interferência não afeta os resultados.

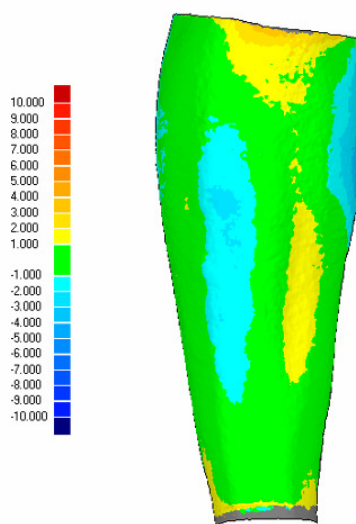


Figura 27 - Comparação entre os dois modelos (medidas em mm)

5.3.5 Moldagem em Gesso

O molde negativo feito em gesso é um método de fácil obtenção, com a utilização de pouco material, onde é necessário: malha, atadura gessada, água, saco de lixo, tira de polipropileno, estilete e tesoura de gesso. Embora seja um método simples, o conhecimento da técnica pela pessoa que aplica é importante para um bom resultado final, e leva em torno de 10 a 15 minutos. As figuras 28 e 29 mostram todo o procedimento da aplicação do gesso e sua retirada para obtenção do molde negativo com as impressões da canela.



Figura 28 - Procedimento para a obtenção do molde negativo de gesso



Figura 29 - Resultado final do molde negativo

A figura 30 mostra o procedimento realizado para produção do molde positivo, desde a preparação do negativo até a sua retirada.



Figura 30 - Fotos do procedimento para obtenção do molde positivo de gesso

O molde positivo em gesso foi posteriormente digitalizado para testes em ambiente 3D, no software Geomagic Qualify. O resultado da digitalização está na figura 31.

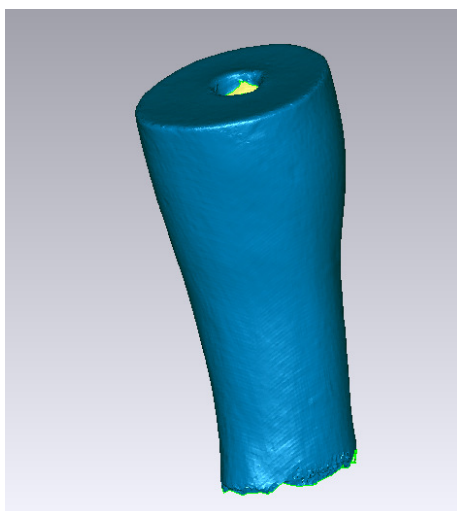


Figura 31 - Molde de gesso digitalizado por linhas no Konica Minolta Vivid 9i

Este molde positivo em gesso foi utilizado para a termoformagem da caneleira personalizada e a digitalização foi utilizada para as comparações e análises.

5.3.6 Tomografia Computadorizada

A tomografia computadorizada foi realizada no Hospital de Clínicas de Porto Alegre e a análise das duas canelas foi realizada em conjunto no mesmo exame. Na tabela 3, tem-se os dados utilizados para a realização da tomografia computadorizada.

Tabela 2 - Dados utilizadas na tomografia computadorizada.

Matriz	512x512
Campo de visão	Entre 140 e 170mm
Espaçamento por rotação	2,0mm
Espessura da fatia	2,0mm
Intervalo de reconstrução	2,0mm

Na figura 32, é apresentado o tomógrafo utilizado para a análise da perna do usuário, para posterior confecção da caneleira.



Figura 32 - Aparelho de tomografia utilizado para realização das análises

Para que a tomografia computadorizada possa ser utilizada como um método de obtenção da superfície da canela e, assim, posteriormente, do produto personalizado, os arquivos com extensão dicon, obtidos no exame, devem ser manipulados de forma que os Raios X montem uma superfície, isso pode ser feito através de Softwares específicos. Nesse trabalho o “Invesalius” foi o software utilizado. Após a formação da superfície, a mesma é salva em .stl, arquivos compatíveis com o Geomagic. A figura 33, mostra a superfície gerada no tomógrafo, posteriormente no Geomagic. A superfície é limpa e tratada, para após ser enviada para o ArtCam, e a peça final poder ser usinada.

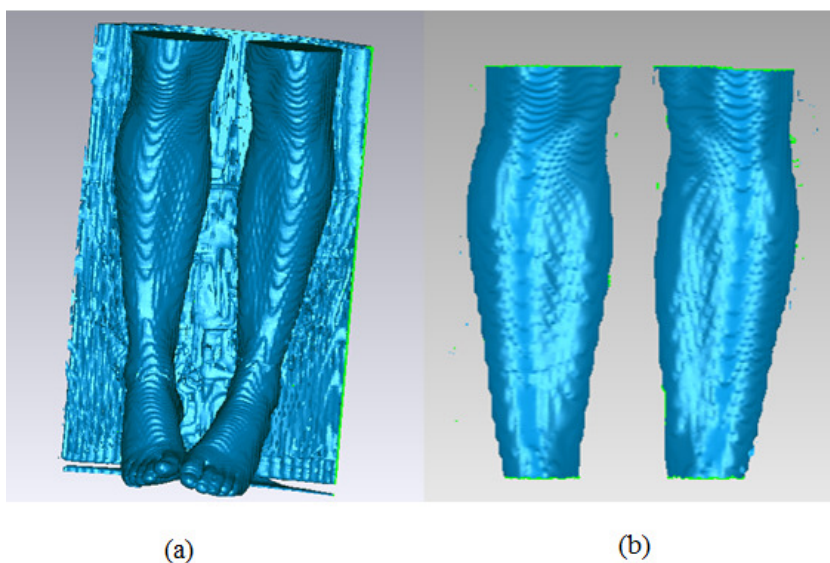


Figura 33 - Tomografia das duas canelas, a) convertidas em stl b) Manipuladas no Geomagic Studio 10.0

5.3.7 Termoformagem das Caneleiras

Para a digitalização e a tomografia é necessário usinar o perfil da canela, fabricando um molde. Estes moldes foram realizados em PU.

Na Figura 34, tem-se o bloco de PU de 400x200x200 mm preso já na máquina CNC, pronto para ser usinado no perfil da canela.

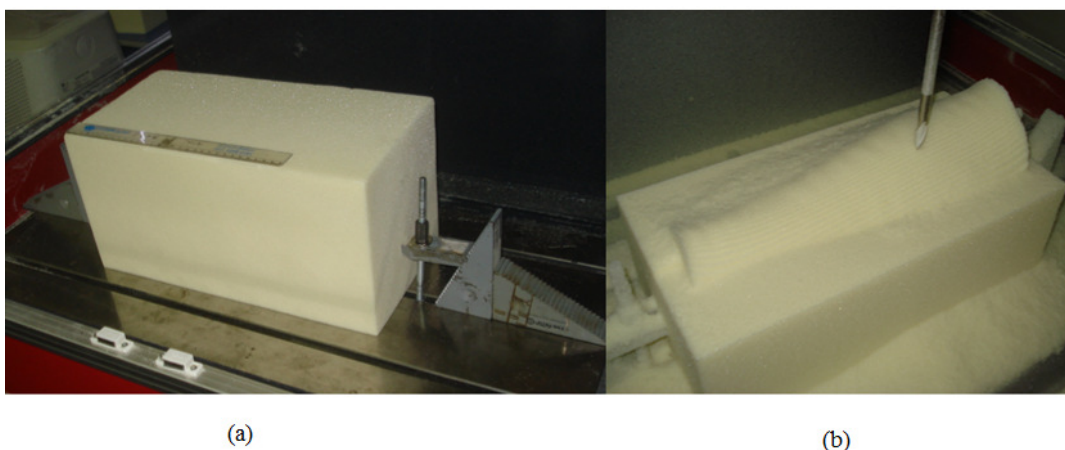


Figura 34 – a) Bloco de PU usado como base para a usinagem do perfil da canela b) perfil da perna durante processo de usinagem

O resultado final do molde usinado em PU e digitalizado é encontrado na figura 35, esse método foi utilizado para a digitalização e a tomografia.

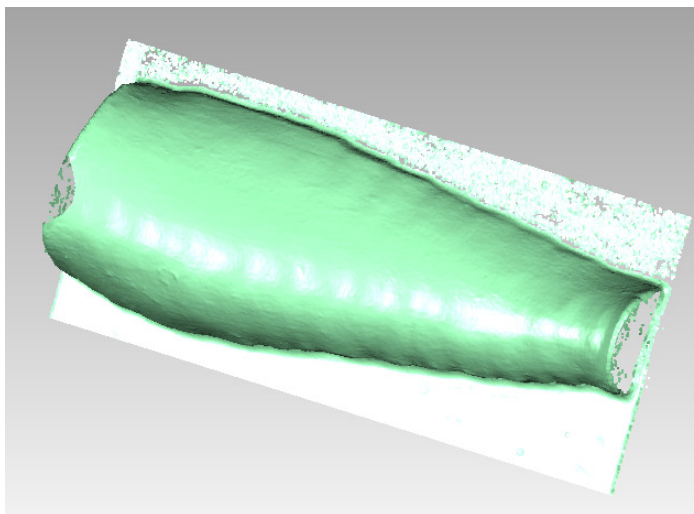


Figura 35 - Nuvem de pontos do perfil da canela usinado em PU, originado a partir da tomografia

A termoformagem das caneleiras personalizadas foi realizada na empresa Ortocom Ortopedia Ltda (Indústria de Aparelhos Ortopédicos Ltda), onde utilizou-se de sua estrutura para a confecção das mesmas. Os equipamentos utilizados foram suporte do molde e bomba de vácuo, estufa, malha tubular, fresa, lixadeira e politriz.

As caneleiras personalizadas produzidas por termoformagem a vácuo foram fabricadas a partir de uma chapa de polipropileno de 350x350 mm e de EVA de 200x200 mm, o molde positivo em gesso da canela também foi utilizado.

O molde em gesso foi utilizado como base para a termoformagem da caneleira personalizada. O processo da termoformagem do PU é basicamente o mesmo do molde de gesso. Os moldes em PU foram produzidos a partir da tomografia e da digitalização da canela de um mesmo usuário.

Na termoformagem dos moldes de PU, as bordas devem ser retiradas bem rentes a forma da canela de maneira que o molde fique sem nenhum obstáculo para o encaixe do polipropileno. Assim, o molde da canela se adapta melhor e nenhuma deformação ou marca fica no polipropileno após o seu endurecimento.

A figura 36 mostra como o molde foi posicionado no aparelho de termoformagem, para sua utilização na fabricação da caneleira de forma a se tornar uma base para a construção da mesma.

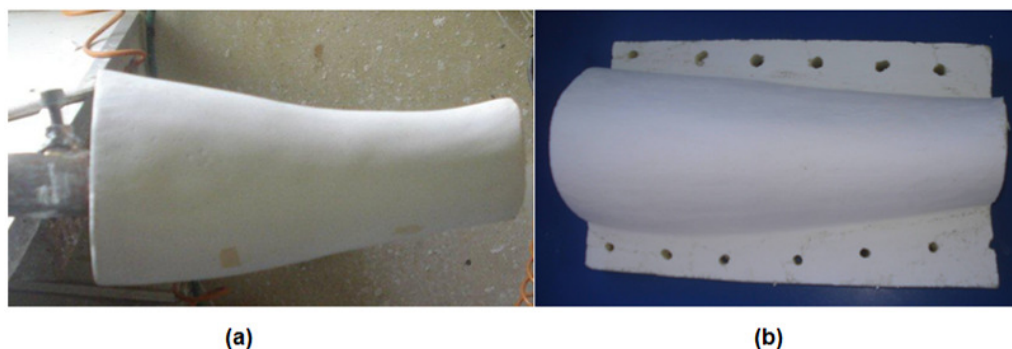


Figura 36 - Suporte do molde (a) em gesso e conectado ao aparelho de vácuo. (b) em P.U furado para ser fixado para termoformagem

O E.V.A é aquecido por 20 segundos a cerca de 170°C , somente para amolecer e assim se fixar melhor ao molde de gesso. Já o polipropileno é aquecido por 10 minutos a 180°C , até se tornar transparente e se tornar moldável ao gesso.

O molde positivo, preso no suporte, é recoberto com um tecido de algodão, de forma que quando o EVA, que esta amolecido, recém-saído do forno, não fique aderido no molde de gesso ou PU, conforme mostra a figura 37.



Figura 37 - Molde positivo de gesso preso no suporte e recoberto por um pano de algodão branco com espessura de 3 mm

A figura 38, mostra o molde em gesso recoberto pelo EVA amolecido, tomando a sua forma.



Figura 38 - Molde de gesso no suporte revestido com E.V.A amolecido em forno

A figura 39 mostra o molde sendo recoberto pelo polipropileno, posteriormente o vácuo é ligado e ajuda na moldagem do molde.



Figura 39 - Molde sendo revestido com polipropileno, ainda mole recém retirado do forno

Na figura 40, o polipropileno já está endurecido, envolto no molde, com a sua forma final. Essa configuração é deixada em descanso por alguns minutos até que esfrie o polipropileno. Nesse caso, foi ao ar para evitar empenamentos, mas o uso de ventiladores diretos ou indiretos podem ser utilizados para acelerar o processo.



Figura 40 - Molde de gesso recebendo a camada de polipropileno a) molde em gesso e b) moldes em P.U

Na figura 41, estão expostos alguns ajustes realizados no polipropileno termoformado já moldado. O corte e lixamento dos cantos ajustam o polipropileno para a forma final para a caneleira.

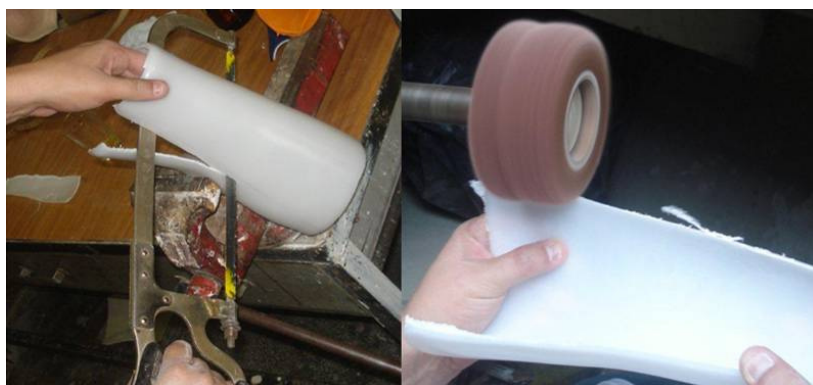


Figura 41 - Molde de polipropileno sendo cortado e ajustado

A colagem entre o EVA e o polipropileno é realizada com cola a base de solventes orgânicos, como mostra a figura 42. A cola é distribuída uniformemente entre os dois componentes.



Figura 42 - Realização da colagem entre o Eva e o polipropileno

Os retoques finais na caneleira encerram o produto final, com a adequação dos cantos e o corte de rebarbas, como é mostrado na figura 43.



Figura 43 - Ajustes finais entre as partes e remoção de cantos

5.4 ANÁLISE DE SIMILARES

Na análise de similares, os equipamentos foram comparados quanto a peso, material, área, custo e padrão. Os equipamentos utilizados foram Spectrum 100, FT-IR *Spectrometer* para a identificação do material das caneleiras (figura 44) e para as medidas de peso utilizou-se uma balança Quimis ate 2kgs (figura 45).



Figura 44 - Análise de FTIR da parte interna da caneleira

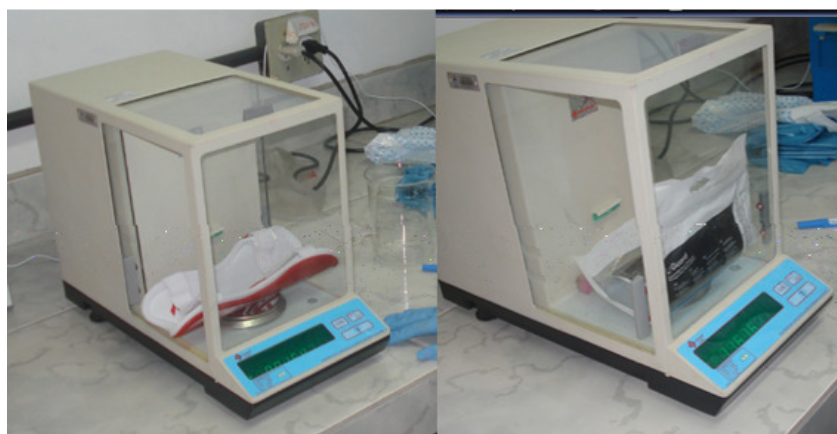


Figura 45 - Análise do peso de uma caneleira, embalagem

5.4.1 Padrão de Tamanho das Caneleiras Especificadas pelos Fabricantes

Os vários fabricantes que comercializam caneleiras no Brasil trabalham com classificações diferentes representadas pelos mesmos tamanhos, embora usem um mesmo parâmetro, conforme tabela 3, 4 e 5.

Tabela 3 - Padrão fabricante A, disponibilizado na embalagem da caneleira

Tamanho Padrão Marca A						
XXS	XS	S	M	L	XL	XXL
90 cm	120 cm	140 cm	160 cm	180 cm	190 cm	200 cm

Tabela 4 – Padrão B, disponibilizado na embalagem da caneleira

Tamanho Padrão Marca B		
S/P	M/M	L/G
165-171cm	171-180 cm	Maior que 180 cm

Tabela 5 – Padrão C, disponibilizado na Internet

Tamanho Padrão Marca C					
XXS	XS	S	M	L	XL
80-100 cm	100-120 cm	120-140 cm	140-160 cm	160-180 cm	180-200 cm

Isso significa que os usuários se deparam com um grande número de marcas e categorias diferentes, e embora essas classificações usem a mesma forma de arranjo, elas não são iguais, por exemplo, um usuário de 1,60 m de altura seria classificado de três diferentes formas, uma diferente por marca. E enquanto uma marca possui sete classificações distintas, outras possuem somente três.

Olhando os perfis fornecidos pelos fabricantes para a escolha dos usuários, pode-se inferir que não há um consenso quanto ao perfil a ser utilizado nem em quantas categorias deve-se subdividi-los. Outro fator que deve ser ressaltado é que a escolha do perfil mais adequado é baseado simplesmente na estatura do usuário, sabe-se empiricamente e por estudos que, em função da deposição de gordura subcutânea, as canelas de uma pessoa de 1,70m e 60 kg e de 1,70 m e 90 kg são muito diferentes, mas pelos parâmetros de escolha apresentados se encaixariam no mesmo grupo. Dessa forma, a classificação em grupos torna-se incorreta, por considerar apenas esse parâmetro como referência (ALVES, 2010).

5.4.2 Variação dos Perfis Antropométricos

A avaliação dos perfis antropométricos das canelas em 3D foram realizados a partir da geração de um volume representativo das mesmas, através da digitalização e comparadas com o software Geomagic Qualify®. Todos os objetos 3D gerados podem ser comparados uns com os outros, através das suas similaridades. Todos os perfis de usuários utilizados neste trabalho estão dentro de um grupo com características semelhantes, estabelecidos pelos fabricantes como padrões de usuário. Este é idealizado em relação à altura dos usuários que usam o equipamento. Assim, os fabricantes estabeleceram um padrão de tamanho da caneleira em relação à altura do perfil dos usuários.

Nesse trabalho, a intenção é avaliar se este grupo escolhido pelos fabricantes como modelo padrão, realmente apresentam similaridades entre seus perfis de canelas ou não, de forma a averiguar se existem diferenças importantes entre os perfis de um mesmo grupo, considerado “igual” para os produtores do equipamento esportivo de proteção. O software Geomagic Qualify compara diretamente a superfície destes modelos, apresentando a variação entre eles na forma de gráficos, que mostram a diferença entre um modelo e outro. Isso é necessário pois, apesar de dois usuários estarem no mesmo padrão de um fabricante, eles podem apresentar diferenças significativas entre as formas e tamanhos das suas canelas, onde alguns podem se adequar ao uso da caneleira e outros não, conforme mostra a figura 46.

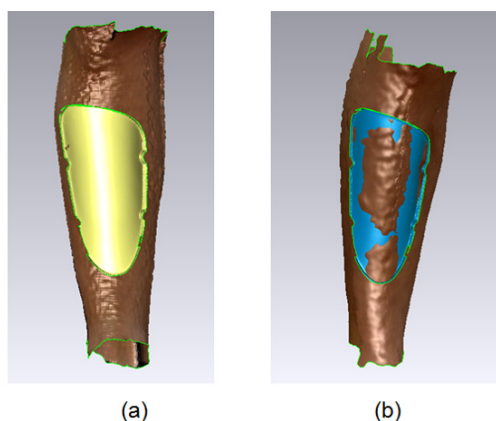


Figura 46 - Encaixe entre a canela e a caneleira, (a) encaixe adequado (b) encaixe inadequado, mesma classificação de usuários

5.4.3 Adaptação do Usuário ao Equipamento

As três caneleiras personalizadas foram testadas separadamente em três partidas de futebol amador de campo, e três caneleiras *standards* foram utilizadas em outras três partidas, para análise comparativa do usuário. No total foram 6 jogos de futebol, todas as análises foram realizadas com o mesmo usuário, que possui 1,87m e IMC 27,3. As análises foram realizadas durante todos os jogos para verificar a adaptação do usuário aos equipamentos, assim, a cada 15 minutos, a pele da canela foi verificada em busca de manchas avermelhadas ou qualquer sinal de alteração, tanto com o uso das caneleiras personalizadas quanto dos equipamentos *standards*. Durante o intervalo, uma averiguação foi realizada por toda a perna dos usuários, a procura de alterações na pele, e ao final do jogo outra busca foi realizada a cada 15 minutos na perna do jogador por um tempo de 45 minutos.

6 RESULTADOS E DISCUSSÃO

6.1 AVALIAÇÕES E AJUSTES

6.1.1 Análise da Interferência na Digitalização da Canela

Ao realizar a digitalização da canela do usuário, a mesma pode ser feita de duas formas distintas: uma com a canela desnuda, e assim poderia haver a interferência dos pêlos da canela; ou com a canela coberta por uma meia fina, que poderia influenciar nas suas dimensões, mesmo que minimamente, o que deve ser considerado. Após as digitalizações das duas formas mencionadas e a comparação entre os resultados, como é possível ver na figura 47, pode-se afirmar que apesar de um erro associado ao acréscimo da espessura da meia na canela, a qualidade dessa digitalização é maior do que com a canela desnuda. Os pêlos são prejudiciais a digitalização e a utilização da meia fina traz uma vantagem, por isso, esta forma foi adotada no trabalho.

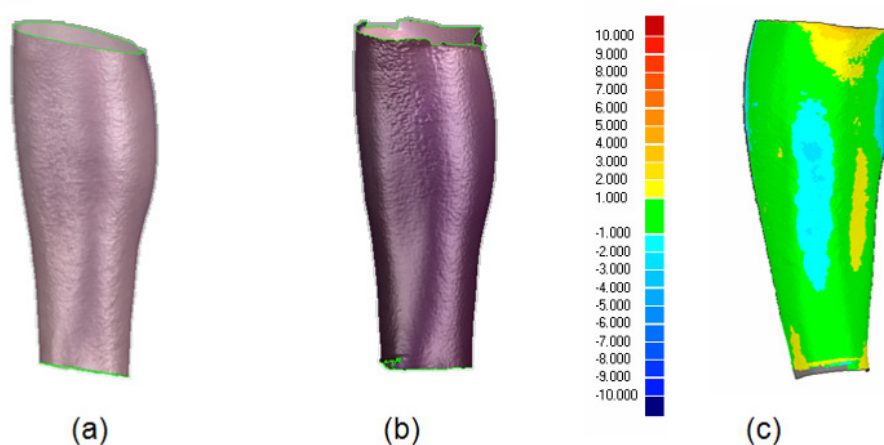


Figura 47 - (a) Canela desnuda (b) Canela com meia (c) Comparação 3 d entre as duas (medidas em mm)

Ao analisar virtualmente o encaixe entre a caneleira e a canela, com o uso do Geomagic, havia uma questão a ser definida sobre a posição de encaixe, gerada pelas ferramentas do software, seria a mais adequada e se realmente possuía a maior área de contato entre as superfícies. Assim foram introduzidas guias fixas durante a produção de uma caneleira personalizada, no molde e na mesma, afim de

após a digitalização, essas guias se tornassem as referencias para o encaixe, comparando os dois métodos.

6.1.2 Encaixe e Posição da Caneleira

6.1.2.1 Ajuste com guias fixas

A figura 48 mostra onde as guias foram alocadas no molde, e a impressão causada por estas na caneleira personalizada. Assim o encaixe pode ser realizado com base nessas impressões.

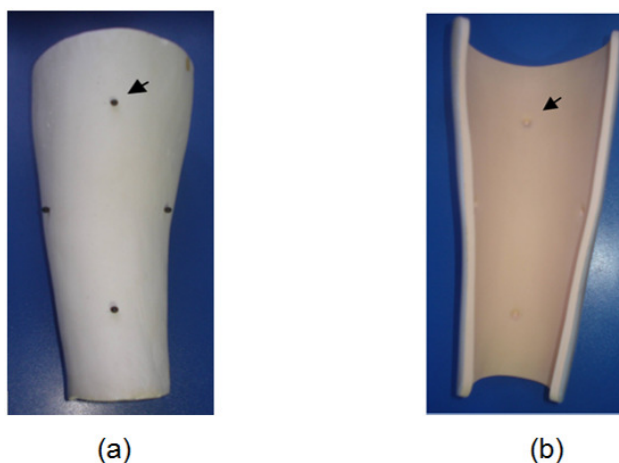


Figura 48 - Caneleira personalizada (a) Molde marcado e (b) Impressões na caneleira

6.1.2.2 Ajuste sem guias

O Programa Geomagic Studio possui ferramentas que possibilitam ao usuário buscar o melhor encaixe entre as partes, mas é um programa complexo que tem vários parâmetros como reguladores, por isso é importante verificar se o real e o virtual estão de acordo, conforme figura 49.

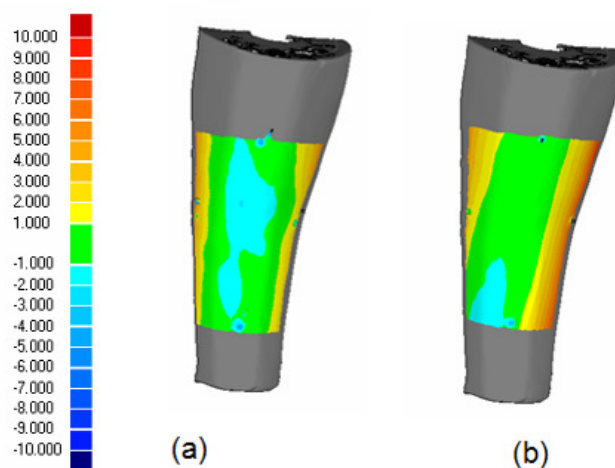


Figura 49 - Diferença entre os encaixes. a) Ajuste programa b) Ajuste com guia (medidas em mm)

O ajuste com guia, apesar de melhor ajustado na parte frontal da canela, sua parte lateral fica em uma posição mais deslocada, como pode-se notar através do tom avermelhado. Assim, pelas análises 3D, não pode-se apontar um método com diferenças significativas em relação ao outro, pois seus resultados foram semelhantes. Portanto, a forma adotada no trabalho foi sem marcação, em virtude da alteração não ter mudado o resultado significativamente.

6.2 ANÁLISE DE SIMILARES

6.2.1 Materiais

As caneleiras *standards* vendidas no Brasil são, na grande maioria, produzidas em polietileno ou polipropileno, com revestimento em EVA ou espuma de polipropileno, como as análises de FTIR confirmam. Mas existem casos de caneleiras produzidas e comercializadas em outros países feitas, inclusive, em fibra de carbono, com base na literatura. No presente trabalho, o material utilizado para a produção das caneleiras personalizadas foi o polipropileno, por ter maior resistência a impacto que o polietileno (material mais utilizado na produção das caneleiras comercializadas no Brasil), também por ser um material conhecido e muito utilizado no mercado de órteses e assim seu processo de termoformagem é bem conhecido, diminuindo a chance de problemas durante o processo.

Nas figuras 50 e 51 é apresentada a análise de duas marcas diferentes, definidas como A e B, uma feita em polietileno e outra em polipropileno, respectivamente. Cabe aqui ressaltar que a pureza destes materiais varia entre os fabricantes de caneleiras. Estas análises foram realizadas para confirmar o material utilizado pelas fabricantes, devido a grande variação de matéria prima possível de ser utilizada.

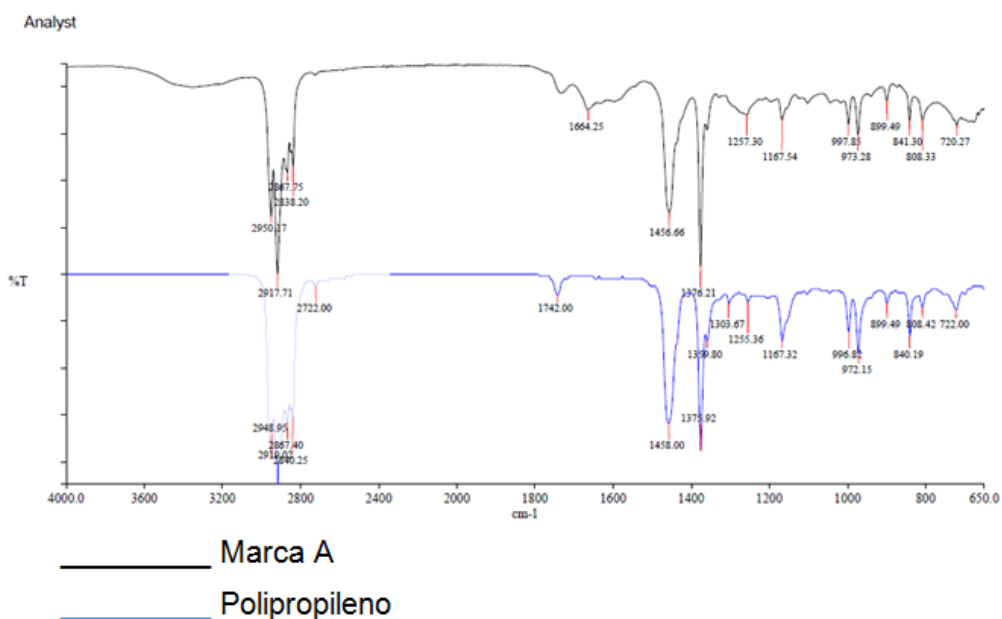


Figura 50 - Análise FTIR, polipropileno encontrado confirmado este material como um dos mais utilizados na fabricação de caneleiras no Brasil

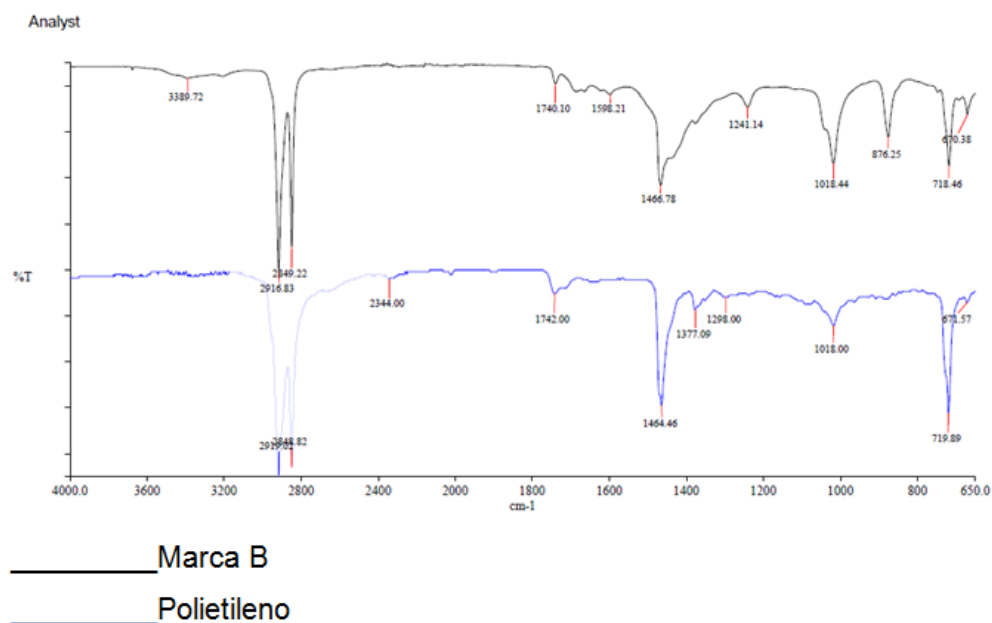


Figura 51 - Análise FTIR, polietileno encontrado confirmando este material como um dos mais utilizados na fabricação de caneleiras no Brasil

6.2.2 Diferença de Critério entre as Marcas

Foram analisadas três marcas de caneleiras diferentes, definidas como A, B e C, e essas foram o referencial para comparação entre os padrões estabelecidos entre as diferentes fornecedoras do equipamento caneleira e que tem o grupo de classificação L (classificação dos fabricantes em função da altura dos usuários), mas com diferentes critérios (alturas), conforme figura 52.

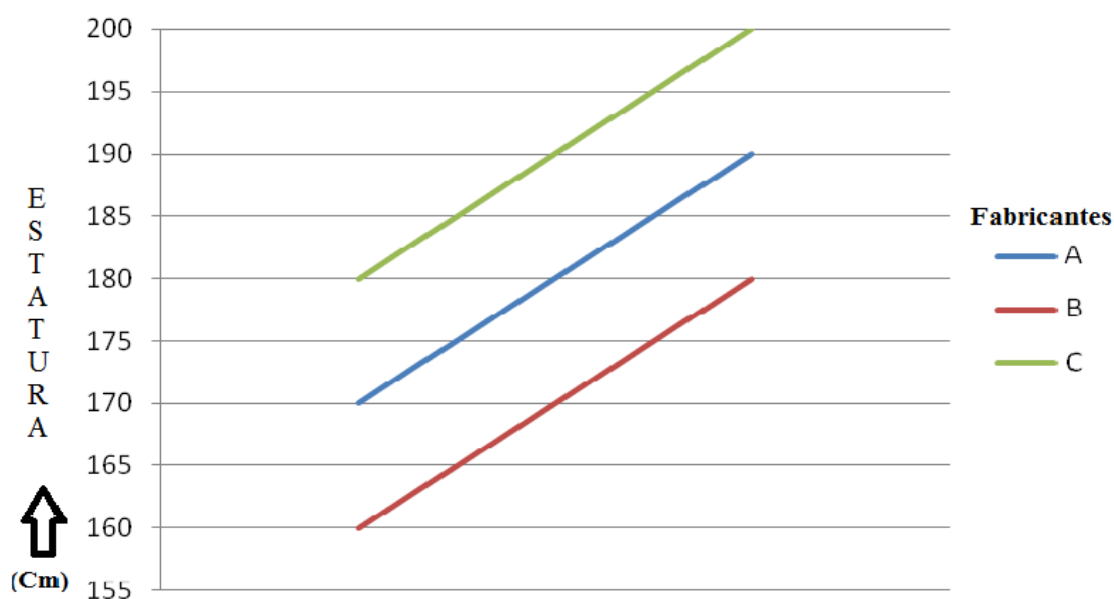


Figura 52 - (Cm) dos usuario versus padrões estabelecidos pelos fabricantes

A classificação escolhida para ser testada foi a L, pois a mesma apresenta diferenças significativas entre as fabricantes. Enquanto em uma marca define-a pertencente a faixa de 160cm a 180cm, em outra é utilizada para alturas maiores que 180cm. Isso confunde os consumidores e demonstra uma falta de padrão de classificação entre as fabricantes.

6.2.3 Peso, Área e sua Relação

Na figura 53, tem-se uma comparação entre as caneleiras *Standard* A, B e C e uma média realizada a partir das três caneleiras personalizadas produzidas por moldagem em gesso, digitalização 3D e tomografia computadorizada. A relação da área da caneleira dividida pelo seu peso foi utilizada de forma a avaliar qual delas apresenta a melhor relação.

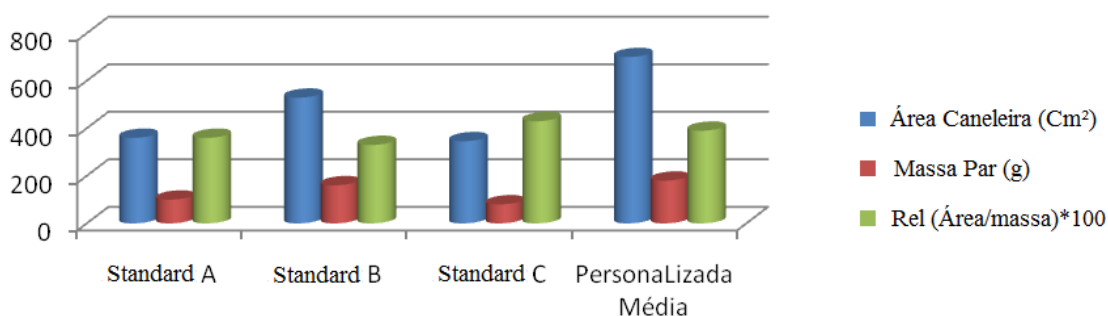


Figura 53 - Relação entre área e massa, entre as caneleiras standard e uma média das caneleiras personalizadas

Não foram adicionadas análises de variabilidade e medida de tendência central em função da quantidade limitada de amostras, assim este gráfico apenas apresenta o resultado desse grupo pequeno de amostras, sem correlação estatística.

6.3 ESTUDO ANTROPOMÉTRICO

Um estudo antropométrico reduzido foi realizado através de 12 perfis digitalizados, e ocorreu da seguinte forma: um dos perfis foi escolhido como o mais adequado dentro da faixa do perfil L, através da relação do IMC. O padrão encontrado está em acordo com estudo realizado com atletas amadores do RS em um torneio realizado na cidade de Torres, onde o IMC médio dos atletas foi de 23. Assim, os outros 11 perfis foram comparados a esse, considerado padrão, de forma a avaliar as suas diferenças.

Ao todo foram geradas onze análises 3D entre os perfis. Nesse estudo, é notada uma tendência de que, quanto mais perto são os IMCs dos perfis, mais em acordo, ou menos diferenças, são encontradas. Deve-se salientar que todos os perfis estão dentro do grupo L, padrão estabelecido por fabricantes do equipamento. Esse padrão varia entre as fabricantes. Ele vai de 160 cm a 200 cm. A faixa dos usuários do estudo vai de 168 cm a 190 cm.

A figura 54 mostra o melhor e o pior resultado entre os usuários e os mesmos estão relacionando as suas diferenças entre os IMCs.

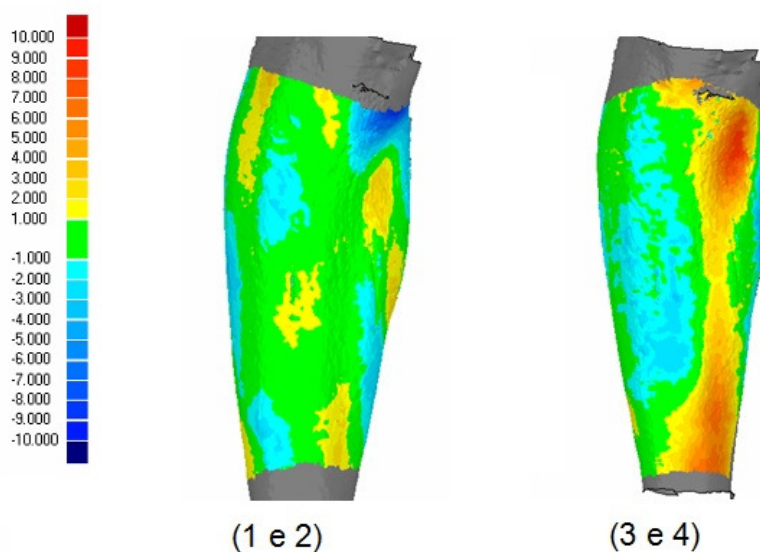


Figura 54 - Comparação entre diferentes Perfis de canelas (a) (1 e 2), IMCs próximos, 0,93 diferença. b) Perfil (3 e 4) possuem IMCs distantes, 5,48 diferença (medidas em mm)

Com a finalização da termoldagem dos modelos gerados a partir do molde de ataduras gessadas e dos processos de digitalização 3D e usinagem CNC, foram realizados alguns ajustes como acabamentos com lixas e fresas e união do PP e E.V.A. Para realizar uma análise comparativa, as caneleiras foram digitalizadas na parte interna, utilizando o scanner fixo de pontos, modelo Digimil 3D. Os arquivos obtidos foram importados para o software Geomagic Qualify®, onde a base de comparação foi a canela digitalizada do atleta amador. Desta forma foi possível visualizar que a caneleira captada através do processo de digitalização 3D (figura 55a) é mais adequada do que a fabricada por tomografia (figura 55c) seguida de usinagem CNC que apresentou maior precisão em relação à caneleira fabricada por moldagem em gesso (figura 55e).

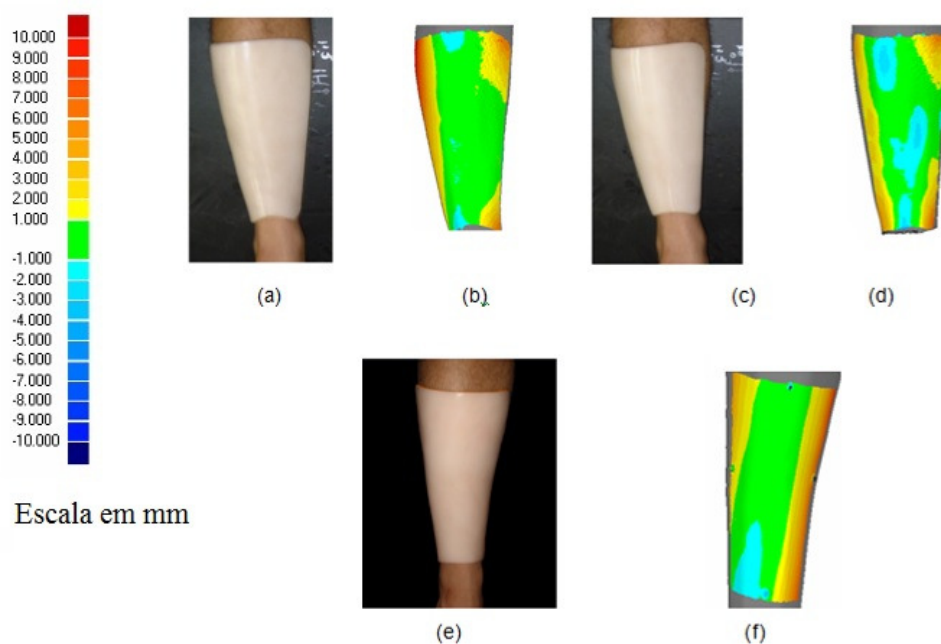


Figura 55 - (a) Caneleira fabricada por meio de digitalização 3D e usinagem CNC. (b) Análise comparativa entre o perfil da canela e o perfil de caneleira fabricada por digitalização 3D. (c) Caneleira fabricada por meio de tomografia computadorizada. (d) Análise comparativa entre o perfil da canela e o perfil da caneleira fabricada por tomografia. (e) Caneleira fabricada por meio de moldagem em ataduras gessadas. (f) Análise comparativa entre o perfil da canela e o perfil da caneleira fabricada por molde em gesso (medidas em mm)

Posteriormente, os equipamentos foram testados separadamente em duas partidas de futebol amador. Segundo o padrão (atleta), não foi possível diferenciá-las em termos de conforto e proteção. Porém, os processos de fabricação apresentam diferenças significativas a respeito de custos e tempo. O processo realizado a partir da digitalização 3D apresenta maior precisão e mais etapas durante a confecção do equipamento, o que torna o produto final mais caro. E pelas imagens comparativas em 3D é possível constatar que a caneleira fabricada por digitalização tem uma maior área de contato com a canela, o que é determinado pela zona em verde na imagem, significando que a distância entre a canela do usuário e a caneleira é de até no máximo 1 mm. Baseado na literatura, quanto maior a área de contato entre a caneleira e a canela, maior é a absorção do impacto pela caneleira.

Já ao utilizar três caneleiras *Standard* para as mesmas análises, os resultados demonstram exatamente o inverso. Há pouca área de contato entre a caneleira e a canela do usuário, como mostrado nos resultados que podem ser visualizados na figura 56, sendo (a), (b) e (c).

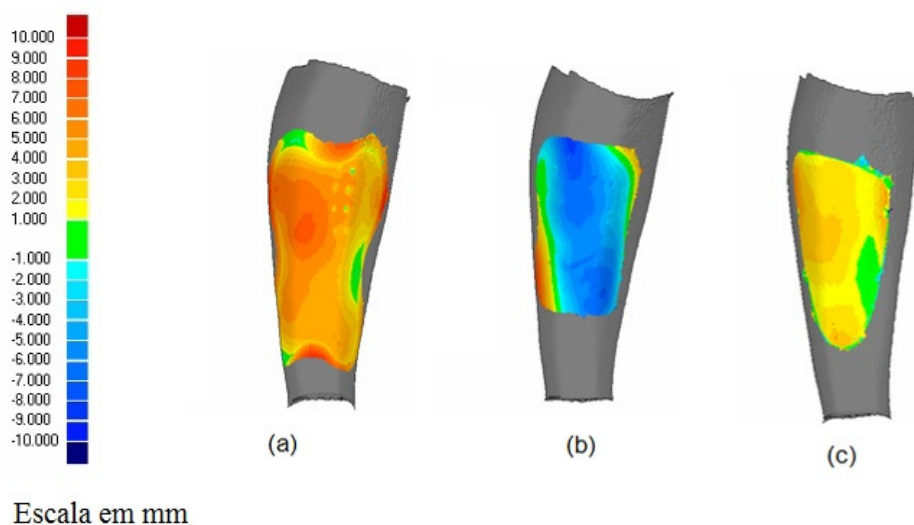


Figura 56 - (a) Caneleira Standard A, analisada suas diferenças de encaixe 3 D com a canela do usuário; (b) Caneleira Standard B, analisada suas diferenças de encaixe 3 D com a canela do usuário; (c) Caneleira Standard C, analisada suas diferenças de encaixe 3 D com a canela do usuário (medidas em mm)

Vale observar que a caneleira da figura 56 (a) tem a maior área de contato com a canela, mas apresenta elevadas diferenças de encaixe com folgas positivas, já a caneleira da figura 56 (b) apresenta diferenças importantes de encaixe com folgas negativas. E a caneleira da figura 56 (c) é a que apresenta melhor encaixe, mas tem a menor área de contato com a canela.

A análise bidimensional da intersecção entre o perfil da canela e a caneleira revela a distancia existente entre as duas (distancia do ponto de contato), esta distancia pode ser positiva ou negativa, pois dependem do ponto de referencia utilizado, em todas as análises tanto 2D quanto 3D realizadas nesse estudo, o perfil da canela foi esta referencia. A figura 57 mostra a análise de três situações onde a distancia da canela e da caneleira tem valores diferentes, estas análises compõem a análise tridimensional. Desta forma se a distancia encontrada na análise bidimensional é menor do que 1 mm tanto positivo quanto negativo, na análise tridimensional a cor indicada é verde conforme legendas utilizadas. Se a distancia é igual a 3 mm tanto positivo quanto negativo a cor indicada na análise tridimensional é amarela, Se a distancia é maior do que 8 mm tanto positivo quanto negativo a cor indicada na análise tridimensional é vermelha. Estas análises mostram a distancia entre os pontos de contato entre a canela e a caneleira, da onde inferimos maior ou menor área de contato e também fixação da caneleira a canela analisada.

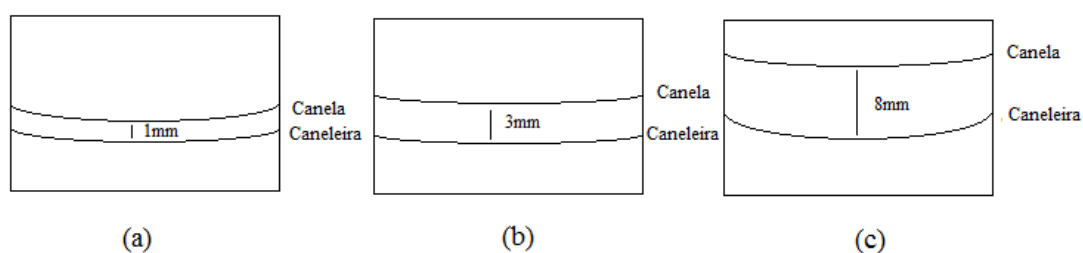


Figura 57 – Visualização da análise bidimensional da intersecção entre o perfil da canela e o perfil interno da caneleira para auxílio a interpretação da análise dimensional (3D), possibilidades distintas a) distancia menor de 1mm, tanto positiva quanto negativa b) distancia igual a 3mm tanto positivo quando negativo c) distancia maior do que 8mm tanto positivo quando negativo.

6.4 EQUIPAMENTO PERSONALIZADO

O resultado final da caneleira personalizada (molde em gesso), equipada na canela, pode ser vista na figura 58. A caneleira segue o perfil da canela se encaixando adequadamente a mesma, o que traz o benefício de ajustar maior área de contato com o usuário.



Figura 58 - Resultado final caneleira personalizada ao perfil da canela

Comparação entre a caneleira personalizada e uma caneleira comercial, vendida no Brasil. O usuário da caneleira para o qual foi feita a personalização se enquadra no mesmo padrão da caneleira comercial exposta abaixo na figura 59.



Figura 59 - Comparação entre a caneleira personalizada e um modelo comercial para um mesmo usuário

Na figura 60, estão as três caneleiras personalizadas produzidas por diferentes métodos.

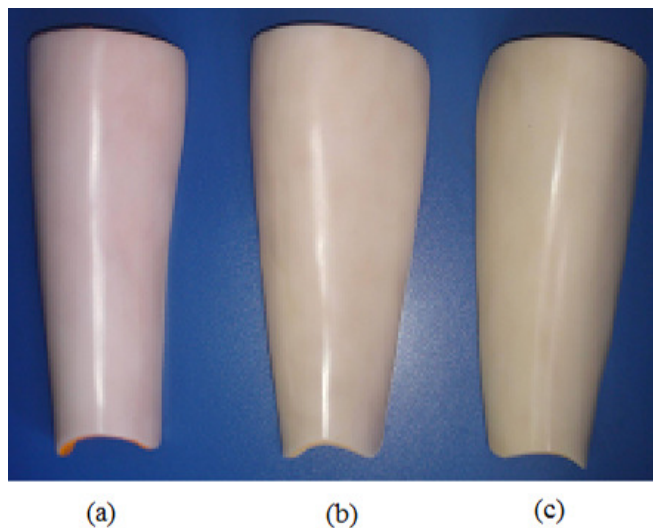


Figura 60: Caneleiras personalizadas a) Moldagem em gesso b) Tomografia computadorizada c) Digitalização

6.5 TESTE E ADAPTAÇÃO AO USO DO EQUIPAMENTO

Segundo o atleta não foi possível diferenciar as caneleiras personalizadas em termos de conforto e proteção, já quanto às caneleiras standards e as

personalizadas, o usuário relatou diferenças, principalmente na sensação de proteção e na fixação, como forma de diferenciação dos equipamentos.

Nenhuma alteração da pele foi encontrada em função do uso dos equipamentos.

7 CONCLUSÃO

A busca pelo aperfeiçoamento dos equipamentos esportivos deve ser constante, para garantir a menor exposição do atleta e a diminuição dos riscos de lesões e contusões. Além disso, no caso do equipamento caneleira, não existem especificações, nem regras técnicas, sobre a produção e desempenho do equipamento, o que deixa os fabricantes com uma maior liberdade em termos de materiais, design e padronização. Os benefícios da personalização dos equipamentos são, em geral, o maior conforto do atleta, maior fixação do equipamento e a melhor distribuição dos impactos ao longo da canela.

Entre os três processos estudados, alguns aspectos principais devem ser observados:

1) A digitalização 3D apresentou o melhor resultado quanto à precisão dimensional, além do que, foi utilizada para análise de vários parâmetros relacionados e também em várias etapas dos processos, principalmente para comparação 3D dos modelos gerados;

2) O processo de tomografia computadorizada apresentou o segundo melhor resultado dimensional, mas ele é dependente de diversos fatores. O principal parâmetro é a distância entre as lâminas de raios-X que formam a superfície, o que influi diretamente na qualidade superficial do modelo e no tamanho do arquivo obtido. Assim, é necessário que uma avaliação técnica detalhada sobre seus parâmetros seja realizada para que a superfície gerada não perca em qualidade dimensional e provoque erro nas dimensões da superfície, ou que o arquivo seja tão grande que necessite de computadores com alto nível de processamento para sua edição, que já conta como desvantagens o custo do equipamento, manutenção e operação mais dispendiosa em relação aos outros métodos;

3) A modelagem em gesso é o processo com a menor qualidade dimensional, mas em compensação é mais simples e direto, com menos etapas, embora necessite de alguém treinado para sua aplicação, o que torna o resultado final dependente da experiência e técnica de quem aplica.

A precisão da digitalização é centesimal. A superfície construída pela tomografia computadorizada é gerada a partir de 2 mm de espaçamento entre as lâminas de raios-X e ajustes são realizados através do software Invesalius e

Geomagic. O modelo em gesso é o método menos preciso e é realizado manualmente através de um molde em contato direto com a canela.

Para validação e comparação dos métodos foi digitalizada a canela do usuário e o seu encaixe nas caneleiras personalizadas foi realizado através do ambiente digital do software Geomagic Qualify. Além de testes de adaptação do equipamento, a caneleira digitalizada obteve o melhor resultado, com maior precisão dimensional e sem problemas de adaptação do equipamento.

O trabalho também contribui chamando a atenção à falta de normas técnicas referentes ao equipamento e ao critério de classificação dos fabricantes, que diferiram muito, e são baseados somente no parâmetro altura. O que não é condizente a necessidade e personalização que os usuários amadores e principalmente os profissionais necessitam para praticarem o esporte com conforto, desempenho e segurança.

O trabalho, também, infere que o perfil interno das caneleiras standards analisadas não encaixam adequadamente nas canelas dos usuários analisados podendo gerar problemas de uso, tanto para a finalidade a que se predispõe (proteção da fíbula e tíbia), quanto para a área de saúde (dermatites).

É possível concluir que as caneleiras personalizadas apresentam vantagens em relação as customizadas, pois tem maior área de contato com a canela aumentando a área de absorção de energia e também a sensação de conforto e encaixe. O melhor processo estudado para produção de caneleiras personalizadas para atletas profissionais é a digitalização tridimensional, pois o processo apresenta maior precisão dimensional, facilidade de edição e aplicação.

8 SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

Algumas sugestões para a continuação deste trabalho:

1) Elaboração de um padrão de testes para caneleiras, de forma a requisitos mínimos serem exigidos, criando normas com padrões de qualidade para resistência, design e material. Atualmente não existem normas brasileiras para esses itens, assim os fabricantes têm total liberdade para definição desses parâmetros;

2) Aumentar o número de materiais utilizados, buscando combinações de propriedades que aumentem o desempenho do atleta e também seu conforto;

3) Realizar um estudo prático com um time completo de futebol, para avaliação das principais diferenças e adaptações necessárias para o uso do equipamento caneleira, por exemplo, em função do perfil antropométrico dos zagueiros em média, eles podem usar equipamentos mais resistentes e pesados, enquanto atacantes devem utilizar equipamentos mais leves;

4) Um estudo comparativo entre a absorção de energia de uma caneleira customizada e uma caneleira personalizada, verificando qual o aumento de absorção de energia. Encontrando possíveis melhorias associadas ao design e aos materiais para aumento da proteção ao usuário;

5) Verificar se a variação do IMC de um atleta afeta a forma da canela, faz-se necessário formar padrões, para alteração ou re-digitalização da canela do usuário.

REFERÊNCIAS

AGÊNCIA NACIONAL DE AVIAÇÃO. Levantamento do Perfil Antropométrico da População Brasileira Usuária de Transporte Aéreo Nacional. Disponível em: <http://www.anac.gov.br/arquivos/pdf/Relatorio_Final_Projeto_Conhecer.pdf>. Acesso em: 03 abr. 2011.

ALVES, Adriano L. *et al.* Análise das Variáveis Anaeróbias e Antropométricas entre Futebolistas Profissionais e Juniores. **Revista Digital**, Buenos Aires, v. 15, n. 147, ago. 2010. Disponível em: <<http://www.efdeportes.com/efd147/variaveis-anaerobias-e-antropometricas-en-futebolistas.htm>>. Acesso em: 05 maio 2011.

AMERICA NOVA 2010. Futebol e Mercado: uma relação em debate. Disponível em: <http://www.novamerica.org.br/revista_digital/L0109/rev_emrede02.asp>. Acesso em: 28 jun. 2011.

ANKRAH, S.; MILLS, N. J. Performance of Football Shin Guards for Direct Stud Impacts. **Sports Engineering**, v. 6, n. 4, p. 207-220, 2003.

BAHR, R., MAEHLUM, S. **Idrettsskader**. Oslo: Gazette, 2003.

BARRY, P. Boden. Leg Injuries and Shin Guards. **Clinic in Sports Medicine**, v. 17, n. 4, p. 769-777, out. 1998.

BEIER, Leandro Felipe T.; PEDRALLI, Marinei L. Características das Lesões do Futebol Amador em Torres, RS. **Revista Digital**, Buenos Aires, v. 15, n. 144, maio 2010. Disponível em: <<http://www.efdeportes.com/efd144/caracteristicas-das-lesoes-do-futebol-amador.htm>>. Acesso em: 07 maio 2011.

BENEDITO, Karl P. Leg Fractures. **Football Traumatology: current concept: from prevention to treatment**, section 2, p. 287-295, nov. 2006. Disponível em: <<http://www.springerlink.com/content/w5j27581818652j3/fulltext.pdf>>. Acesso em: 29 set. 2010.

BERGFELD, W.F.; TAYLOR, J.S. Trauma, Sports and the Skin. *American Journal of Industrial Medicine*, v. 8, n. 4-5, p. 403-413, 1985.

BERTOL, Liciane S. *et al.* **Utilização da Técnica de Prototipagem Rápida e Scanner 3D a Laser no Projeto e Obtenção de Implantes Ósseos**. Paraná: P&D, 2006.

CENTENO, Jorge Antonio Silva; WUTKE, Juliana Dias; KERSTING, Ana Paula Baungarten. **Comparação de Geração de Modelos Tridimensionais usando Laser Scanner Terrestre e Restituição Fotogramétrica Monocular**. In: I SIMPÓSIO DE CIÊNCIAS GEODÉSICAS E TECNOLOGIAS DA GEOINFORMAÇÃO - SIMGEO, 2004, Recife. Recife: SIMGEO, 1, 2004.

COURT-BROWN C.M.; McBIRNIE, J. The Epidemiology of Tibial Fractures. *The Journal of Bone and Joint Surgery*, v. 77-B, n. 3, p. 417-421, maio 1995.

DAANEN, Hein A. M.; WATER, G. Jeroen van de. Whole Body Scanners. **Displays: technology and applications**, v. 19, n. 3, p. 111-120, dez. 1998.

DIFFRIENT, N.; TILLEY, A. R.; BARDAGY, J. C. **Humam Scale: 1/2/3**. Massachusetts: MIT Press, 1978.

EDELSTEIN, J. E.; BRUCKNER, J. **Órteses**: abordagem clínica. Rio de Janeiro: Guanabara Kooban, 2006.

FIFA 2010. LEIS DO JOGO. Disponível em: <http://pt.fifa.com/mm/document/affederation/generic/81/42/36/lawsofthegame_2010_11_e.pdf>. Acesso em: 02 maio 2011.

FIFA 2011. CONFEDERAÇÕES DE FUTEBOL. Disponível em: <<http://pt.fifa.com/aboutfifa/organisation/confederations/index.html>>. Acesso em: 29 jun. 2011.

FIFA FACTS 2007. FATOS E NÚMEROS DO FUTEBOL. Disponível em: <http://www.fifa.com/mm/document/fifafacts/bcoffsurv/bigcount.statspackage_7024.pdf>. Acesso em: 10 dez. 2010.

FISHER A.A. Sports-related Cutaneous Reactions: Part II: Allergic Dermatitis to Sports Equipment. **Cutis**, v. 63, n. 4, p. 202-204, abr. 1999.

FONSECA, Paulo Henrique S.; LEAL, Daniel B.; FUKI, Kenji. Antropometria de Atletas Profissionais de Futebol do Sul do Brasil. **Revista Digital**, Buenos Aires, v. 13, n. 122, jun. 2008. Disponível em: <<http://www.efdeportes.com/efd122/antropometria-de-atletas-profissionais-de-futebol.htm>>. Acesso em: 06 jan. 2011.

FRANCISCO, Anthony C *et al.* Comparison of Soccer Shin Guards in Preventing Tibia Fracture. **American Journal of Sports Medicine**, v. 28, n. 2, p. 227–233, mar. 2000.

FREITAS, Gustavo. Metodologia e Aplicabilidade da Digitalização 3D a Laser no Desenvolvimento de Moldes para Calçados e Componentes. Disponível em: <<http://www.lume.ufrgs.br/bitstream/handle/10183/10982/000603126.pdf?sequence=1>>. Acesso em: 08 mar. 2011.

GOBBO, Luis A. *et al.* Perfil Antropométrico da Seleção Brasileira de Canoagem. **Revista Brasileira de Ciência e Movimento**, Brasília, v. 10, n. 1, p. 7-12, 2002.

GUIMARÃES, L. B.; BIASOLI, P. K. **Levantamento Antropométrico**: o Brasil ainda precisa ter o seu? Disponível em: <<http://www.produção.ufrgs.br/arquivos/ergodesign2.pdf>> Acesso em: 18 out. 2010.

HEINER, A.D.; BROWN, T.D. Structural Properties of a New Design of Composite Replicate Femurs and Tibias. **Journal of Biomechanics**, v. 34, n. 6, p. 773-781, jun. 2001.

IFAB 2010. **HISTÓRIA DA IFAB.** Disponível em: <<http://www.fifa.com/classicfootball/history/law/ifab.html>>. Acesso em: 02 maio 2011.

NASA 1974. **Anthropometric Source Book Volume III:** annotated bibliography of anthropometry. Disponível em: <<http://ntrs.nasa.gov/archive/nasa/casi.ntrs.gov/19790005541.pdf>>. Acesso em: 28 jun. 2011.

NIELSEN, Kimberly Jensen. **Bio-surfaces and Geometric References for a Standardized Biomechanical Design Methodology for Mass Customization.** Dissertation submitted to the faculty of Brigham Young University in partial fulfillment of the requirements for the degree of doctor Philosophy. 2008.

NOC SAE 2007. ISO Test Method and Standard Performance Specification for Newly Manufactured Soccer Shin Guards. NATIONAL OPERATING COMMITTEE ON STANDARDS FOR ATHLETIC EQUIPMENT. 2007. Disponível em: <<http://www.nocsae.org/standards/pdfs/ND090-06m07-%20Mfr'd%20Soccer%20Shin%20Guards%20Std%20performance.pdf>> Acesso em: 01 out. 2010.

NYQUIST, G.W. *et al.* Tibia Bending: strength and response. 29 Stapp Car Crash Conference, Society of Automotive Engineers, Warren dale, PA, 1985.

NYTIMES 2000. MAIÔS DE NATAÇÃO. Disponível em: <<http://www.nytimes.com/2000/08/09/sports/olympics-swimmers-finding-comfort-in-a-different-kind-of-skin.html>>. Acesso em: 05 abr. 2011.

OLIVEIRA, J. S. **Reconstrução tridimensional de imagens obtidas por tomografia computadorizada.** Monografia. Montes Claros/MG: UNIMONTES, 2007.

PANERO, Julius; ZENIK, Martin. **Dimensionamento Humano para Espaços Inteios.** Barcelona: Gustavo Gili, 2002.

PEQUINI, Suzi Marino. Aplicação da Antropometria no Design de Novos Produtos. Disponível em: <http://www.posdesign.com.br/artigos/tese_suzi/Volume%201/12%20Cap%C3%ADulo%208%20-%20Aplica%C3%A7%C3%A3o%20da%20antropometria.pdf>. Acesso em: 01 set. 2010.

PHILLIPENS, M.; WISMANS, J. Shin Guard Impact Protection. Proceedings of the 1989 International IRCOBI Conference on the Biomechanics of Impacts, Bron/France, p. 65-78, set. 1989.

PRADO, Wagner Luiz do *et al.* Perfil Antropométrico e Ingestão de Macronutrientes em Atletas Profissionais Brasileiros de Futebol, de acordo com as suas posições. **Revista Brasileira de Medicina do Esporte**, Niterói/RJ, v. 12, n. 2, mar./abr. 2006.

PRESTON, E. **CAD/CAM Systems:** justification, implementation, productivity measurement. Nova York: Marcel Dekker, 1984.

REINFORCEDPLASTIC. 3D Shin Guards Offers Improved Protection. 4th international AVK-TV conference, 2001. Disponível em: <http://www.sciencedirect.com/science?_ob=MIimg&_imagekey=B6VMX-43CTG8R-7-&_cdi=6162&_user=687304&_pii=S0034361701801818&_origin=search&_zone=rslt_list_item&_coverdate=06%2F30%2F2001&_sk=999549993&wchp=dGLzVtb-zSkzV&md5=a54ceb28caca70e802d71ae1ca1f672d&ie=/sdarticle.pdf>. Acesso em: 22 set. 2010.

SILVA, F. **O Uso da Digitalização Tridimensional a Laser no Desenvolvimento e Caracterização de Texturas Aplicadas ao Design de Produtos**. Porto Alegre: UFRGS/PPGEM, 2006.

SILVA, F.; FREESE, Samuel H.; KINDLEIN, Wilson J. **A Digitalização Tridimensional a Laser como Ferramenta de Inovação de Novos Produtos**. Paraná: P&D. 2006. Disponível em: <<http://www.ndsm.ufrgs.br/portal/downloadart/71.pdf>>. Acesso em 03 fev. 2011.

SOMMER S.; WILKINSON, S.M.; DODMAN, B. Contact Dermatitis Due to Urea-formaldehyde Resin in Shin Pads. **Contact Dermatitis**, v. 40, n. 3, p. 159-160, mar. 1999.

TILLEY, Alvin R. **As Medidas do Homem e da Mulher**. Porto Alegre: Bookman, 2005.

TROMBLY, C. A.; RADOMSKI, M. V. **Terapia Ocupacional para Disfunções Físicas**. 5. ed. São Paulo: Santos, 2005.

VENTURA, M. *et al.* Contact dermatitis in students practicing sports: incidence of rubber sensitization. *British Journal of Sports Medicine*, v. 35, n. 2, p. 100-102, abr. 2011.

WESTON, W. L.; MORELLI, J. G. Dermatitis under soccer shin guards: allergy or contact irritant reaction. **Pediatric Dermatology**, v. 23, n. 1, p. 19-20, jan./fev. 2006.