

UNIVERSIDADE FEDERAL DO PAMPA

LINCOLN GOMES DA SILVA

**PROJETO DE UM GUIA DE CORRENTE PARA *MOUNTAIN BIKE*
UTILIZANDO MANUFATURA ADITIVA**

**Bagé
2020**

LINCOLN GOMES DA SILVA

**PROJETO DE UM GUIA DE CORRENTE PARA *MOUNTAIN BIKE*
UTILIZANDO MANUFATURA ADITIVA**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Engenharia de Produção da Universidade Federal do Pampa, como requisito parcial para obtenção do Título de Bacharel em Engenharia de Produção.

Orientador: Vanderlei Eckhardt

**Bagé
2020**



SERVIÇO PÚBLICO FEDERAL
MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
Universidade Federal do Pampa

LINCOLN GOMES DA SILVA

**PROJETO DE UM GUIA DE CORRENTE PARA *MOUNTAIN BIKE* UTILIZANDO
MANUFATURA ADITIVA**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Engenharia de Produção da Universidade Federal do Pampa, como requisito parcial para obtenção do Título de Bacharel em Engenharia de Produção.

Trabalho de Conclusão de Curso defendido e aprovado em: 07 de maio de 2021.

Banca examinadora:

Prof. Me. Vanderlei Eckhardt
Orientador
UNIPAMPA

Prof. Dr. Allan Seeber
UNIPAMPA

Prof. Dr. Nilo Eduardo Kehrwald Zimmermann
UNIPAMPA



Assinado eletronicamente por **VANDERLEI ECKHARDT, PROFESSOR DO MAGISTERIO SUPERIOR**, em 24/06/2021, às 15:27, conforme horário oficial de Brasília, de acordo com as normativas legais aplicáveis.



Assinado eletronicamente por **NILO EDUARDO KEHRWALD ZIMMERMANN, PROFESSOR DO MAGISTERIO SUPERIOR**, em 24/06/2021, às 17:04, conforme horário oficial de Brasília, de acordo com as normativas legais aplicáveis.



Assinado eletronicamente por **ALLAN SEEBER, PROFESSOR DO MAGISTERIO SUPERIOR**, em 24/06/2021, às 18:27, conforme horário oficial de Brasília, de acordo com as normativas legais aplicáveis.



A autenticidade deste documento pode ser conferida no site https://sei.unipampa.edu.br/sei/controlador_externo.php?acao=documento_conferir&id_orgao_acesso_externo=0, informando o código verificador **0545659** e o código CRC **946C347E**.

Referência: Processo nº 23100.009627/2021-36 SEI nº 0545659

RESUMO

A criatividade e inteligência fez com que o homem sobressaísse sobre os animais, mas o uso da força braçal para diversas atividades predominou até o século XVII. Embora o meio de transporte tradicional fosse cavalo, a invenção de uma máquina de duas rodas foi notável para circular nas cidades. Mesmo não tendo freios e impulsionada pelos pés, a máquina inspirou construtores a agregar pedais e assim surgiram a bicicleta, triciclos e quadriciclos. Pessoas se tornaram mais saudáveis, mulheres conquistaram emancipação na sociedade e a bicicleta tomava conta das ruas. Por volta de 1900, competições ao redor do mundo começaram a surgir, na década de 1970 nos Estados Unidos, jovens adaptaram suas bicicletas para usá-las em trilhas fora de estrada. Uma nova moda ciclística surgia e estava prestes a conquistar o mundo com *mountain bikes*, tornando-se um esporte olímpico em 1996. Geralmente as bicicletas contavam com sistema de duas a três velocidades, mas passaram a ser de duas ou três velocidades na frente (coroas e pedivela) e de sete a dez atrás (cassete ou catracas). No cenário atual o uso está predominando com uma coroa do tipo *narrow wide* (engrenagem com dentes largos e estreitos) na frente e 10, 11 ou 12 velocidades atrás por cassetes (conjunto de engrenagens). Materiais de excelente qualidade e robustez, facilita a troca rápida de marchas para qualquer ciclista, tanto iniciante quanto o profissional. Mesmo com essas tecnologias, no *mountain bike*, existe uma ocorrência desagradável da queda da corrente em situações de locomoção por terrenos muito acidentados. Este acontecimento pode prejudicar o ciclista com uma queda ou em caso de competição, perder várias posições ao descer da bicicleta para recolocar a corrente no lugar. A necessidade de que isso não ocorra, é a proposta deste trabalho com o objetivo de projetar um guia de corrente por manufatura aditiva. Desta forma atende aos objetivos específicos de atender aos requisitos dos clientes que buscam uma peça leve, resistente por um preço acessível. Para isso foi utilizado como metodologia o proposto por Rozenfeld *et al.* (2006) o processo de desenvolvimento de produto, com fases iniciando com o projeto informacional que define os requisitos do projeto oriundos dos requisitos dos clientes, o projeto conceitual para visualização tridimensional do produto demonstrando assim a concepção do produto. A seguir o projeto detalhado, que finaliza com a fabricação por manufatura aditiva do guia de corrente possibilitando as primeiras impressões de um protótipo.

Palavras-Chave: Projeto de Produto. Guia de Corrente. *Mountain Bike*. Manufatura aditiva.

ABSTRACT

Creativity and intelligence made man stand out over animals, but the use of manual force for various activities prevailed until the 17th century. Although the traditional means of transport was horse, the invention of a two-wheeled machine was notable for circulating in cities. Even without brakes and driven by the feet, the machine inspired builders to add pedals and thus the bicycle, tricycles and quadricycles appeared. People became healthier, women achieved emancipation in society and the bicycle took over the streets. Around 1900, competitions around the world began to emerge, in the 1970s in the United States; young people adapted their bikes to use them on off-road trails. A new cycling fashion was emerging and was about to conquer the world with mountain bikes, becoming an Olympic sport in 1996. Bicycles generally had a two to three speed system, but became two or three speeds at the front (crowns and crankshaft) and seven to ten ago (cassette or turnstiles). In the current scenario, the use is predominant with a narrow wide type gear (gear with wide and narrow teeth) in the front and 10, 11 or 12 speeds behind by cassettes (gear set). Materials of excellent quality and robustness, facilitates the quick change of gears for any cyclist, both beginner and professional. Even with these technologies, in mountain biking, there is an unpleasant occurrence of the current drop in situations of locomotion over very hilly terrain. This event can harm the rider with a fall or in the event of competition; lose several positions when getting off the bike to put the chain back in place. The need for this not to occur is the proposal of this work with the objective of designing a chain guide for additive manufacturing. In this way, it meets the specific objectives of meeting the requirements of customers looking for a light, resistant piece at an affordable price. For that, it was use as methodology proposed by Rozenfeld et al. (2006) the product development process, with phases beginning with the informational design, that defines the project requirements arising from the requirements of the customers, the conceptual design for three-dimensional visualization of the product thus demonstrating the product design. Following is the detailed design, which ends with the manufacture by additive manufacture of the chain guide enabling the first impressions of a prototype.

Key words: Product project. Chain guide. Mountain Bike. Aditive manufacturing.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Cabrestante usado na montagem de um obelisco no Vaticano em 1586.....	12
Figura 2 - Mil niu o carrinho de mão chinês.	13
Figura 3 - Draisienne e seu criador Karl Von Drais.	14
Figura 4 - Modelo padrão de bicicleta em 1870.....	16
Figura 5 - Bicicleta cria por Philipp Moritz Fischer em 1853.....	17
Figura 6 - Desenho da patente de Pierre Lallement.....	18
Figura 7 - Michauline de Pierre Michaux.....	19
Figura 8 - Vélocipède (quadriciclo) de 4 rodas de Willar Sawyer Dover – 1840.....	20
Figura 9 - Bicicleta Rover II de James Starley – 1885.....	22
Figura 10 - Entrevista com bogwheelers na BBC Reino Unido em 1961.....	24
Figura 11 - Breezer #1, a mountain bike de Joe Breeze – (1976).	25
Figura 12 - Campanha Nacional de conscientização.....	26
Figura 13 - Alguns tipos de bicicleta.....	27
Figura 14 - Partes de uma bicicleta (modelo full-suspension).	28
Figura 15 - Transmissão por engrenagens de dentes retos.	29
Figura 16 - Componentes Sistema de marchas (transmissão).	30
Figura 17 – Transmissões usadas em bicicletas.	30
Figura 18 - Guia de corrente 3 peças.....	32
Figura 19 - Guias de corrente em forma de anel.	33
Figura 20 - Queda da corrente.	34
Figura 21 - Modelos de guia de corrente mais utilizados.....	35
Figura 22 - Guia de corrente testado.	36
Figura 23 - Guia de corrente após o teste.	37
Figura 24 - Guia de corrente <i>direct mount</i>	37
Figura 25 - Pesquisa sobre guias de corrente ser de fábrica nas bicicletas.	38
Figura 26 - Guia de corrente leve e estável.	39
Figura 27 - Medidas ISCG e ISCG 05.....	39
Figura 28 - International Standart Chain Guide.	40
Figura 29 - International Standart Chain Guide 05.	41
Figura 30 - Guias de corrente <i>direct mount</i> e <i>seat tube mount</i>	42
Figura 31 - Coroa Narrow Wide.....	43
Figura 32 - Copa do Mundo Trek de Ciclocross (2019) – Feminino.	44
Figura 34 - Copa do Mundo de XCO.	45
Figura 35 - Impressora 3D.....	50
Figura 36 - Filamentos 175mm.	51
Figura 37 - Percentual de preenchimento.	52
Figura 38 – Ensaio de tração.	53
Figura 39 - Propriedades dos materiais mais usados.	54
Figura 40 - Formas para preenchimento.....	55
Figura 41 - Plano de ação.	58
Figura 42 - Gráfico de Gantt.....	59

Figura 43 - Atividades do Projeto Informacional.....	60
Figura 44 - Atividades do Projeto Conceitual.....	61
Figura 45 - Atividades do Projeto Detalhado.....	62
Figura 46 - Termo de abertura do projeto.....	63
Figura 47 - Ciclo de vida do guia de corrente.....	65
Figura 48 - Guias de corrente disponíveis no mercado.....	66
Figura 49 - Definição dos requisitos dos clientes.....	68
Figura 50 - Requisitos do projeto através dos oriundos dos clientes.....	69
Figura 51 - Diagrama de Mudge.....	70
Figura 52 - Hierarquia por ordem de importância.....	71
Figura 53 – Especificações.....	72
Figura 54 - Guia de corrente.....	73
Figura 55 - Funções parciais e secundárias.....	74
Figura 56 - Possível solução regulagem do guia de corrente.....	75
Figura 57 - Fixação do guia de corrente.....	76
Figura 58 - Vista do guia de corrente para troca de marcha.....	77
Figura 59 - Desenho final do guia de corrente.....	77
Figura 60 - Peças do guia de corrente.....	78
Figura 61 - Aparelhos de medição utilizados.....	79
Figura 62 - Mountain bike de 12 velocidades.....	80
Figura 63 - Desalinhamento da corrente.....	80
Figura 64 - Medidas do desalinhamento nas correntes.....	81
Figura 65 - Altura e espessura das correntes.....	81
Figura 66 – Medições.....	82
Figura 67 - Vistas do guia de corrente.....	83
Figura 68 - Guia de corrente impresso.....	83
Figura 69 - Encaixe do protótipo na bicicleta.....	84
Figura 70 - Polímeros comuns em comparação com nylon.....	85
Figura 71 - Propriedades do náilon 6/10.....	85

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	10
1.1	Objetivo geral	11
1.2	Objetivos específicos	11
2	REVISÃO DE LITERATURA	12
2.1	História da bicicleta	12
2.1.2	A primeira bicicleta	14
2.1.3	Avanços tecnológicos a partir da primeira bicicleta e os impactos sociais	20
2.2	A bicicleta todo-terreno	23
2.4	O produto bicicleta	27
2.4.1	Sistema de transmissão	28
2.5	O produto guia de corrente	31
2.5.1	Aspecto histórico	31
2.5.2	Modelos de guia de corrente e seu uso	34
2.5.3	Teste e considerações de uso	35
2.5.4	Especificações de guias de corrente disponíveis no mercado	38
2.6	Coroa <i>Single e Narrow Wide</i>	42
2.7	Modalidades para o guia de corrente proposto	43
2.8	Metodologias para desenvolvimento de um guia de corrente	45
2.8.1	Fabricação de um produto	46
2.8.2	Projeto informacional, conceitual e detalhado	47
2.9	Manufatura aditiva	48
2.9.1	Materiais mais usados na manufatura aditiva	50
2.9.2	Propriedades dos materiais mais usados na manufatura aditiva	52
3	METODOLOGIA	56
3.1	Meios e critérios de pesquisa	56
3.2	Fases estabelecidas para desenvolvimento do projeto	57
3.2.1	Planejamento do projeto	58
3.2.2	Projeto informacional	59
3.2.3	Projeto conceitual	60
3.2.4	Projeto detalhado	61

4	RESULTADOS	63
4.1	Desenvolvimento a partir do planejamento do projeto	63
4.2	Projeto Informacional	64
4.2.1	Ciclo de vida do produto	65
4.2.2	Identificação dos clientes ao longo do ciclo de vida	65
4.2.3	Informações técnicas e produtos similares	66
4.2.4	Guias de Correntes	66
4.2.5	Identificação das Necessidades dos Clientes	68
4.2.6	Requisitos dos Clientes	68
4.2.7	Requisitos do Projeto	69
4.2.8	Hierarquizar os Requisitos do Projeto	70
4.2.9	Especificações do Projeto	71
4.3	Projeto Conceitual	72
4.3.1	Árvore Funcional do Produto	73
4.3.2	Função Global ou Total	73
4.3.3	Funções Parciais ou Secundárias	74
4.3.4	Soluções para funções do produto	74
4.3.5	Manter a posição	75
4.3.6	Possibilitar a Fixação	76
4.3.7	Troca de Marcha	76
4.3.8	Concepção do guia de corrente	77
4.4	Projeto detalhado	78
4.4.1	Lista de componentes	78
4.4.2	Medições	79
4.4.3	Leiaute do produto, protótipo e propriedades	82
4.4.4	Material com características dos requisitos do guia de corrente	83
5	CONCLUSÃO	86
6	CONSIDERAÇÕES FINAIS	87

1 INTRODUÇÃO

Na medida em que os meios de transportes estão cada vez mais tecnológicos e complexos, a bicicleta ainda mantém um papel fundamental na história desde as duas primeiras décadas do século XIX (HANCOCK, 2017). Mesmo havendo controvérsias sobre sua origem na Alemanha ou França, até mesmo Leonardo da Vinci no século XV tinha um projeto desse importante meio de transporte. Em 1817 ganhou notoriedade em todo o mundo a partir dos jornais alemães em que Karl Von Drais criou com madeira e sem pedais uma alternativa ao uso de cavalos chamada de máquina corredora, também surgiram outros modelos no Reino Unido em 1818 e em Paris na França 1819 reconhecida como patente denominada *le vélocipède* ou *Draisienne* (WILSON, PAPADOPOULOS, 2004).

De acordo com Vasconcelos (2016), mais de um século depois, por se tratar de um meio de transporte, locomover-se em terrenos diferenciados propiciou uma nova modalidade esportiva para bicicletas fora de estrada. Surge então nos Estados Unidos entre as décadas de 70 e 80 o *mountain biking* com bicicletas de estrada adaptadas e ganhando cada vez mais público em todo o mundo, o *mountain bike* (bicicleta de montanha) se torna uma modalidade olímpica a partir das olimpíadas de Atlanta em 1996, sendo o francês Miguel Martinez primeiro campeão da modalidade.

Já para Ribeiro (2017) no início do século XX atletas adaptavam suas bicicletas de estrada para melhorar o condicionamento físico ao treinar *off-road*, surgindo assim o *ciclocross*, espalhando pelos países europeus nos anos 40, é reconhecido pela UCI (*Union Cycliste Internationale* – União Ciclista Internacional) sede em Aigle na Suíça. Grandes nomes do mundo ciclístico converteram as bicicletas tradicionais de pneu balão e apenas uma marcha para *mountain bikes*, com pneus mais largos e com travas para descer as trilhas em alta velocidade (RIBEIRO, 2017). Essa configuração e estilo conquistou o mundo e até hoje segundo Joyce *et al.* (1997) mais de 80 % das bicicletas vendidas são *mountain bikes*, com estruturas e materiais diferentes, pneus do tipo trator e robustez necessária para uso fora de estradas.

Por volta do ano 2000 foram incorporados novos sistemas de transmissão normalmente por corrente, geometria e material dos quadros e rodas de 29 polegadas para *mountain bikes*, favorecendo a superação das irregularidades nas trilhas que a modalidade exige (RIBEIRO, 2017). Para Couto (2014), a superação de obstáculos na busca por um bom desempenho em

algumas modalidades depende de um sistema de transmissão adequado na bicicleta com ganho de mais velocidade. No *mountain biking* na modalidade *cross-country* atualmente, a transmissão utilizada é a de corrente com coroa única na frente e o câmbio somente atrás, desta forma oferece velocidade com precisão e simplicidade na troca de marchas. Neste contexto o uso do sistema *narrow wide*, que é uma coroa com dentes 25% mais altos, inventado em 1978 nos Estados Unidos, tornando uma tendência na modalidade recentemente (CAPIVARA, 2015).

Atualmente, com toda tecnologia aplicada em sistemas de transmissão, mesmo utilizando coroa *narrow wide*, a corrente sai da coroa quando a bicicleta está sujeita a condições mais severas de uso. Por apresentar esse problema os usuários tendem a recorrer ao mercado para adquirir uma peça denominada guia e corrente que impeça que a corrente saia da coroa. O projeto de um guia de corrente baseado na metodologia proposta por Rozenfeld *et al.* (2006), consiste em modelagem funcional com atividades definidas no planejamento do projeto. O método de modelagem funcional auxilia na descrição dos produtos em um nível abstrato e proporciona a obtenção da estrutura do produto, sem restrições quanto ao espaço de pesquisa para soluções específicas de acordo com as suas funcionalidades.

1.1 Objetivo geral

A partir da solução para o problema, o trabalho pretende responder a seguinte questão de pesquisa: É possível projetar um guia de corrente para bicicletas *hard tail* com transmissões 1x10, 1x11 e 1x12 utilizadas no *mountain biking cross-country* e produzi-lo por manufatura aditiva visando evitar a queda de corrente?

1.2 Objetivos específicos

Para que o objetivo geral seja concretizado, será realizado as atividades do projeto informacional que desenvolve o ciclo de vida completo de um produto, realização de um *benchmarking* o qual busca informações de produtos similares no mercado e hierarquiza os requisitos do projeto através dos requisitos dos clientes. O projeto conceitual que apresenta esboços feitos a mão em termos de design até chegar na concepção do produto de forma tridimensional em *software*, para que sejam estipulados suas dimensões e componentes no projeto detalhado, finalizando com a fabricação do guia de corrente por manufatura aditiva.

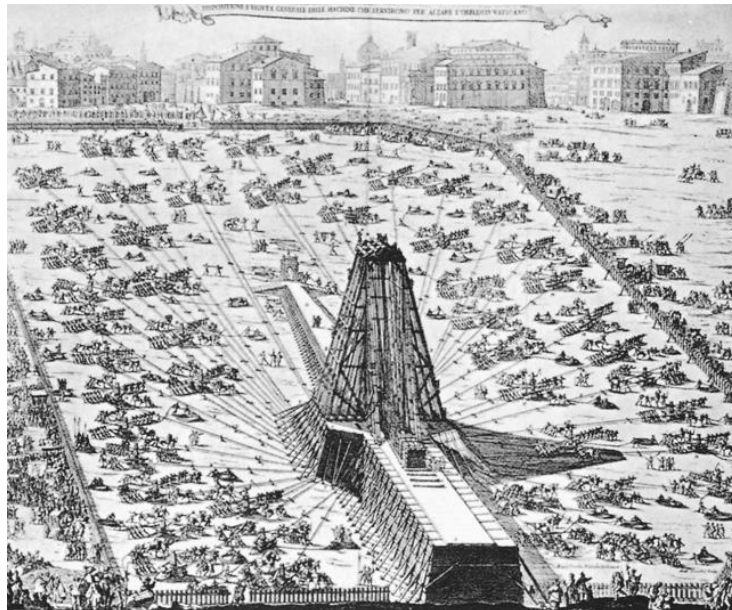
2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 História da bicicleta

O homem se diferenciou dos animais no momento que pode criar e construir ferramentas com as mãos, utilizando muita força dos braços e costas para fabricar desde um simples martelo até um computador que conduz uma aeronave. Mesmo as embarcações, consideradas como as máquinas mais modernas do império romano, por exemplo, dispunha da força muscular de muitos homens, em especial dos braços para mover-se, diversas atividades seguiam demandando muita força braçal perdurando até o século XVII (WHITT, WILSON, 1995).

Pessoas comuns e principalmente escravos eram submetidos a atividades laborais exaustivas. A máquina mais apropriada para o uso dos músculos braçais era o cabrestante (Figura 1), muito utilizado para içar âncoras, erguer vergas e levantar grandes pesos. Neste mecanismo, várias pessoas caminhavam em círculo empurrando braços radiais para puxar uma corda. Assim proporcionava mais conforto a cada trabalhador ao empurrar uma barra na posição radial (WILSON, PAPADOPOULOS, 2004).

Figura 1 - Cabrestante usado na montagem de um obelisco no Vaticano em 1586.



Fonte: De N. Zabaglia, Castelli e Ponti (1743).

Outra grande invenção foi a do carrinho de mão criado por Chuk Liang na China no terceiro século. Denominado como “*mil niu*” (Figura 2), que significa “boi de madeira”, o

carrinho de mão era basicamente utilizado por muitas pessoas na China para transportar mercadorias, porém seu desenvolvimento foi para uso militar. O *mil niu* tinha uma grande roda central, e permitia transportar suprimento alimentar para um soldado para um ano inteiro. Na Europa se eles tivessem usado um carrinho de mão para construções e serviços gerais, levariam metade do tempo para realizar as atividades (HADLAND *et al.* 2014).

Figura 2 - *Mil niu* o carrinho de mão chinês.



Fonte: *Le Tour du Monde* – Marzolino (1860).

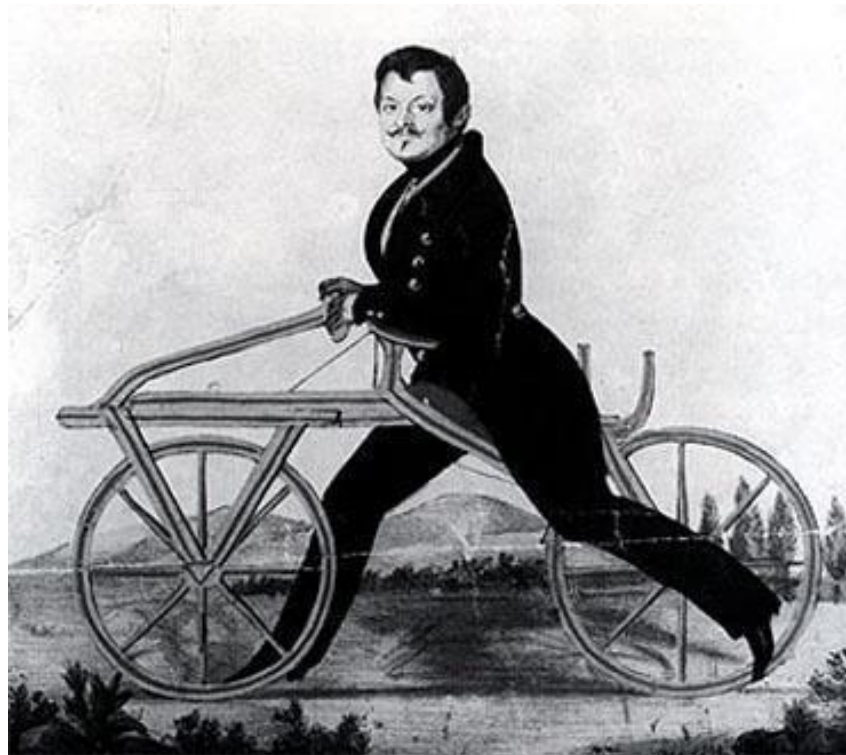
O uso da força muscular dos braços sempre prevaleceu. Não só no transporte marítimo que era bem avançado, mas para quase todos os trabalhos agrícolas, de escavação, florestais entre outros, a força muscular dos braços sempre prevaleceu. Mesmo na antiguidade foram desenvolvidas máquinas muito eficientes movidas com ajuda das pernas, obtendo maior potência e condições mais confortáveis de trabalho. Mesmo os pedais apresentando características vantajosas, *designers* e fabricantes insistiram no uso de máquinas por esforços manuais, desde prensas até órgãos usados nas igrejas (WHITT, WILSON, 1995).

A partir do século XV os homens se preocuparam em criar máquinas com motor humano. Um desenho relacionado há um dos alunos de Leonardo Da Vinci esboça uma bomba medieval acionada em esteira. Seu funcionamento é similar ao de uma bicicleta equipada com pedais e manivelas e uma corrente para a roda traseira. Porém provavelmente uma descoberta de maior evidência à inspiração para a criação da bicicleta foi o arco medieval. O arco medieval

era um torno com pedal cujo funcionamento permitia que as mãos ficassem livres para girar a peça (WILSON, PAPADOPOULOS, 2004).

A primeira máquina mais parecida com uma bicicleta denominada *Draisienne* (Figura 3) foi criada pelo alemão Karl Von Drais que tinha formação em mecânica e matemática, também inventou um sistema de dígitos binários, um gravador de música de piano com tiras de papel, uma máquina de escrever e duas máquinas de dirigir por controle humano que servia para colheitas em 1812. Em 1817 registra em Paris por cinco anos sua patente, com intuito de proporcionar as pessoas comuns um meio de transporte barato e eficiente. Através de uma máquina com duas rodas de madeira, sem pedais e impulsionada com os pés no chão, demonstrava que podia andar mais rápido que os cavalos nos corredores da cidade e permitindo viagens de duas ou três horas (WILSON, PAPADOPOULOS, 2004).

Figura 3 - *Draisienne* e seu criador Karl Von Drais.



Fonte: Hoefler (2009).

2.1.2 A primeira bicicleta

A *Draisienne* despertou interesse de muitos imitadores, até mesmo Denis Johnson um cocheiro de Londres fabricou seu próprio modelo denominado Cavalos Dândi, cujo peso era

menor e era mais elegante. Logo com o sucesso, Denis criou uma escola a qual jovens cavaleiros eram instruídos a andar. Nos anos seguintes o veículo foi ganhando novos adeptos como clérigos, carteiros, comerciantes e por consequência a aceitação foi crescendo o interesse e ganhando maior público (WHITT, WILSON, 1995).

A invenção de Von Drais foi o *big bang* para o desenvolvimento da bicicleta, mas enquanto isso nos Estados Unidos, os norte-americanos achavam que era só mais uma moda europeia, em que jovens elegantes e com muito dinheiro pagavam para aprender a andar nessa engenhoca que pesava em torno de 15 quilos. Mesmo assim Von Drais acreditava que este veículo seria democrático e muito melhor que cavalos que custavam muito dinheiro e consumiam muita comida, mesmo quando não utilizados. (HOEFER, 2009).

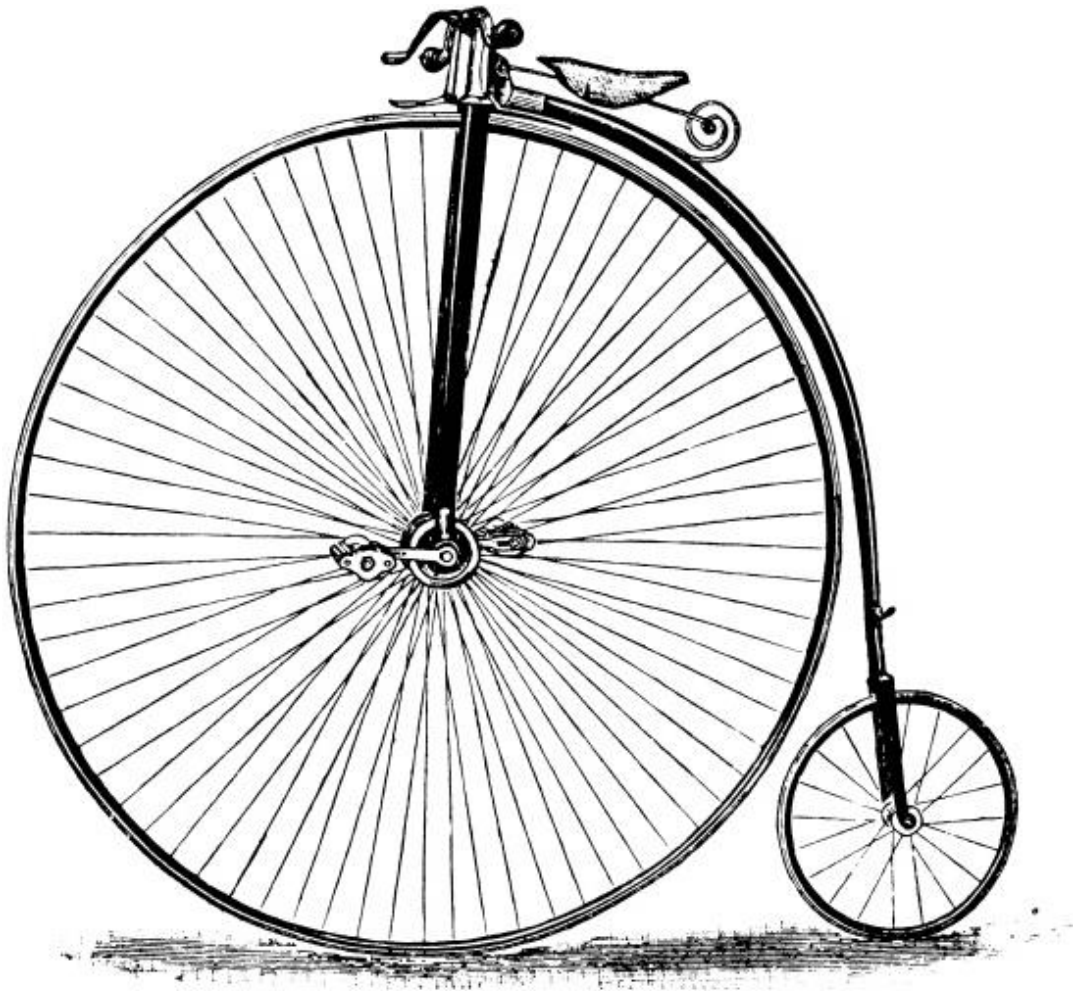
Todo o sucesso da máquina de Von Drais teve curta duração, primeiro que sua patente valia por cinco anos, e em especial, pela falta de freios. Por causa das péssimas condições das ruas, havia grande circulação de *Draisienne* nas calçadas, causando infelicidade e colisões frequentes com pedestres. Assim, vários construtores copiaram o design de Von Drais e com o passar dos anos sua máquina foi proibida completamente. Com esta proibição, abriu espaço para a máquina de Denis Johnson, que tinha garfo de ferro na frente e melhorias na parte traseira, e contava com sistema de direção (HOEFER, 2009).

A máquina *Draisienne* impulsionada com os pés no chão em 1821, embora extinta em menos de 10 anos a moda se manteve entre os ricos até o início da década de 1860, com novos e melhores modelos. Na França, adicionaram pedivela e pedais para a roda dianteira e assim definimos uma bicicleta moderna como um veículo com duas rodas, conectada por um quadro no qual o ciclista pode sentar-se, pedalar e dirigir para manter o equilíbrio (WILSON, PAPADOPOULOS, 2004).

Com os pedais fixados diretamente na frente, ficou claro que o elegante veículo era de difícil equilíbrio para acionar seu mecanismo. Era uma nova era, uma era empolgante que permitia viagens de homens e mulheres à vontade neste veículo prático e convidativo. Com certeza este meio de transporte admirável com rodas altas, gerava alegria em uma legião de jovens privilegiados em todo o mundo, perdendo assim a ideia original de veículo para pessoas comuns (HERLIHY, 2004).

A roda dianteira foi feita progressivamente maior por volta de 1870, e a bicicleta alta nasceu tornando-se um modelo padrão em sua época (Figura 4). Era divertido e perigoso pedalar neste elegante modelo que não possuía freios, então designers e inventores tentaram por muitos anos chegar a uma máquina mais segura (WILSON, PAPADOPOULOS, 2004).

Figura 4 - Modelo padrão de bicicleta em 1870.



Fonte: Sharp (1896).

Para Carsten Hofer (2009), entre vários *desings* criados, o de Kirkpatrick MacMillan destaca-se como um dos orgulhos da Escócia, sendo a primeira bicicleta, criada por volta de 1830. Já com tração na roda traseira, a bicicleta de MacMillan tinha uma transmissão semelhante à de uma locomotiva à vapor. Embora tenha grande reconhecimento na Escócia, nenhuma evidência da bicicleta, artigo de jornal ou desenho sobreviveu. Já a prova viva (Figura 5) mais aceita é a de 1853 criada em Schweninfurt na Inglaterra pelo construtor de órgãos Philipp Moritz Fischer. A bicicleta de Fischer tinha pedais no cubo da roda dianteira permitindo que o ciclista pediasse sem tocar os pés no chão. Ele também acrescentou uma lanterna nesse modelo que foi batizado como *agita ossos*, esta continha também um freio simples do tipo carroça. Porém com a morte de Fischer, a máquina por ele criada não foi registrada e ninguém na sua cidade lembrava a data certa de sua invenção.

Figura 5 - Bicicleta cria por Philipp Moritz Fischer em 1853.

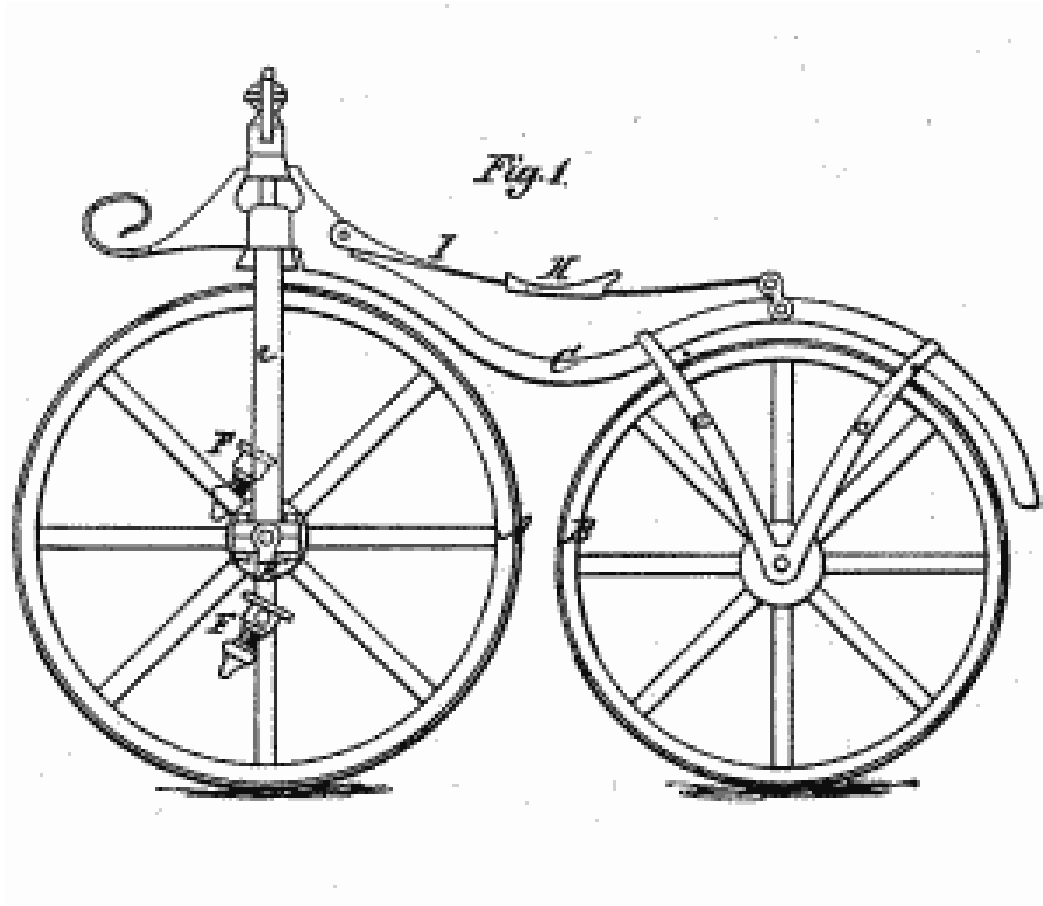


Fonte: Hoefel (2009).

Uma evidência do uso de pedais é a patente francesa 82.137 de 1868 concedida à Troyes, Denis Bouvin e Louis Hubert Gilles, tratando-se de um *vélocipède* com pedais para propulsão. A ideia de usar pedais já era vista em triciclos décadas antes, como exemplo, as manivelas paralelas de Jean Henri Gourdoux com a patente 1.585 em Paris 1821. Outra evidência é a edição de 6 de abril de 1866 do *Le Journal de l'Ain* da comuna francesa Bourg-en-Bresse relatando sobre os pedais como passo decisivo para superar o medo de perder o equilíbrio. Já o francês Pierre Lallement e seu sócio americano James Carroll, registraram nos Estados Unidos

a patente da primeira bicicleta (Figura 6) movida a pedal em 1866 ganhando reconhecimento mundial.

Figura 6 - Desenho da patente de Pierre Lallement.



Fonte: Hoefler (2009).

No entanto em 1868, quando do seu retorno à França, ficou frustrado com a mania da bicicleta *Michauline* (Figura 7) em Paris. O modelo *Michauline* de 1867, era similar ao modelo de Lallement pois, em 1863 ou 1864, ele vendeu seu projeto aos irmãos Olivier, que, por sua vez, formaram uma parceria com ferreiro Pierre Michaux detentor da produção industrial. *Michauline* tinha vários aspectos importantes na evolução da bicicleta como: a primeira bicicleta produzida em massa de todos os tempos, o material que iniciou com ferro fundido e posteriormente foi substituído por ferro forjado. O ferro fundido é um material muito pesado, propenso a quebrar, já as armações, feitas por Michaux com ferro forjado, apresentavam grande resistência e durabilidade dando abertura ao uso do aço anos depois (HOEFER, 2009).

Figura 7 - *Michauline* de Pierre Michaux.



Fonte: Hoefler (2009).

Também havia um tipo de engenho abaixo do assento que funcionava como suspensão, inspirada em vagões e carruagens. Este feito de Michaux, fez com que ele recebesse uma homenagem com um monumento em sua cidade natal Bar Le Duc no noroeste da França, consagrando-o como inventor da bicicleta na década de 1890 (HOEFER, 2009).

Para Hoefler (2009) as rodas ainda pareciam as de uma carroça e o conforto era inexistente. Mesmo na Inglaterra a *Michauline* (1867) tornou-se um sucesso enquanto em Paris a moda foi perdendo público. Os ingleses lideraram a indústria de bicicletas na Europa pelos próximos trinta anos. Certamente a bicicleta movida a pedais ganhou mais notoriedade que a *Draisienne*, conquistou toda Europa e posteriormente os Estados Unidos. Houve uma produção em massa de *Michauline* em 1867 e, nos anos seguintes tivemos queda nas vendas até meados de 1890. Esta queda nas vendas deu-se principalmente por questões sociais da vestimenta para as mulheres, o fato de o veículo apresentar grande perigo para os homens e a grande produção de triciclos e quadriciclos (Figura 8). Triciclos e quadriciclos foram inventados e fabricados para transportar mais de uma pessoa, mulheres com seus vestidos e algumas bagagens, além do uso militar.

Figura 8 - *Vélocipède* (quadriciclo) de 4 rodas de Willar Sawyer Dover – 1840.



Fonte: Herlihy (2004).

2.1.3 Avanços tecnológicos a partir da primeira bicicleta e os impactos sociais

Até a primeira parte do século XX a bicicleta não havia cumprido seu papel de ser um meio de transporte para o homem simples. Sendo um brinquedo para homens ricos, em 1920 uma bicicleta custava 150 dólares, enquanto um trabalhador médio ganhava 12 dólares por semana. Porém, em menos de 10 anos muitas bicicletas puderam ser adquiridas em lojas de departamentos por 25 dólares, essas bicicletas já incluíam rodas livres, freios, engrenagens de cubo e luzes elétricas (HERLIHY, 2004).

Hoje em dia podemos não achar essas tecnologias tão impressionantes, pois as primeiras bicicletas tinham rodas de madeira, aros e raios de ferro, deixando-as muito rígidas e desconfortáveis. Somente no final do ano de 1860 que a borracha passou a ser usada nas rodas, amortecendo os impactos e, ainda com rolamentos de esferas também usado pela primeira vez. Em 1876 na França, Starley experimentou a roda com raios com tensões radiais e uma alavanca que produzia torque na transmissão. Rodas grandes na frente eram a tendência, e a tecnologia

dos raios tensionados radialmente colaborava para ganhar mais velocidade, tecnologia que permanece até hoje. (WHITT, WILSON, 1995).

As rodas eram tão grandes que limitavam muitos ciclistas, seus pneus ainda eram de borracha sólida, esse conjunto permitia velocidades de até 40 km/h. A tecnologia de pneus com compressão de ar, patenteado por John Boyd Dunlop em 1888 foi utilizado pela primeira vez em bicicletas numa prova em Belfast na Irlanda, chamando muita atenção por ganhar todas as quatro corridas do evento. Com estes pneus, o ciclista não tinha mais velocidade e sim a mesma velocidade com menos esforço além de proporcionar maior segurança. Esta evolução se deu em menos de quatro anos, e assim os pneus sólidos praticamente desapareceram (HOEFER, 2009).

A bicicleta teve avanços e estagnação no seu desenvolvimento tecnológico causado pela indústria automotiva nos Estados Unidos, tendo como consequência grande redução na sua utilização. Na Europa este fato ocorreu em função da Guerra Franco Prussiana em 1870, mas, a aceitabilidade e uso eram muito maiores na Europa por volta de 1876, assim, algumas tecnologias mantiveram-se as mesmas e outras evoluíram em função do crescente uso dos triciclos e quadriciclos. As transmissões ganharam a opção de obter diferentes velocidades na década de 1890 na Inglaterra com cubos e engrenagens. Alguns dispositivos como estes, já eram possíveis de serem usados em triciclos, porém eram dispositivos mais pesados (WHITT, WILSON, 1995).

O avanço tecnológico da bicicleta possibilitou o incentivo ao desenvolvimento de novas pesquisas. Em 1763 a Academia Sueca de Ciências perguntou se as carroças poderiam evoluir como o veículo de duas rodas. Jacob Faggot (1763) criou um carrinho convencional com duas rodas obtendo uma melhoria de 75% na locomoção de peso com relação as carroças. A bicicleta ganhou medalha de ouro da Academia Sueca de Ciências com o cientista sueco Jacob Faggot, seu modelo encontra-se na universidade de Heidelberg na Alemanha. Já em 1797 a Sociedade Real Dinamarquesa de Ciências publicou um desafio, com o propósito de demonstrar os princípios mecânicos e a causa de ser preferível um veículo de duas rodas ao invés de um veículo de quatro rodas. O professor Nicolaus Fuss ganhou o prêmio em 1798 com a publicação do trabalho *Versuch Theorie des Widerstandes zwey-und vierrädringer Fuhrwerke* (Ensaio de uma teoria de resistência de duas e quatro rodas). Em seu ensaio, Fuss demonstrou que o veículo de duas rodas era preferível por ter resistência em superar condições adversas de terreno (HADLAND *et al.* 2014).

A bicicleta como conhecemos, acionada por corrente e com duas rodas do mesmo tamanho demorou cerca de 130 anos para ser aceita definitivamente. As rodas grandes na frente predominavam por sua bela aparência, mas não apresentavam segurança. Em 1885 o sobrinho

de James Starley lançou a Rover II (Figura 9). Tratava-se de uma bicicleta moderna e teve bastante sucesso em sua época e seu *design* copiado por muitos fabricantes. Já em 1888 engenheiros definiram uma nova geometria inclinada, com tubos duplos para deixar a bicicleta mais leve (WILSON, PAPADOPOULOS, 2004).

Figura 9 - Bicicleta Rover II de James Starley – 1885.



Fonte: Hoefler (2009).

A partir de 1890 nos Estados Unidos, apenas 300 empresas produziam um milhão de bicicletas por ano, mas em 1898 a indústria entrou em colapso e as bicicletas tornaram-se apenas veículos de recreação, enquanto a Europa demonstrava o contrário. Muitas mudanças sociais aconteceram nesta época, na Europa Ocidental, o feminismo se associou a bicicleta e ao crescente movimento socialista, tinha feito mais pela emancipação das mulheres do que qualquer outra coisa no mundo (HOEFER, 2009).

Através deste novo estilo de vida sobre duas rodas por volta de 1860, desencadeou revoluções tecnológicas e sociais. Autoridades médicas recomendavam o uso desta para pessoas sedentárias, mulheres se tornavam mais independentes com seu novo veículo e até ganharam pequenas reformas no estilo de vestimenta vitoriano que era bem rígido (HERLIHY, 2004).

Em 1893 na Alemanha, trabalhadores montaram organizações de ciclismo, alcançando 330.000 membros em 1903. Na Inglaterra Clarion Club obteve 30.000 membros antes da Primeira Guerra mundial. Eles organizavam passeios ciclísticos distribuindo literatura

socialista. Para as mulheres de mentalidade independente, a bicicleta foi uma ótima ferramenta contra a inflexibilidade da sociedade. Principalmente nas vestimentas, elas conseguiram se desvincular dos vestidos vitorianos e adotaram uma calça abaulada. Elas eram vistas como bruxas pela sociedade (HOEFER, 2009).

Um guia de como mulheres ciclistas deveriam se vestir na era vitoriana foi publicado em 1897, no entanto muitas mulheres usavam roupas masculinas. Em países como Irã, Afeganistão, Arábia Saudita, mulheres em uma bicicleta são proibidas atualmente. Muitas décadas depois, andar bicicleta se tornou algo comum na nossa sociedade, nas competições, mulheres tem seu espaço garantido, incluindo os jogos olímpicos e os campeonatos mundiais, disputando a tão cobiçada camiseta com arco-íris (VAQUERIZO, 2017).

2.2 A bicicleta todo-terreno

Por volta de 1890 às rodas de aro 30 polegadas caíram em desuso, à maioria das bicicletas tinham rodas de 28 polegadas na frente e atrás. Algumas variações de tamanho já eram encontradas também para ciclistas menores, estas bicicletas vinham com aros de 26 polegadas. Por questões comerciais, diferentes países criaram seus próprios tamanhos de pneus. A definição de medidas em polegadas se tornou padrão pelo domínio inicial da indústria nos Estados Unidos e Inglaterra. O padrão de tamanho das rodas mudou na França e reino Unido na primeira metade do século XX, passando a ser de 26 polegadas com o uso de pouca borracha nos pneus, favorecendo assim a circulação somente em estradas. Todavia o uso de pneus balão possibilitava o manuseio das bicicletas fora de estrada, dando mais prazer a pedalada, afirmando que há muitos anos ciclistas gostam de andar fora de estradas (HADLAND *et al.* 2014).

Um exemplo foi Amos Sugden, que em 1890 levou sua pesada bicicleta para Lake District, um parque nacional no noroeste da Inglaterra. Seu passeio fora de estrada resultou em uma matéria no jornal de ciclismo CTC Gazette. Na segunda metade do século XX aumentou o interesse por andar fora de estrada, no Reino Unido em 1955, um grupo de ciclistas foi formado para andar fora de estrada e, seus membros usavam bicicletas comuns. Já em 1960 na área de Darlington na Inglaterra, eventos regulares aconteciam para a prática fora de estrada. As bicicletas denominadas “*bogwheels*” (rodas dentadas) destacaram até mesmo na TV (Figura 10) e eram montadas até mesmo com sucatas e tinham 3 ou 4 velocidades (HADLAND *et al.* 2014).

Figura 10 - Entrevista com *bogwheelers* na BBC Reino Unido em 1961.



Fonte: Steve Slater (1961).

No ciclismo, a bicicleta todo terreno conquistou o mercado e estima-se que hoje em dia 80% das bicicletas vendidas em todo o mundo são *mountain bikes*. Mesmo com o uso de bicicletas comuns fora estrada, a *mountain bike* como conhecemos hoje, foi surgir na década de 1970 nos Estados Unidos e, em 1981 já conquistava o mercado com aparência inconfundível. Basicamente eram feitas de liga de aço ou alumínio, pesando em torno de 11,3 kg. A tecnologia seguiu crescente conforme a popularidade da nova modalidade, algumas bicicletas ganharam suspensão, freio a disco e transmissão com mais de 20 velocidades (JOYCE *et al.*1997).

Os pneus balão possibilitaram o uso de bicicletas comuns fora de estrada. No entanto deve-se à Frank Schwinn o uso de pneus balão, por introduzir no mercado norte americano em 1933 em bicicletas comuns fora de estrada. Já por volta de 1970 as bicicletas estavam sendo adaptadas para o uso fora de estrada e então nascia o *mountain biking*. Freios *cantilever* substituíram os freios à tambor. Acredita-se que a primeira *mountain bike* foi a de Joe Breeze (Figura 11) em 1976 e que na sequência, algumas unidades já estavam sendo fabricadas por Gary Fisher e Charlie Kelly, usando quadros feitos por Tom Ritchey (HADLAND *et al.* 2014).

Figura 11 - *Breezer #1*, a mountain bike de Joe Breeze – (1976).



Fonte: Ribeiro (2017).

A *Specialized*, uma marca mundialmente famosa, começou a primeira produção em massa de *mountain bikes* em 1981 no Japão, destas, 125 bicicletas foram direto para os Estados Unidos e foram vendidas em apenas um final de semana. O esporte passou a ser de grande atração ao redor do mundo por entusiastas e profissionais. Assim, o *mountain biking* evoluiu pela demanda dos novos ciclistas. Empresas como Giant, Trek, Santa Cruz, Shimano, SRAM, entre outras, desenvolveram setores específicos para a modalidade que vem se inovando a cada ano. Existem 3 tipos de *mountain bikes*, sendo: quadro rígido (sem suspensão), a mais comum *hardtail* (com suspensão na frente) e a *full-suspension* (com suspensão atrás e na frente) (RIBEIRO, 2017).

As rodas de uma *mountain bike* tem sido a de 26 polegadas desde seu início, adaptado de bicicletas sem marchas com pneu balão, guidão alto e curvo denominado *cruiser*. Fabricantes de bicicletas testaram outros tamanhos por volta do ano 2000 com as 27,5 polegadas ou 650b e as 29 polegadas (*29ers – twentyniners* em inglês). Embora pareça uma pequena diferença, os resultados na usabilidade são bem peculiares. As rodas de 26 polegadas apresentam mais resistência e melhor manobrabilidade, já as *29ers* oferecem mais rendimento por permitir maior aderência e estabilidade e mais facilidade na superação de obstáculos que as de diâmetro menores. As rodas de 27,5 polegadas ultrapassam as 29 em aceleração e superam as 26 polegadas no quesito rolagem. Porém, a escolha dependerá da modalidade que o ciclista quer praticar (RIBEIRO, 2017).

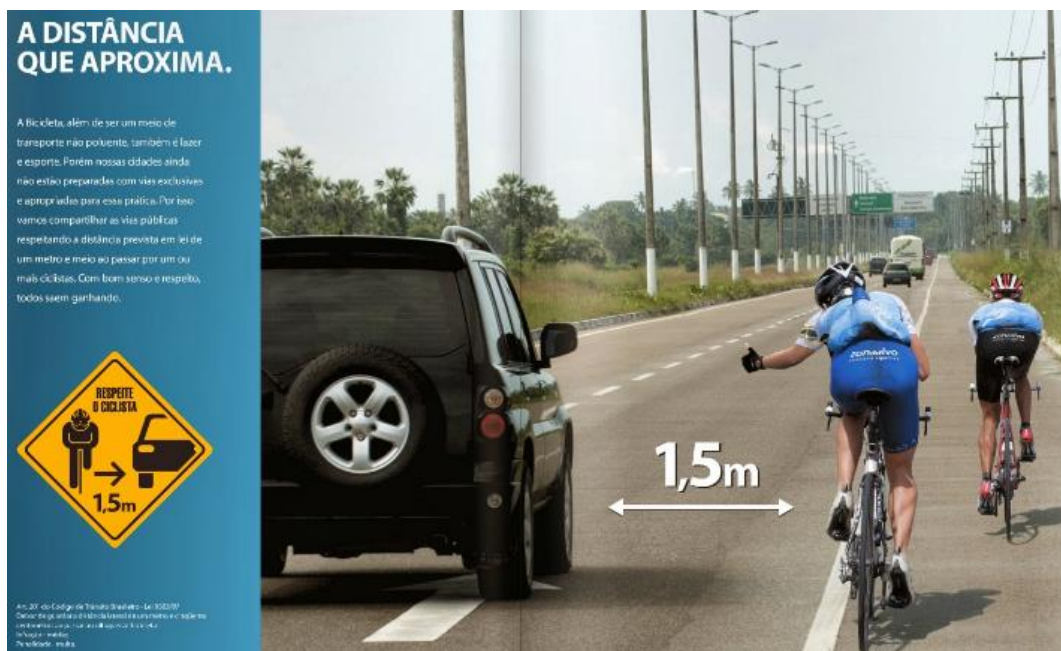
A bicicleta é uma máquina simples que permaneceu inalterada em seu *design* básico por cerca de 100 anos. O quadro ainda é um *design* de triângulo duplo, e a bicicleta em geral ainda

é acionada por corrente na parte traseira. Por um lado, a bicicleta necessita de atenção na manutenção com certo tempo de uso e ela é como um sapato, ou seja, deve ter o tamanho adequado para você (JOYCE *et al.*1997).

2.3 A bicicleta no Brasil

No Brasil a bicicleta não é reconhecida como uma alternativa de recreação, ela é um meio de transporte muito viável e utilizado nos centros urbanos e nas zonas rurais. Ela tem se tornado uma boa opção para o trânsito, não poluindo o meio ambiente e sem causar congestionamentos. Em algumas cidades, locomover-se de bicicleta é sinônimo de segurança, pois conta com campanhas públicas de acesso a ciclovias com ótima sinalização facilitando o transporte. Não obstante, o Código Nacional de Trânsito, Lei 5.108, até 1997 mantinha várias contradições à cerca da bicicleta, como não reconhecimento de um veículo com características próprias comparando com as motocicletas por exemplo. Na nova versão, já sintetiza a hierarquia correta de prioridades de circulação (Figura12), para que os municípios estabeleçam planos de mobilidade urbana para circulação segura em bicicletas conforme a Lei (art.201 do Código de Trânsito) que obriga o motorista passar a 1,5m de uma bicicleta (SOARES *et al.* 2015).

Figura 12 - Campanha Nacional de conscientização.



Fonte: Toritama (2014).

2.4 O produto bicicleta

Em seu livro Joyce *et al.* (1997), os tipos (Figura 13) mais comuns de bicicletas são: de estrada (*speed*), bicicletas todo terreno (*mountain bike*), híbridas para turismo ou compras, para saltos como *bmw* e *trial*, facilitando para o usuário comum na hora de escolher a melhor bicicleta para seu objetivo de uso sem ter a necessidade de conhecimento técnico para tal.

Figura 13 - Alguns tipos de bicicleta.



Fonte: Sara (2018).

Conhecer uma bicicleta possibilita entender não só seu funcionamento como também facilita a aquisição, de acordo com a modalidade que se pretende praticar e ou apenas para transporte. Ademais, ajuda o ciclista a realizar sua manutenção, permite a aproximação e a amizade com outros ciclistas além de auxiliar no diálogo com seu mecânico, pois, partes de uma bicicleta (Figura 14) no Brasil podem ter nomes ou termos diferentes. Dependendo da região do país a bicicleta pode ser chamada de kalanga, magrela, camelo entre outros (SANCHES, 2015).

Figura 14 - Partes de uma bicicleta (modelo *full-suspension*).



Fonte: Sanches (2015).

2.4.1 Sistema de transmissão

Uma transmissão é a conexão que relaciona a fonte de energia e a roda motriz. Através dela é transmitida a energia com a menor perda possível. Na bicicleta, abrange transmitir energia dos pés do ciclista de tal forma que ele possa atingir diferentes velocidades. O conhecimento científico nessa área se limita a movimentos rotativos ou lineares para obter potência nos pedais (WILSON, PAPADOPOULOS, 2004).

Na década de 1890 alguns fabricantes de bicicletas utilizaram engrenagens de dentes retos (Figura 15), variavam de 1 a 3 velocidades. Basicamente usavam uma engrenagem de uma velocidade no cubo da roda traseira. Em 1882 era muito usual em triciclos, mas o sistema de corrente se mostrou muito superior e desde então tecnologias são empregadas constantemente para otimizar sistemas de transmissão (HADLAND *et al.* 2014).

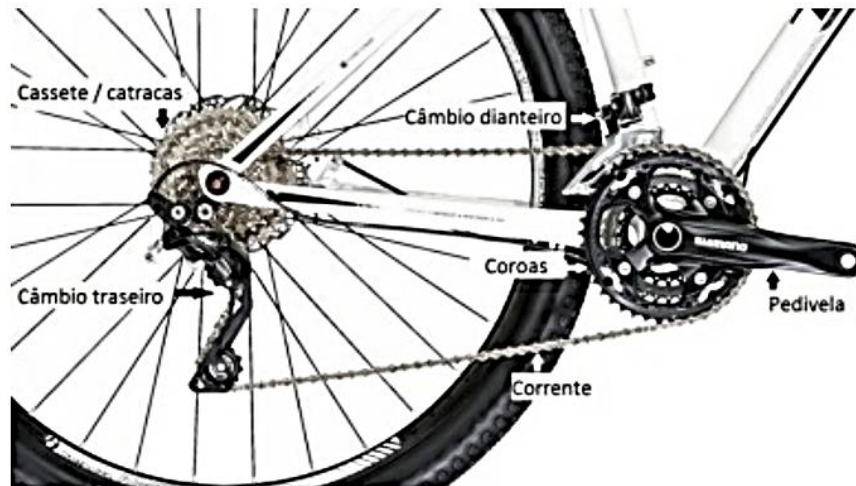
Figura 15 - Transmissão por engrenagens de dentes retos.



Fonte: Hadland *et al.* (2014).

O uso de marchas permite que o ciclista realize mudanças no seu torque alterando a velocidade de acordo com as irregularidades nos terrenos ou elevações. Em competições, essa característica possibilita flexibilidade nos terrenos acidentados, descidas e subidas obtendo alto rendimento. Uma transmissão básica contém os seguintes componentes (Figura 16): pedivela, conjunto de uma ou mais coroas, corrente, conjunto de uma ou mais catracas, câmbio dianteiro e câmbio traseiro e as alavancas ou passadores de marchas por cabos de aço fixados no guidão (RIBEIRO, 2017).

Figura 16 - Componentes Sistema de marchas (transmissão).



Fonte: Ribeiro (2017).

De acordo com a modalidade ciclística, existem vários conjuntos de transmissão como na tabela 1 (Figura 17) umas mais leves e resistentes que outras, manufaturadas em ligas de aço, ligas especiais de alumínio, titânio, além do uso de náilon que é muito resistente e fibra de carbono deixando o equipamento mais leve. A durabilidade e confiabilidade dependem da manutenção e do custo na aquisição de um conjunto mais tecnológico.

Figura 17 – Transmissões usadas em bicicletas.

Total de Marchas	Número de Coroas	Número de Catracas	Comentário
1	1	1	Marcha única (single speed)
21	3	7	Bikes de entrada e para crianças
20	2	10	Comum em bikes para all-mountain/enduro
24	3	8	Mountain bikes de entrada
27	3	9	Popular entre as bikes de nível intermediário
30	3	10	Uma das últimas tendências para bikes top de linha
10	1	10	Popular entre as bikes top de linha, especialmente downhill/freeride
11	1	11	Uma das últimas tendências para bikes top de linha

Fonte: Ribeiro (2017).

2.5 O produto guia de corrente

Capivara, (2017) explica que em meio as tecnologias existentes nos sistemas de transmissões, a ocorrência da corrente sair da coroa é comum, diante disso pode prejudicar um atleta de alto nível em uma competição que estando com o calçado preso no pedal clip dificilmente irá cair da bicicleta. Já um atleta amador ou ciclista do dia a dia, poderá sofrer uma queda grave da bicicleta. O autor reforça que pelo menos 99% dos atletas profissionais no mundo utilizam um guia de corrente.

Para atletas profissionais, a escolha do melhor guia de corrente para uso comum, porém quando se trata de ciclistas amadores, a escolha pode sofrer barreiras que envolvem funcionalidade e custo. Atender todos os ciclistas com uma única peça pode ser impossível devido aos diferentes tipos de bicicletas e transmissões. Para sistemas de transmissão 1x10, 1x11 ou 1x12, um guia de corrente fabricado por manufatura aditiva com as dimensões ideais para quadros *hard tails*, pode ser uma solução para diferentes tipos de ciclistas. Portanto como será proposto neste trabalho a construção de um guia de corrente por impressão 3D, é necessário entender este contexto.

2.5.1 Aspecto histórico

Embora alguns ciclistas mais ousados tenham se aventurado fora de estrada anteriormente no início do século XX, foi o americano Tom Ritchey quem expandiu o *mountain bike*, adaptando bicicletas do ciclismo de estrada para terrenos irregulares. Ritchey se inspirou nos conhecidos nomes Jobst Brandt e Gary Fischer. Gary e Tom fabricaram modelos *bike cruisers*, um quadro cujo formato praticamente é o mesmo até os dias de hoje em *mountain bikes*, e ambos têm suas próprias marcas Ritchey e Fischer Bikes. Com os quadros próprios para terrenos acidentados, também contavam com freios e pneus especiais (COUTO, 2014).

O *mountain biking*, engloba cinco modalidades principais: *downhill*, *freeride*, *endure/all-mountain*, *dirt jumping* e *cross-country*. Cada uma delas com suas peculiaridades e necessidades de novas tecnologias que permitam que o atleta utilize todo o potencial do equipamento e seu preparo físico. Desta forma para que a transmissão funcione sem problemas, necessita-se de um guia de corrente (RIBEIRO, 2017).

Guia de corrente é uma peça criada para evitar que a corrente saia para os lados na parte da frente em uma transmissão, quando a bicicleta tem ou não o câmbio dianteiro, mesmo que os ciclistas usam uma ou mais coroas. Quando a bicicleta tem câmbio dianteiro, muitas vezes, basta girar a alavanca de marcha no sentido contrário a queda e a corrente voltará para uma das coroas, porém, isso diminui o ritmo do ciclista em competição por exemplo. Para impedir isso, muitos dispositivos de corrente foram criados (CAPIVARA, 2017).

Estes dispositivos sempre foram mais conhecidos na modalidade *down hill* que apresentava as mesmas características do *cross country* nas primeiras competições. O problema a ser resolvido por um dispositivo deste, era tão visível para os pilotos, que eles fabricavam em casa nos anos 90, despertando o interesse das empresas em lucrar com um novo produto. As necessidades dos pilotos não eram atendidas pelos projetos das empresas e os dispositivos caseiros poderiam ser vistos como até 3 peças agindo na transmissão (Figura 18) mesmo que empresas estivessem desenvolvendo um produto similar, (HAYTHORNTHWAITE, 2012).

Figura 18 - Guia de corrente 3 peças.

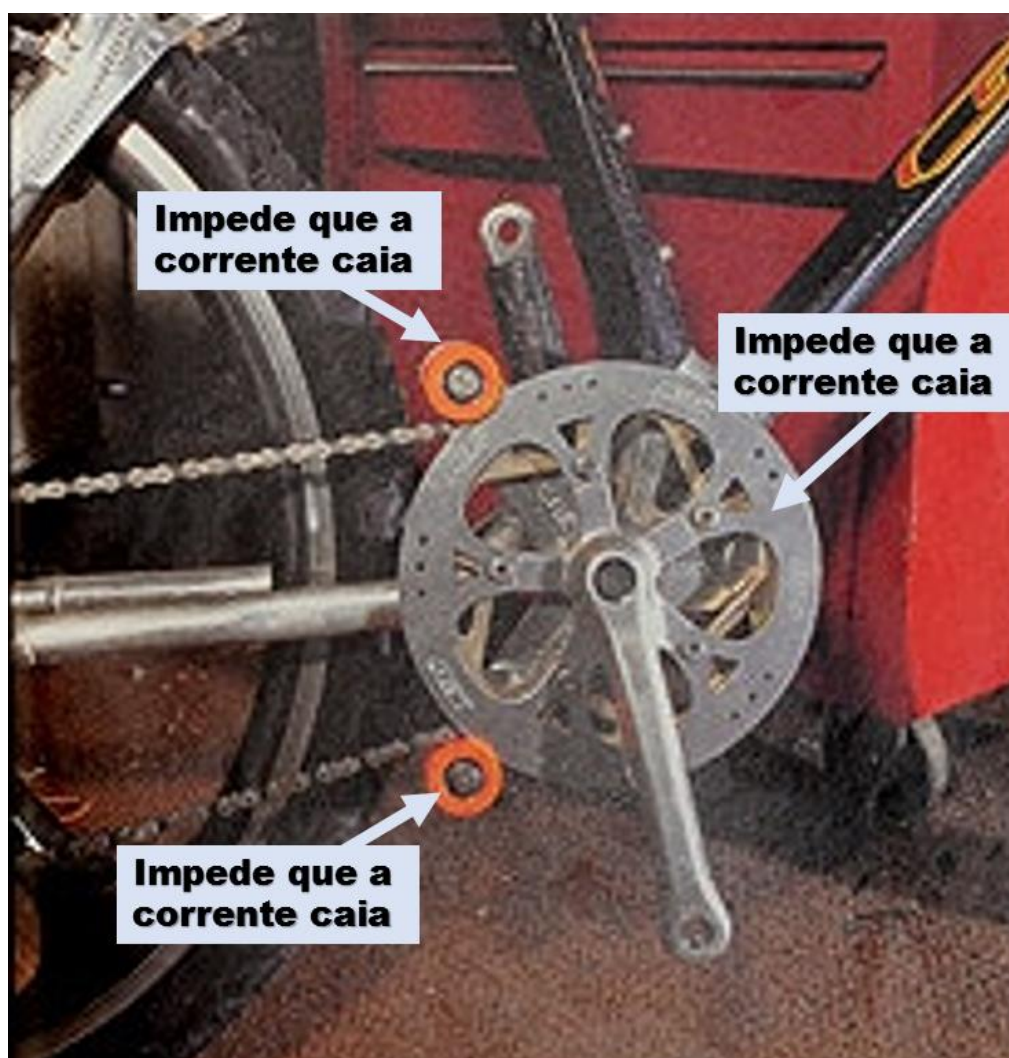


Fonte: Amazon (2021).

Os dispositivos mais usuais eram como anéis estreitos ou largos (Figura 19) que funcionam bem segurando a corrente nas engrenagens. Agregando a maioria dos pilotos, estes anéis não são infalíveis e para o piloto Perry Schebel apresentava falha de queda da corrente em momentos cruciais de suas pedaladas, ou seja, durante uma competição. Em pouco tempo

muitos guias de corrente estavam entrando no mercado e o mais favorável para Schebel era um modelo simples, sem anéis que atendia perfeitamente a resolução do problema de queda (SCHEBEL 2017).

Figura 19 - Guias de corrente em forma de anel.



Fonte: Adaptado de Schebel pelo autor (2020).

Mesmo não caindo a corrente, alguns dispositivos em formato de anéis eram muito utilizados por servirem em vários tipos de bicicleta. Fabricados em teflon para reduzir o ruído e com parafusos *allen*, tendo um custo elevado para aquisição. O problema é que estes dispositivos juntavam muita lama aumentando a resistência da corrente “encapsulada” quando estava em rotação. Outros problemas também foram verificados, como o barulho que estes anéis causam mesmo sendo de teflon, de certa forma desalinham algumas correntes quando o piloto

submetia a bicicleta em curvas muito acentuadas, mesmo assim eram consideradas muito confiáveis. (HAYTHORNTHWAITE, 2012).

2.5.2 Modelos de guia de corrente e seu uso

No *downhill* o uso de guias de corrente se torna fundamental porque a transmissão recebe todos os impactos causados pelas irregularidades do terreno, fazendo com que a corrente saia eventualmente. Em modalidades do *cross-country* (XC) como: *cross-country* olímpico (XCO), *cross-country marathon* (XCM) por exemplo, o uso de uma coroa na frente está se tornando padrão e as pistas estão cada vez mais desafiadoras, causando a queda da corrente (Figura 20). Quando isto ocorre a única alternativa é parar, descer da bicicleta e colocar a acorrente no lugar, sujando as mãos e perdendo um tempo precioso se o ciclista está em uma competição. Por isso muitos dispositivos foram criados ao longo do tempo (CAPIVARA, 2017).

Figura 20 - Queda da corrente.



Fonte: Autor (2021).

Os dispositivos com anéis perderam espaço para novos guias de corrente que apresentam mais versatilidade em seu formato e desempenho. Eich (2016), acrescenta que a corrente tende a sair mais frequentemente quando a coroa e/ou a corrente estão bem gastos, desta forma os guias de corrente disponíveis no mercado (Figura 21) atendem a proposta de segurar a corrente

e sem barulho mesmo em condições de muita lama por exemplo. O autor que também é piloto explica que a facilidade para instalar os novos guias de corrente supera os guias de anéis que necessitavam desmontar a pedivela.

Figura 21 - Modelos de guia de corrente mais utilizados.



Fonte: O autor (2020).

2.5.3 Teste e considerações de uso

McCoy (2020) diz que muitas tentativas e erros ocorreram no espaçamento destes dispositivos para adequar a espessura que cada corrente. São pelo menos oito variações de espessura por causa das velocidades que cada conjunto de transmissão oferece. Foi possível obter um guia de corrente fácil de instalar, leve, silencioso e confiável mesmo em terrenos muito acidentados. Submetido a testes o modelo OneUP ISCG 05 (Figura 22), foi ajustável por meio de espaçadores que são necessários por causa da largura das correntes que alteram dependendo de quantas velocidades é a transmissão. O guia de corrente testado, apresentou bons resultados além de ser acessível, porém, pode não satisfazer os *gravity riders* (pilotos de *down hill*, *freeride* e similares).

Figura 22 - Guia de corrente testado.



Fonte: One components (2021).

O mesmo modelo foi testado pelo piloto de *mountain bike* Russel Eich e apresentado no blog Bike Radar. Ele o considera leve, funcional e sem barulho. Ele também revela que pelo fato de ser simples sem anel, segura muito bem a corrente (Figura 23). As características desse dispositivo, permite que ele tenha apenas 35 gramas confeccionado em alumínio 7075 e termoplástico reforçado com fibra de vidro, pode ser usado em coroas de 26 a 38 dentes, com exceção das coroas ovais. Para o piloto o componente apresenta um único fator negativo no ajuste para a largura da corrente sendo um pouco desajeitado. Eich ainda gravou um vídeo instalando o componente que levou apenas 46 segundos sem a necessidade de desmontar o pedivela.

Figura 23 - Guia de corrente após o teste.



Fonte: Bike Radar (2021).

Levy (2018) comenta que apesar deste dispositivo ser uma solução para o problema de queda de corrente, será que existe um guia de corrente para cada tipo de bicicleta? Com tantos dispositivos disponíveis no mercado dos mais variados modelos e diferentes materiais, será que atende a todos os pilotos, independente da sua bicicleta? Hoje em dia é incomum bicicleta com guias de corrente grande e/ou com anéis pois os produtos minimalistas são os mais procurados e satisfazem as necessidades dos pilotos. Existe no mercado também as bicicletas que já saem de fábrica com guia de corrente instalado no quadro (Figura 24) denominado *direct mount*.

Figura 24 - Guia de corrente *direct mount*.



Fonte: BikeExtreme (2020).

Uma pesquisa foi realizada pelo blog PinkBike, iniciada em 2018, pergunta se as bicicletas de seus usuários já possuem um guia de corrente de fábrica. Esta pesquisa (Figura 25) ainda está ativa e com participação de 17997 pessoas e apenas 742 usuários de bicicletas de *cross country* relataram que suas bicicletas possuem guia de corrente contra 2848 na modalidade *trail*, 7130 na categoria enduro *All mountain* e 3792 do *down hill* confirmaram usar guia de corrente em suas bicicletas. Nota-se que o maior número de usuários está na categoria enduro *All mountain*, embora o maior índice de quedas é em bicicletas *hard tails* por não absorver os impactos na parte traseira como uma *full suspension* (LEVY, 2018).

Figura 25 - Pesquisa sobre guias de corrente ser de fábrica nas bicicletas.

Does your bike have a chain guide on it?

If your bike has a 1x drivetrain, does it use a chain guide?

<input type="checkbox"/>	My XC bike has a chain guide	742
<input checked="" type="checkbox"/>	There's no guide on my XC bike	2789
<input type="checkbox"/>	My trail bike has a chain guide	2848
<input type="checkbox"/>	There's no guide on my trail bike	4478
<input type="checkbox"/>	My AM/enduro bike has a chain guide	7130
<input type="checkbox"/>	There's no guide on my AM/enduro bike	4693
<input type="checkbox"/>	My DH bike has a chain guide	3792
<input type="checkbox"/>	There's no guide on my DH bike	603

Salvar...

Responses: 17997 Faves: 0 Comments: 7

Fonte: PinkBike (2018).

2.5.4 Especificações de guias de corrente disponíveis no mercado

O uso de guias de corrente se concentra mais aos adeptos do enduro *all mountain*. Porém milhares de outros usuários das outras modalidades fora de estrada, utilizam e/ou necessitam de um guia de corrente. Em sites de compra são oferecidos guias de corrente de vários formatos e confeccionados em diferentes materiais, que impactam no uso e custo final. Mesmo que não sejam muito comuns no mercado brasileiro, os usuários também realizam encomendas em sítios de outros países que oferecem maior variedade deste produto. Um exemplo é a Amazon.com.

O modelo mais convencional da marca OneUp, tem um modelo de guia em nylon com suporte em alumínio com peso de 40 gramas, com especificação ISCG 05 (Figura 26). Preso por parafusos allen que suportam torque de 5Nm, possui 7,5mm de ajuste para o número de

dentes da coroa, espaçadores de 2,5mm para corrente com parafusos de torque 3Nm e suporta coroas de 26 a 38 dentes (ONEUPCOMPONENTS, 2021).

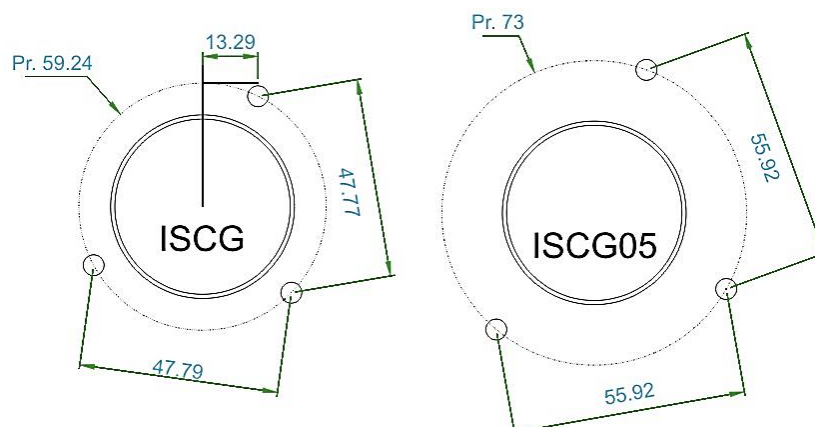
Figura 26 - Guia de corrente leve e estável.



Fonte: Amazon (2021).

Guias de corrente mais utilizados possuem especificações ISCG e ISCG05, podem ser usados em quadros com as especificações ISCG e ISCG05, onde ocorre o encaixe do movimento central para colocar o pedivela. As restrições informadas pelos fabricantes, se limita ao uso de coroas ovais. Os materiais de fabricação podem ser variados como alumínio 7075 e termoplástico reforçado com fibra de vidro em guias de corrente com especificações ISCG e ISCG05 (Figura 27), preso por parafusos em inox de 4mm do tipo allen. O ISCG tem em média 59,24 mm e a distância entre os furos é de 47,77 mm. O ISCG05 tem uma média de 73 mm e uma distância entre os furos de 55,92 mm (JEREMY, 2012).

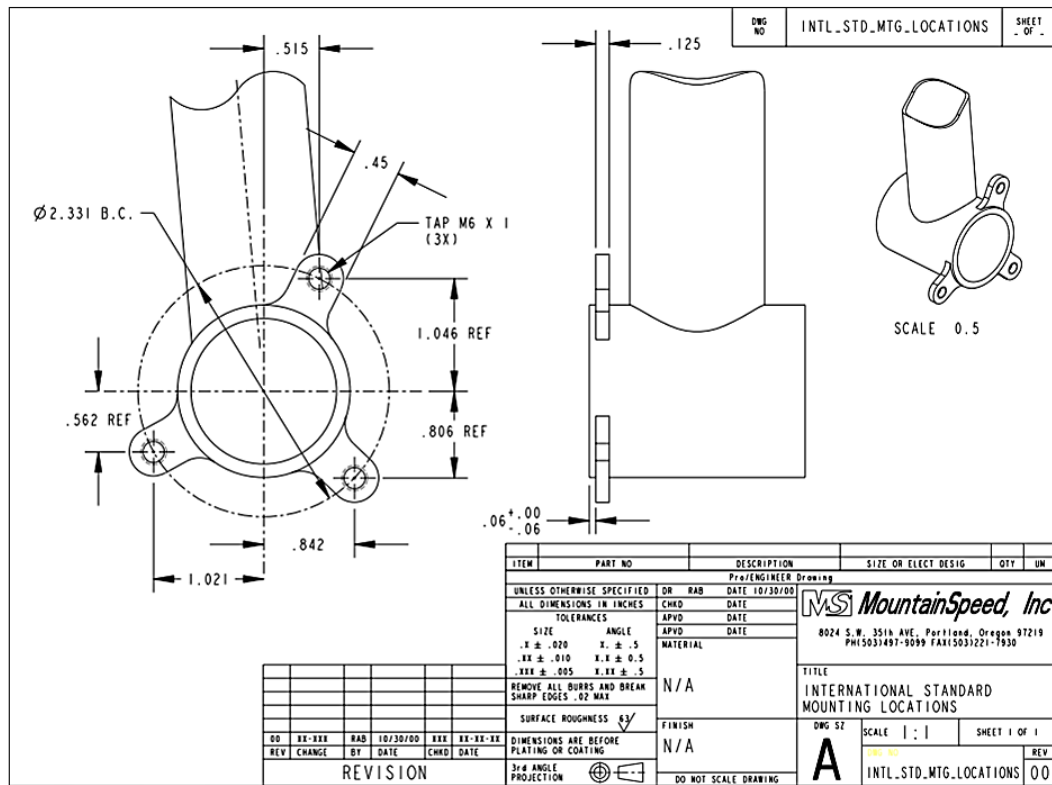
Figura 27 - Medidas ISCG e ISCG 05.



Fonte: ManoBike (2021).

O sistema de montagem do ISCG (International Standard Chain Guide) foi desenvolvido por várias empresas, para obter uma consistência e formalização em toda fabricação de quadros no ano de 2003 (Figura 27). Embora o padrão ISCG original tenha funcionado por vários anos, a fabricação atual de quadros e projetos de componentes agora exigem um padrão mais rigoroso (JEREMY, 2012).

Figura 28 - International Standart Chain Guide.



Fonte: ISCG.ORG (2021).

Para acomodar a necessidade de diretrizes mais rigorosas, melhor compatibilidade que consequentemente atende melhor o mercado e satisfaz os lucros das empresas. Como resultado foi estipulado o novo padrão ISCG'05 (Figura 29). Desenvolvido por fabricantes de componentes e quadros de transmissão, deixando de lado especificações menos usuais como ISCGOLG e ISCG 03 que alteram em pouco as medidas dos parafusos inferiores (JEREMY, 2012).

De forma mais abrangente, algumas empresas apostam em guias de corrente do tipo *seat tube mount*, como o modelo *MRP IX SERIES CHAIN GUIDE - MTB SEAT TUBE MOUNT* desenvolvido pela empresa MRP, presente na copa do mundo e olimpíadas com vários guias de corrente. O projeto *seat tube mount* (Figura 30), é do campeão de *mountain bike* Adam Craig, possui ajuste de linha de corrente. O guia encaixa com os diâmetros 28.6, 31.8 e 34.9 mm de *seat tube*, se necessário, acompanha calços de borracha fornecidos para firmar no quadro. Atende a linha de corrente de 49 a 51 mm para transmissões 1 x 9, 1 x 10 e 1 x 11 velocidades, com uso também com coroas ovais. Material não informado pelo fabricante (MRPBIKE, 2021).

Figura 30 - Guias de corrente *direct mount* e *seat tube mount*.



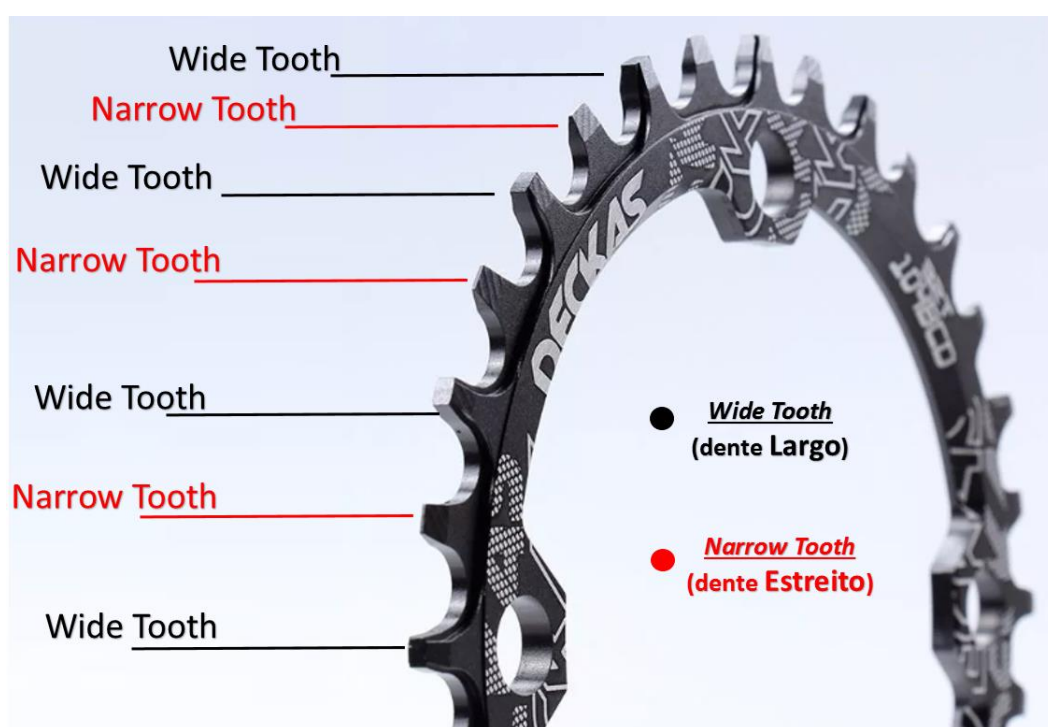
Fonte: Autor (2020).

2.6 Coroa *Single* e *Narrow Wide*

Segundo Capivara (2015), o uso de uma coroa na frente (*single*), começou nos anos 80 nos Estados Unidos, não só em *mountain bikes*, mas também em bicicletas de velódromo e triátlon. Uma coroa, além de aliviar peso da bicicleta com marchas, proporciona mais agilidade por ter trocas de marchas somente atrás. A troca de velocidades fica mais eficiente, além de não demonstrar problemas de falhas no câmbio dianteiro em caso de lama. As coroas (*single*) são do tipo *narrow wide* (estreito e largo) (Figura 31), ou seja, contém dentes estreitos e largos 25% mais altos que coroas convencionais.

Com dentes estreitos apenas nas coroas convencionais, os dentes individuais que dirigem a corrente em uma transmissão. Já a cora do tipo *narrow wide* com dentes estreitos e largos, a corrente se encaixa perfeitamente nos elos quase travando a corrente no anel sem aumentar o arrasto. Ao percorrer terrenos acidentados e fora de estrada, a corrente da bicicleta se move bastante, e nas bicicletas com câmbio traseiro, a mola estica nos trajetos irregulares, fazendo a corrente se movimentar ainda mais. Os dentes estreitos e largos impedem que a corrente se mova da esquerda para a direita e eventualmente que a coroa saia quando estiver em movimento, principalmente em bicicletas com uso fora de estrada (CAPIVARA, 2017).

Figura 31 - Coroa Narrow Wide.



Fonte: Autor (2019).

2.7 Modalidades para o guia de corrente proposto

Shark (2018) desenvolvimento das corridas de ciclocross iniciou por volta de 1900 na Europa, com o intuito de manter a melhor forma física dos corredores de estrada durante o outono e inverno. São 3 opções de bicicletas leves, sendo, a bicicleta de ciclocross, a de montanha modificada ou a bicicleta de estrada modificada. Nos campeonatos da UCI (União

Ciclística Internacional), na categoria elite devem ter uma bicicleta com guidão de queda, rodas 700c e pneus com largura não superior a 35mm. Cintra (2016) acrescenta que o sistema de transmissão pode ser trocado a qualquer momento se o atleta preferir algo melhor e especificamente mais leve.

As características da prova, fez com que os atletas dominassem melhor as bicicletas (Figura 32). Diante de tamanha repercussão da nova modalidade, muitos atletas do ciclismo de estrada se tornaram profissionais no *ciclocross*. O percurso varia entre 1,5 e 2 milhas (aproximadamente 2,42 a 3,22 km). Nos percursos, as seções são curtas, íngremes geralmente, com travessias de rios e trilhas técnicas, ultrapassar os obstáculos exigem habilidade ou a bicicleta é carregada nas costas (SHARK, 2018).

Figura 32 - Copa do Mundo *Trek* de *Ciclocross* (2019) – Feminino.



Fonte: McDowell (2019).

Nos Estados Unidos em 1983 ocorreu o primeiro campeonato nacional no estilo *cross-country*. A aceitação do esporte foi tamanha que em 1990 na Europa e Austrália, ocorreram o primeiro Mundial realizado pela União Ciclística Internacional (UCI). Já em 1996 tornou-se uma modalidade olímpica (COUTO, 2014).

Definido pela UCI (União Ciclística Internacional) o XCO (*cross-country* olímpico) é uma competição fora de estrada que ocorre em circuitos de 4 a 9 km por volta (Figura 34). Os

circuitos contêm trilhas, pedras (*rock gardens*), descidas, subidas, obstáculos naturais e artificiais, e o número de voltas são específicos de acordo com a categoria. São utilizadas bicicletas com quadro *hard tail* e *full suspension* (PIVA, 2016).

Figura 33 - Copa do Mundo de XCO.



Fonte: Martin (2019).

2.8 Metodologias para desenvolvimento de um guia de corrente

Para atender usuários com o guia de corrente para *mountain bikes* com quadro do tipo *hard tail*, o desenvolvimento de produto se dá quando investigadas as necessidades do mercado para qual o produto irá solucionar possíveis problemas. Uma pesquisa de mercado com relação aos produtos concorrentes é realizada e o tipo de manufatura para sua fabricação. Também são definidos os fornecedores da matéria prima necessárias, os processos de produção e o ciclo de vida. Todas estas atividades proporcionarão um fluxo de informações para melhor gerir os recursos e produzir o produto com confiabilidade (ROZENFELD *et al.* 2006).

O gerenciamento de informações é transformado em oportunidades de mercado pelas empresas. O resultado pode ser parcial como o desenvolvimento de um protótipo ou produto final a ser lançado, o qual deve atender as necessidades dos consumidores. Em regra, para que isso se concretize foi necessária uma abordagem metódica com estratégias para resolver um

problema e para tanto, um alto nível de intuição capaz de promover as orientações cabíveis para o desenvolvimento de um produto. As habilidades de um *designer* por exemplo, seguem orientações que devem estar estruturadas a partir do problema a ser solucionado pelo produto, e tarefas de um planejamento a cumprir para facilitar o desenvolvimento (PAHL, 2004).

Filho (2016) afirma que o processo de desenvolvimento de um produto tem mudado ao longo da história humana e os métodos intuitivos ajudaram na concepção de um conceito. Após a Revolução Industrial, métodos mais sofisticados foram tomando cada vez mais espaço, para atender a globalização e legislações que visam garantir a segurança e qualidade de produtos para os consumidores. Atualmente a iniciativa de projetar, deve ser analisada por um conjunto de competências multidisciplinares. Essas competências envolvem meios tecnológicos de fabricação, pesquisa de mercado, custos envolvidos, estudos físicos como termodinâmica, ergonomia, aerodinâmica entre outros, melhoria contínua nos processos, estratégias de *marketing*, todos atualizados e em cooperação para se tornar competitivo.

A competitividade está cada vez mais inserida no desenvolvimento de novos produtos, desta forma as empresas conseguem prever cenários devido a mudança tecnológica constante. Atender as necessidades dos consumidores faz com que o processo de desenvolvimento de produtos esteja mais flexível para variedades de produtos e conseqüentemente diminuindo o ciclo de vida deles. Um alto grau de gerenciamento de informações e recursos, planejamento e controle de atividades é requerido tanto quanto a capacitação de membros envolvidos no projeto. O equilíbrio entre as atividades, capacidades e competências, irá propor as melhores escolhas de fornecedores, escolha de matérias primas, logística de distribuição e assistência técnica, até mesmo o fim do produto e seu descarte, se cabe ou não a reciclagem (ROZENFELD *et al.* 2006).

2.8.1 Fabricação de um produto

Na engenharia, muitas vezes a consideração mais importante quanto a projetar peças, é o método de fabricação. Cada método apresentará seus pontos fortes e fracos na aplicabilidade que a peça necessita. A maioria das técnicas de manufatura podem apresentar 3 categorias que são: Fabricação formativa mais adequada para grandes volumes de fabricação, exige alto investimento, porém, produz muitas peças com baixo preço unitário; Fabricação subtrativa envolve metais para fabricação de peças de geometria simples com volumes médios à baixos e a Fabricação de aditivos, adequada para volumes baixos, com designs complexos ou quando é um protótipo único (REDWOOD *et al.* 2017).

A elaboração de projetos pode ser dividida em concepção, desenvolvimento e detalhamento. O desenvolvimento do projeto, não é necessariamente o produto desenvolvido e sim o método que atenderá a proposta central. A solução também não está diretamente ligada a tecnologia pois, novos produtos integram o desenvolvimento econômico além de atribuir conveniência de processos de criatividade e qualidade (FILHO *et al.* 2010).

Os conceitos e abordagens para o desenvolvimento de um projeto, compreende também a delimitação do ciclo de vida do produto através da escolha do seu material e o processo de fabricação envolvido. É essencial o uso de desenhos e detalhamento mesmo que seja um produto artesanal ou de produção em série. O projetista deve considerar não só aspectos econômicos, mas também as questões ambientais e sociais agregadas ao produto (FILHO *et al.* 2010).

A estrutura do produto, poderá ou constituir de materiais nocivos se descartados no meio ambiente. Para esta preocupação com o ciclo de vida do produto, deverá ser apresentada soluções de garantia de sustentabilidade desde a criação do produto, até suas evoluções/modificações (VIEIRA, BOURAS, DEBAECKER, 2013).

Rozenfeld *et al.* (2006) define que a delimitação do projeto, produzirá um planejamento do projeto como plano de ação que consiste: projeto informacional nesta primeira fase, projeto conceitual, projeto detalhado, preparação da produção e lançamento do produto que deverá conter as especificações meta do produto.

2.8.2 Projeto informacional, conceitual e detalhado

O projeto informacional estabelece especificações para solução do problema através de um conjunto de informações levantadas no planejamento, a fim de satisfazer as necessidades e requisitos dos clientes e do projeto (ROZENFELD *et al.* 2006).

O projeto conceitual demonstra a transformação de uma linguagem verbal para uma linguagem geométrica através de desenhos. Assim é definido um arranjo para as funções do produto e suas partes. Nesta fase determina, estética do produto, viabilidade de acordo com sua funcionalidade e determina uma concepção do produto para enfim a prototipagem. O projeto detalhado realiza a descrição do produto em suas etapas e finaliza a questão de materiais necessários assim como as dimensões. Também é determinado os processos de fabricação envolvidos (FILHO *et al.* 2010).

2.9 Manufatura aditiva

A fabricação aditiva mais conhecida como impressão 3D é um processo de construção aditiva que fará uma parte por vez. Uma limitação notável neste processo de fabricação, é a incapacidade de produzir peças com materiais de propriedades equivalentes. Existe uma série de tecnologias de impressão 3D e cada uma com seus benefícios e limitações para imprimir peças. As peças podem apresentar qualquer geometria (REDWOOD, 2017).

Os autores Gebhardt, Hötter (2016) descrevem a fabricação aditiva como um meio automático de produzir peças com camadas de espessura uniforme denominadas *voxels*. Para se obter a peça desejada é necessário o uso de um *software* em um computador diretamente ligado a impressora. Apesar de ser um processo automático, alguns processos precisam de orientação para garantir as propriedades estipuladas. Ao transformar um modelo virtual de um produto no software em um produto real, é basicamente usando os mesmos dados STL (ou AMF).

Sabendo-se que essa tecnologia está cada vez mais inserida no mercado e muitos são seus potenciais para diversos tipos de aplicações, qual melhor material usar para um projeto com solicitações específicas? Alguns filamentos se tornaram padrão para uma infinidade de peças, porém cada projeto se difere um do outro em detalhes, além de envolver diretamente a resistência química, mecânica e também de temperatura que o objeto suportará em condições de uso. A escolha errada do material para fabricação pode acarretar a falha do produto final e, entender o comportamento desses materiais é fundamental (3DLAB, 2021).

Os materiais utilizados nas impressoras 3D podem imprimir alimentos, casas, próteses humanas e animais, esculturas, carros a serem montados, faz tatuagens, etc. O surgimento deste processo de fabricação iniciou em 1984 no Colorado (USA) pelo engenheiro Chuck Hull, embora no Japão em 1980, Hideo Kodama desenvolveu uma técnica de prototipagem com a formação de objetos por camadas. Esta técnica nomeada *stereolithography* (estereolitografia) SLA, foi patenteada em 1986 por Chuck Hull que fundou a 3D System Corp, começando a realizar a comercialização da tecnologia (COLPANI, 2019).

Dois anos após Hull ter patenteado a impressão 3D, Carl Deckard da Universidade do Texas, patenteou uma tecnologia de Sinterização Seletiva a Laser, que realiza a manufatura aditiva a partir do pó de materiais. Anos depois, Scott Crump co-fundador da Stratasys registrou uma patente de FDM (Modelagem por Fusão e Deposição) tornando-se a terceira tecnologia da área de impressão 3D que crescia ano após ano depois de sua invenção. O primeiro objeto fabricado por Chuck Hull em sua própria impressora, foi uma lâmpada impressa com resinas.

Já as impressões com plástico, apresentou um tempo de fabricação mais rápido que o processo tradicional que levava em torno de seis a oito semanas, correndo o risco de sair errado e não encaixar as peças (COLPANI, 2019).

Por se tratar de um campo complexo com amplos projetos a desenvolver, a engenharia do projeto para impressões 3D, são realizadas por softwares de manufatura assistida por computador. Este desenvolvimento permite simular, controlar os processos, realizar testes através da ciência dos materiais, tudo monitorado por um computador. Com relação a materiais, na prática industrial já existe um amplo estudo de processos impressão 3D com metais. Especialistas e técnicos, realizam pesquisas que resultam em livros e artigos científicos, buscando suprir as necessidades de diversos ramos da indústria e até mesmo da medicina (MILEWSKI, 2017).

Para Kumar *et al.* (2019) a manufatura aditiva está crescendo cada vez mais em fases muito rápidas. Sua tecnologia tem aplicações potenciais em diversos setores destacando-se em: aeroespacial, automotivo, biomédico e engenharia. Uma característica notável deste processo é a redução do *leadtime* (tempo do início ao fim da produção), bem como a redução de desperdícios de materiais se comparado ao sistema convencional.

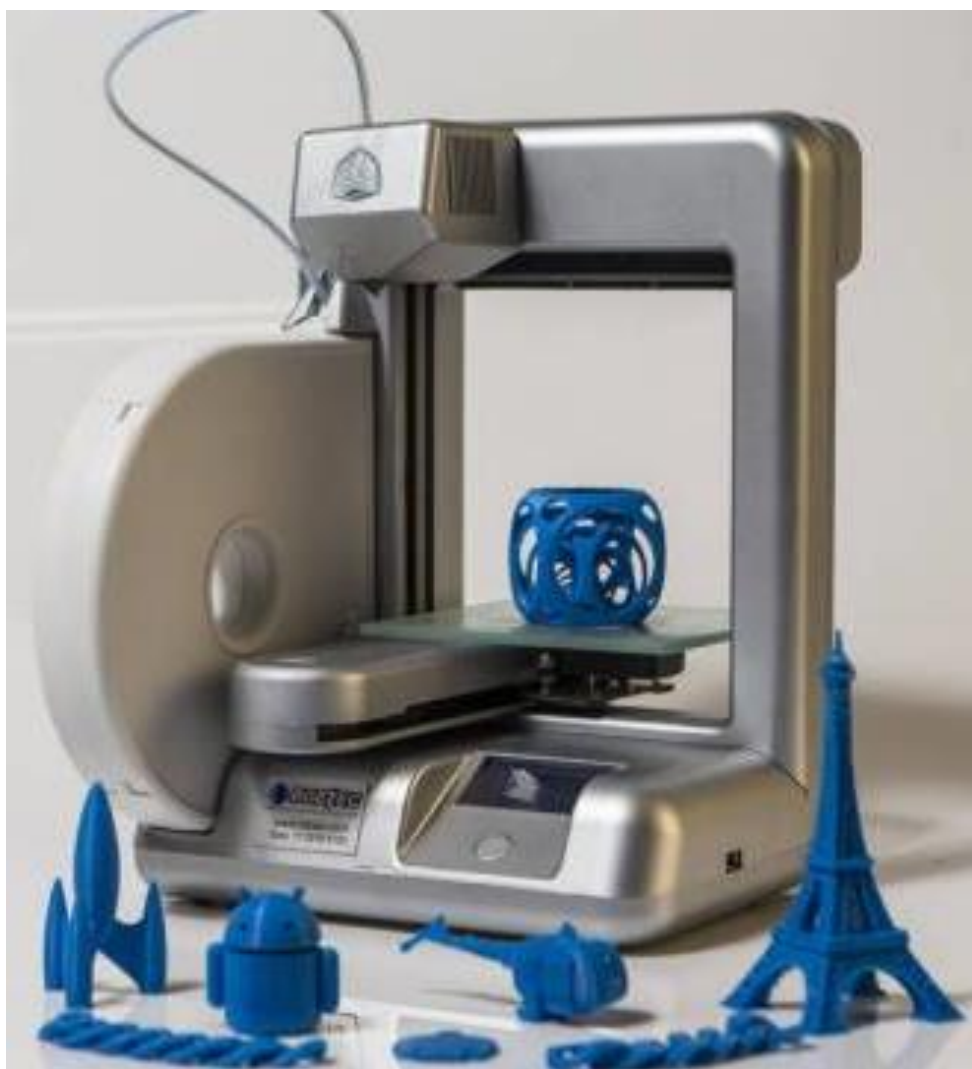
O mercado de impressão 3D no ano 2000, possibilitou a impressão de um rim humano e em 2008 a primeira prótese de uma perna humana. Os processos cada vez mais tecnológicos, dão a população uma alternativa vantajosa de aquisição de produtos a valores acessíveis. Nos anos 90 uma impressora 3D custava em torno de um milhão de dólares e hoje pode ser utilizada facilmente em sua casa no dia a dia por um preço bem acessível e com uma variedade de combinações de materiais a serem utilizados (COLPANI, 2019).

France (2014), menciona que a revolução da fabricação pessoal é uma realidade, e é possível usá-la para impressão direta em metal. Este processo possui várias etapas e os modelos são criados a partir do pó de metal, principalmente aço inoxidável. Inicia-se com o objeto impresso por uma fina camada de pó e em seguida o processo de encadernação e jato de tinta, finalizando com um tratamento térmico cuidadosamente controlável. A peça é mergulhada em bronze derretido, preenchendo os espaços vazios.

O detalhamento da impressão para cada tipo de material, deve ser seguido corretamente, principalmente a variação de temperatura. Nos casos mais corriqueiros de impressão 3D, alguns tipos de plástico são mais usados e de fácil manuseio, é o caso do PLA, por ser menos tóxico e mais respeitoso ao meio ambiente. Porém nem todas as impressoras aceitam vários materiais. Os materiais plásticos mais conhecidos e utilizados são PLA, ABS e PVA (FRANCE, 2014).

A complexidade de uma impressora 3D (Figura 35), não impede que este processo de fabricação esteja disponível para a população. Por mais que engenharia e softwares estejam por trás de projetos, algumas impressoras, já estão disponíveis e vêm barateando a cada ano com cada vez mais inovações e materiais que suprirão as futuras necessidades individuais (COLPANI, 2019).

Figura 34 - Impressora 3D.



Fonte: Moura, Souza (2017).

2.9.1 Materiais mais usados na manufatura aditiva

Com uso cada vez mais recorrente, a impressão 3D está à um passo de fazer parte do dia a dia das pessoas em suas próprias casas. Esta tecnologia fabrica objetos automaticamente com vários materiais como, plásticos, metais e ligas, biomateriais e cerâmica. Posto isso, o

plástico em seus diversos tipos, é o material mais usado para esta tecnologia revolucionária, porém cada um deles com suas características e vantagens de uso nas mais diversas aplicações (WIMPENNY *et al*, 2017).

Escolher o material adequado para um projeto, só é possível, por consequência do crescimento da tecnologia empregada em desenvolver novos materiais que satisfaçam as necessidades dos usuários. O *design* e funcionalidade do produto pode alterar os requisitos de temperatura, resistência química, dureza e tração por exemplo. Alguns filamentos plásticos ABS (Acrilonitrila butadieno estireno), PLA (Poliácido láctico) e PETG (Politereftalato de etileno modificado com glicol) se tornaram padrão para uma infinidade de peças (Figura 36). Cada projeto se difere um do outro em questões de detalhes além de envolver diretamente a resistência química, mecânica e de temperatura. A escolha errada do material pode acarretar a falha do produto final e entender o comportamento desses materiais é fundamental (3DLAB, 2021).

Figura 35 - Filamentos 175mm.

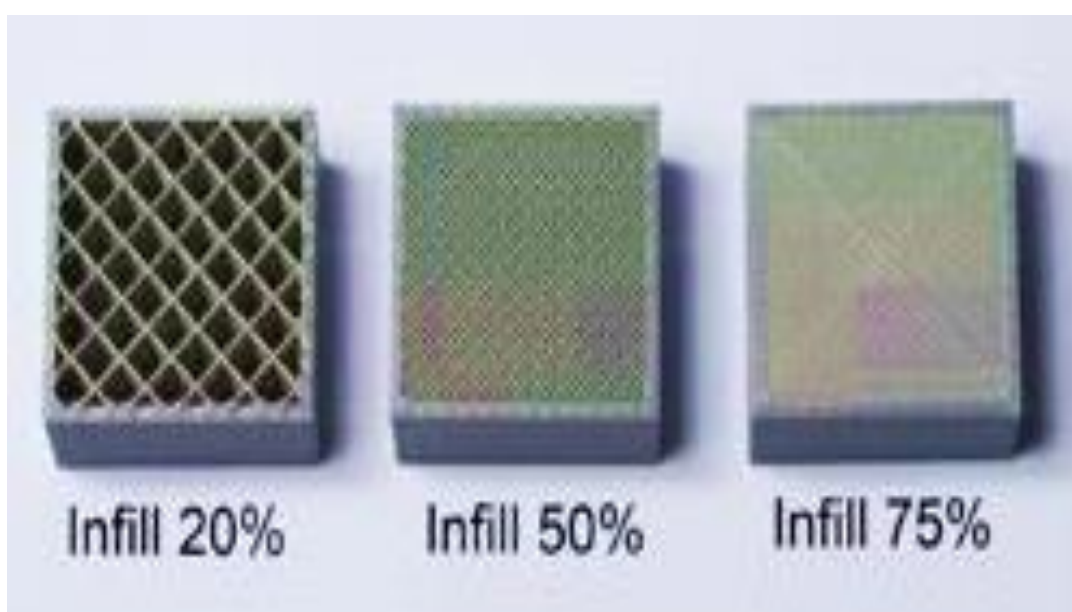


Fonte: 3DLab (2021).

Mesmo que os projetos utilizam em sua maioria os materiais mais tradicionais, além dos testes que devem ser feitos atendendo por exemplo a norma da Sociedade Americana para Testes e Materiais (ASTM), o projetista deve se preocupar com vários fatores, como o sentido da impressão, o percentual de preenchimento, as condições de processamento e a geometria de

preenchimento. A direção de X – Y que coloca camadas sucessivas de material, tornando-a melhor para garantir as propriedades elásticas do material do que a direção Z, onde as camadas são unidas verticalmente. Outra maneira de obter uma peça resistente além de estipular o sentido, é determinar o tipo de preenchimento em porcentagem (Figura 37). Setenta e cinco por cento preenchido torna a resistência maior em dez por cento do que cinquenta por cento preenchido. Estes são aspectos importantes para determinar qual material usar (AFINKOPOLÍMEROS, 2021).

Figura 36 - Percentual de preenchimento.

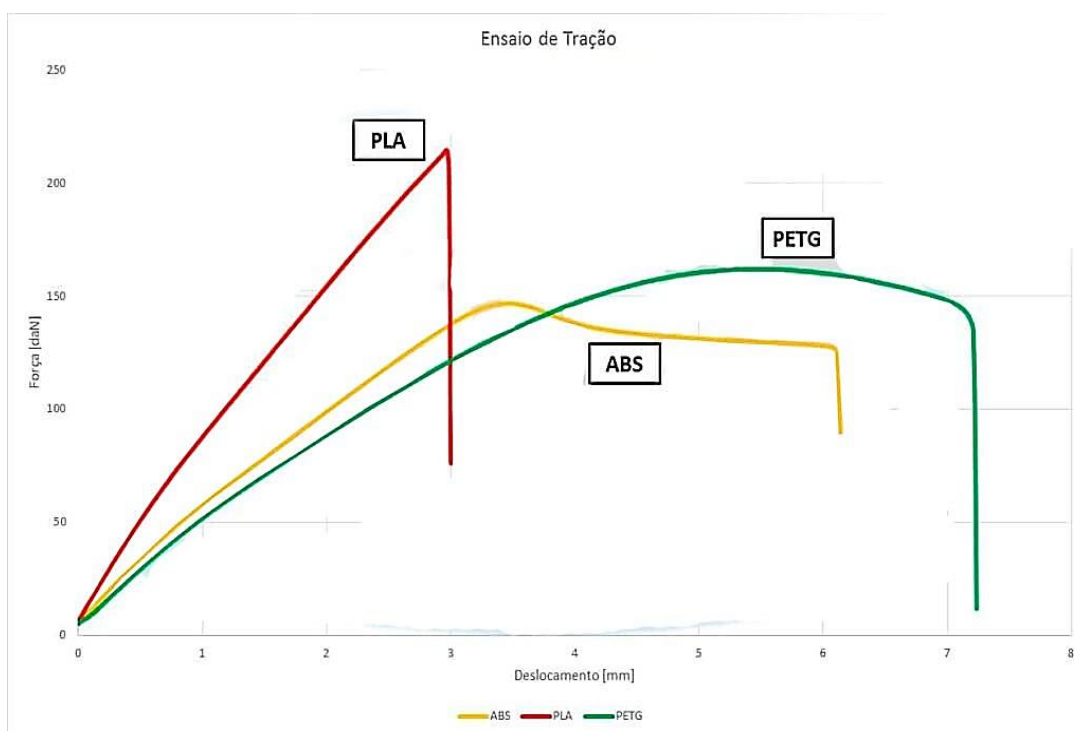


Fonte: 3DHubs (2019).

2.9.2 Propriedades dos materiais mais usados na manufatura aditiva

A escolha do melhor material para usar em um objeto com solicitações e detalhes específicos, é tão importante quanto definir o percentual de preenchimento. Desta forma é fundamental que o material seja adequado para atender os requisitos de um projeto. Uma forma segura de escolher o material, é a partir do resultado do teste das propriedades elásticas, força x deslocamento. A Figura 38 apresenta os resultados de ensaios de tração com os materiais plásticos ABS, PLA e PETG (3DLab, 2021).

Figura 37 – Ensaio de tração.



Fonte: 3DLab (2021).

A partir dos resultados obtidos nos testes, pode-se visualizar que o material PLA suportou maior carga estática que o material ABS, porém apresenta pouca ductilidade, enquanto o material ABS apresenta maior deformação. A escolha lógica então de um material para um objeto mais resistente seria, no entanto, o PETG que suportou maior carga e apresentou uma deformação mais prolongada. Mas vale ressaltar que as características de usabilidade do objeto a ser impresso podem ser determinantes na escolha de um material e não de outro. As propriedades (Figura 39) determinam qual o melhor filamento para um objeto específico e por diferenciarem nas propriedades, permitem ou não um preenchimento mais ou menos espaçado (3DLab, 2021).

Uma vez definido o material, é necessário estipular o tipo de preenchimento do objeto. A quantidade de material necessária, e a geometria para cada preenchimento é definido em softwares. O software escolhido deve estar instalado em um computador e conectado a impressora para projeto mecânico, projeto arquitetônico e objetos do cotidiano como: AutoCad 3D, Solid Edge, Rhinoceros, Solid Works, SketchUp Pro, CATIA, Maya entre outros (BERCHON, 2014).

Figura 38 - Propriedades dos materiais mais usados.

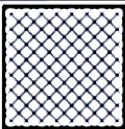
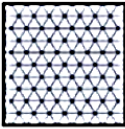

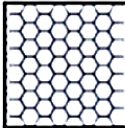
Propriedades Materia Prima 3D LAB - Grãos			
Propriedades	PLA	ABS Premium	PETG
Densidade	1,24 [g/cm ³]	1,04 [g/cm ³]	1,27 [g/cm ³]
Temp. Fusão	185 [°C]	220 [°C]	240 [°C]
Tg	60 [°C]	100 [°C]	85 [°C]
Tensão de Escoamento	66 [Mpa]	38 [Mpa]	51 [Mpa]
Resistencia a Flexão	130 [Mpa]	66 [Mpa]	72 [Mpa]
Modulo de Elasticidade	4350 [Mpa]	2200 [Mpa]	2120 [Mpa]
Resultado ensaio de Tração segundo a Norma ASTM D 638 - Corpo de provas Impresso			
Propriedades	PLA	ABS Premium	PETG
Tensão de Escoamento	24,8 [Mpa]	14,7 [Mpa]	18,6 [Mpa]
Modulo de Elasticidade	1896,0 [Mpa]	1335,9 [Mpa]	1067,9 [Mpa]
Tensão de Ruptura	46 [Mpa]	29 [Mpa]	32,6 [Mpa]
Alongamento	3,69 [%]	7,08 [%]	7,74 [%]
Resultado ensaio de Dureza segundo a Norma ASTM D 2240 - Corpo de provas Impresso			
Dureza Shore D	85 [Shore D]	74 [Shore D]	75 [Shore D]
Resultado ensaio HTD segundo a Norma ISO 75 - Corpo de provas Impresso			
Temperatura HDT	55,11°C	86,13°C	67,3°C

Fonte: 3DLab (2021).

Para Kurmann (2019), ao submetermos o projeto em um software, podemos imaginar o objeto impresso e até mesmo deduzir que as peças são maciças ou seja, totalmente preenchida pelo material escolhido. Porém se todos os objetos impressos fossem sólidos, demorariam muito mais tempo para imprimi-los e o gasto com filamento seria maior, além de impactar no peso final. O preenchimento denominado *infill*, está associado a resistência, duração do processo e peso do objeto. Como na Figura 37, as porcentagens de *infill* variam de acordo com os requisitos pré-estabelecidos em *software* para o objeto.

Uma atenção especial no início do projeto é determinante para atender com precisão os detalhes que envolvem a escolha do polímero *infill* desejado, e quanto à forma simétrica escolhida para o preenchimento no *software* (Figura 40) antes de imprimir o objeto. As formas variam em formatos geométricos, pontiagudos ou ondulados, e estão associadas ao design do objeto que será construído. As características de uso do mesmo que determinam a sua finalidade e custo. Em muitos projetos por exemplo, o objeto deverá suportar forças axiais e/ou radiais, sofrerá desgaste por abrasão e a temperatura que este objeto deverá suportar deverá corresponder aos parâmetros estabelecidos pela ASTM internacional (KURMANN, 2019).

Figura 39 - Formas para preenchimento.

<i>IMPRESSÃO 3D</i>	
	Retangular – Esse padrão de preenchimento fornece uma quantidade razoável de rigidez em todas as direções do objeto. É também um dos padrões de preenchimento mais fáceis de imprimir.
	Triangular – apropriado quando força é necessária na direção do casco do objeto. No entanto, leva mais tempo para imprimir.
	Wiggle ou Wave – como o nome indica, um padrão de preenchimento de forma de onda. É bastante útil quando um objeto precisa ser capaz de se torcer ou comprimir. Infill ideal para ser usado com filamento flexível.
	Honeycomb – Um dos padrões de preenchimento mais populares. Oferece maior resistência em todas as direções, mais que um infill retangular, e com pouquíssimo aumento no tempo de impressão. É usualmente considerado o padrão de preenchimento mais forte e mais usado.

Fonte: Kurmann (2019).

Tratando-se de impressão, é necessário levar em consideração a velocidade de impressão de cada material, a aderência de cada camada, a precisão do fluxo entre outros detalhes que irão depender também da impressora. Não existe material ruim ou bom, eles se diferem de acordo com a funcionalidade do objeto (3DMATTEER, 2021).

Algumas diferenças são bem sutis, por exemplo o PETG é reciclável enquanto o ABS não é sustentável. Materiais resistentes ao calor por exemplo evita que o objeto seja deformado ao adicionar material. As propriedades dos materiais mais utilizados correspondem a sua aplicabilidade e quando se trata de um material para uso mais técnico, o nylon é uma boa opção. Com nome técnico Poliamida, o nylon já é bem conhecido na indústria plástica por ter ligações químicas mais fortes gerando ótima resistência a altas temperaturas e maior resistência mecânica (3DLab, 2021).

As vantagens de usar o náilon são: resistência ao alto impacto, parcialmente flexível, boa resistência a abrasão e não tem odor desagradável durante a impressão. As desvantagens são: alta absorção de umidade, não é adequado para ambientes úmidos, armazenamento de ar comprimido para evitar a absorção de água, filamentos ressecados podem causar defeitos na impressão. Estes defeitos podem ser reduzidos a zero se o bico extrusor onde sai o filamento estiver bem limpo, o local de armazenamento for limpo e seco, ou seja, baixa umidade (SIMPLIFY3D, 2021).

3 METODOLOGIA

3.1 Meios e critérios de pesquisa

Com objetivo de conhecer mais sobre determinado assunto, a pesquisa científica contribui com o conhecimento por meio de investigação. Cada pesquisa é definida pela sua peculiaridade, sendo assim, podem existir diversos tipos. Uma vez compreendido a finalidade da pesquisa, é necessário classificá-la conforme o gênero representativo do tipo, pesquisa de estudo teórico, metodológica tratando dos modos de fazer ciência, empírica, explorando fatos mensuráveis e também do tipo prática, em que ações transformem realidades (PRODANOV, FREITAS, 2013).

O conjunto de medidas tomadas em uma metodologia de pesquisa pode ser a base de toda investigação, em que técnicas e estratégias se tornam uma junção entre teoria científica e aplicação. Mensurar os estudos de uma pesquisa, permite quantificar construções de variáveis, desde o teórico ou abstrato ao concreto, de acordo com os procedimentos reais para medir ou manipular uma variável. Quantificar a pesquisa, basicamente é elencar dados métricos em diferentes quantidades, ou graus que refletem quantidade (MARCZYK *et al.* 2005 Apud HAIR *et al.* 1995).

Outro método de pesquisa examina dados não métricos, ou seja, qualifica a pesquisa por meio de dados qualitativos que representam características ou categorias, descrevendo um indivíduo e não podem ser quantificadas. Existem quatro escalas principais de medição no âmbito mais amplo de categorias métricas e não métricas: escalas ordinais e nominais são escalas de medição não métricas, e escalas métricas são de intervalo e escalas de proporção (MARCZYK *et al.* 2005 Apud HAIR *et al.* 1995).

Prodanov, Freitas (2013) referem-se a pesquisa da perspectiva de sua natureza e da perspectiva técnica. Da perspectiva da natureza, pesquisa básica com avanços da ciência para adquirir verdades e interesses universais e pesquisa aplicada, solucionando problemas específicos envolvendo verdades e interesses locais. Para que se alcance os objetivos, faz-se necessário uma pesquisa exploratória para adquirir mais informações, a pesquisa descritiva relatando as características e a pesquisa explicativa através da interpretação de dados observados.

Da perspectiva técnica, é necessário um modelo para o planejamento, este modelo pode apresentar alguns tipos de pesquisa: pesquisa bibliográfica por meio de material publicado;

pesquisa documental através de materiais não analíticos; pesquisa experimental com estudo de causas e efeitos; de levantamento envolvendo interrogação de um grupo ou comunidade; estudo de campo com questionários entrevistas, formulários, etc., e estudo de caso esclarecendo decisões e estabelece implementações e resultados (PRODANOV, FREITAS, 2013).

3.2 Fases estabelecidas para desenvolvimento do projeto

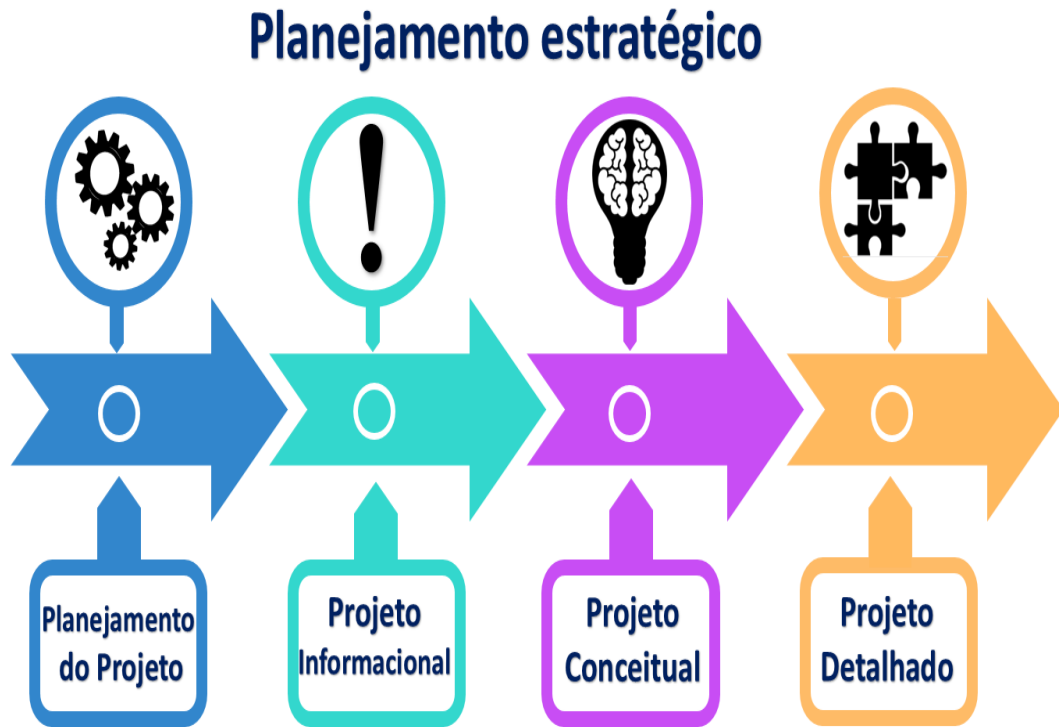
As fases do projeto estabelecidas para o trabalho, classifica de forma qualitativa, puramente descritiva não sendo manipulada matematicamente. Também caracteriza como pesquisa aplicada do ponto de vista da natureza por solucionar um problema peculiar. Do ponto de vista técnico, o trabalho apresenta o tipo de pesquisa informal de levantamento de informações, com solicitação de um grupo de pessoas que norteiam o contexto. Desta forma visa delimitar requisitos para realização do trabalho com originalidade e coerência buscando examinar um fenômeno e novas descobertas (PRODANOV, FREITAS, 2013).

A elaboração do projeto a partir da observação de variações de guias de corrente existentes no mercado, deverá apresentar uma concepção satisfatória com especificações que atenderá a solução proposta de evitar a queda de corrente. Pelo método definido por Rozenfeld *et al.* (2006), o desenvolvimento de produtos seguindo as especificações, propiciará a construção de desenhos para avaliação e posteriormente imprimir em 3D. A representação dos resultados irão definir ajustes para que as soluções atendam aos requisitos dos clientes.

Para delimitação do projeto e realização deste trabalho, com base em Rozenfeld *et al.* (2006) definiu-se elaborar um plano de ação (Figura 41). Este plano de ação consiste primeiramente no planejamento do projeto, seguido do projeto informacional que deverá conter as especificações meta do produto, seu ciclo de vida e o escopo do projeto de do produto. Na sequência o projeto conceitual com esboços através de um desenho inicial do produto e por fim o projeto detalhado.

Nesta atividade, uma série de detalhes sobre o produto será explicado desde detalhes técnicos como medições, até a manufatura de um modelo em *software* sendo um primeiro protótipo o qual será impresso. Através do primeiro protótipo será possível verificar pontos falhos para que sejam corrigidos num novo *design* até que o atendimento aos requisitos dos clientes e especificações do projeto.

Figura 40 - Plano de ação.

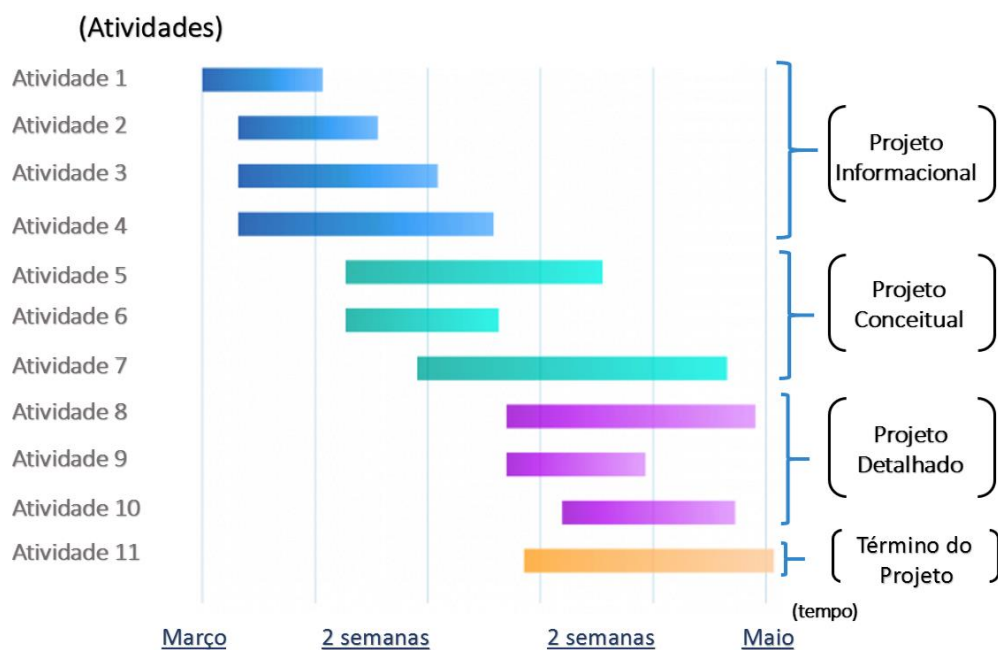


Fonte: Autor (2019).

3.2.1 Planejamento do projeto

Esta fase inicial de pré-desenvolvimento determinou-se as atividades, o tempo de realização, obedecendo critérios de controle para que o produto apresente a qualidade esperada. Também foi designado um fluxo de informações para elaboração do escopo do projeto, para entender as necessidades que poderão gerar influência ou limitação. Durante esse pré-desenvolvimento, pode ocorrer certas comparações com produtos similares ao esboçar o escopo do projeto. Todo projeto deve apresentar início, meio e fim bem definidos, assim facilitará o projeto de produto físico, suas características funcionais e como o produto será obtido (ROZENFELD *et al.* 2006).

As ações para o planejamento do projeto, foram programadas e gerenciadas no decorrer do projeto até a sua conclusão, cada ação dependeu do resultado das etapas anteriores. Definiu-se através de um gráfico de *Gantt* (Figura 42), atividades determinadas por um tempo limite aproximado. Estas atividades estarão feitas parte dos projetos: Informacional, conceitual e detalhado até o término do projeto. Desta forma facilitou o processo decisório de gerenciar os recursos e estabelecer um monitoramento que capaz, da concretização da fabricação do produto.

Figura 41 - Gráfico de *Gantt*.

Fonte: Autor (2019).

3.2.2 Projeto informacional

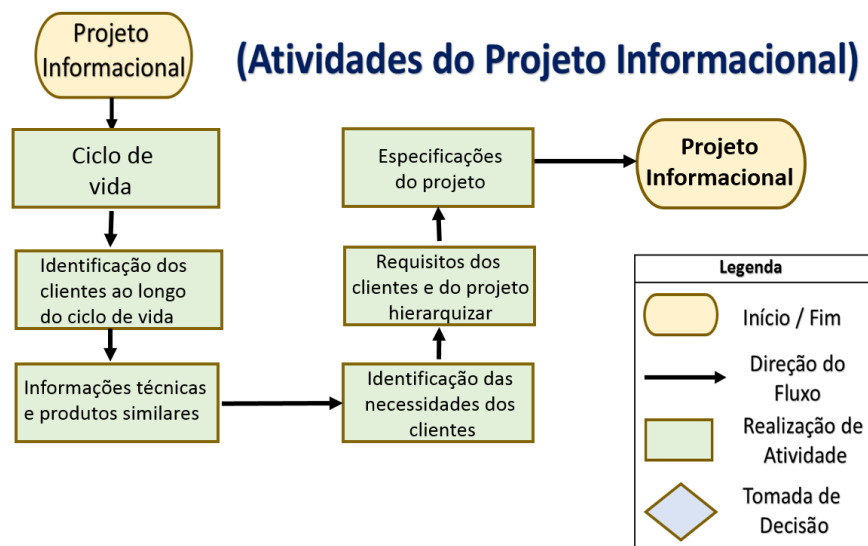
Partindo de uma análise do problema apresentado nas bicicletas de *cross country*, na primeira fase do desenvolvimento, foram criadas as especificações meta que se espera que o produto alcance no futuro caso esteja em uma linha de produção. Esta fase complementa informações sobre os possíveis usuários e apresentará os requisitos do produto (FILHO *et al.* 2010).

Estabelecidas como primeira atividade no gráfico de *Gantt*, as quatro atividades que fazem parte do projeto informacional são (Figura 43):

- Escopo do produto: é a primeira descrição do produto de forma mais detalhada possível;
- Especificações meta: define a ideia do produto e o objetivo que deverá atender, sendo um guia para geração de soluções, avalia os requisitos que deverão apresentar para solucionar o problema da queda de corrente, em parâmetros quantitativos e mensuráveis. Também realiza um *benchmarking* (pesquisa produtos concorrentes ou similares);
- Identifica os requisitos dos clientes com relação ao problema e elenca as tecnologias disponíveis e necessárias para que o produto apresente bom desempenho;

- Detalhamento do ciclo de vida do produto: estabelece os estágios que o produto passa a partir das primeiras atividades ao planejar para criar. Uma vez que o produto está na sua fase de lançamento, pode ser possível determinar uma fase de crescimento e declínio ou, encontrar uma estabilidade até que ocorra novas inovações. Outra questão muito importante no ciclo de vida do produto, é estabelecer maneiras de manutenção se necessário, descarte ou reciclagem (ROZENFELD *et al.* 2006).

Figura 42 - Atividades do Projeto Informacional.



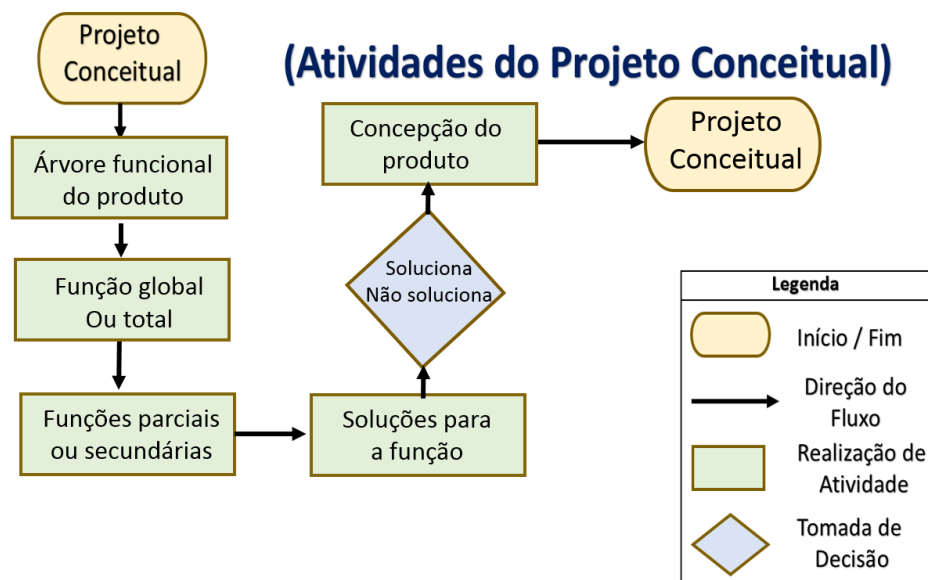
Fonte: Autor (2019).

3.2.3 Projeto conceitual

A partir dos princípios de soluções estabelecidos na atividade anterior, foram definidas as três atividades do projeto conceitual (Figura 44). Nesta fase será desenvolvido um arranjo esquemático de partes que constituirão o produto, ou seja, sua arquitetura por meio de diagramas, ilustrações ainda não completamente definidas. Então, foi criado um desenho inicial no papel, considerando a ergonomia e estética do produto e em seguida um desenho em *software*. Dentro desta fase, pode ser analisada a possibilidade da criação de uma família de produtos, ou modularidade do produto com base na concepção escolhida. Na sequência inicia a busca por fornecedores (FILHO *et al.* 2010).

Definido a arquitetura e sua concepção, a partir das especificações meta do produto, pode-se combinar aos princípios de solução, mais de uma função para o produto se possível. É necessário entender a importância da interação do produto para com os ciclistas levando em consideração a ergonomia e estética. O produto será formulado em um plano abstrato a partir de sua funcionalidade, para gerir a necessidade de ele obter sistemas, subsistemas e componentes. Caso isso ocorra, será elencado os princípios de soluções individuais através de *brainstorming*, com propostas construtivas para a realização das funções que norteiam a função total. Por fim, nesta atividade serão definidos fornecedores e parcerias de codesenvolvimento que garantirão qualidade, confiabilidade e solução a possíveis problemas se for o caso (ROZENFELD *et al.* 2006).

Figura 43 - Atividades do Projeto Conceitual.



Fonte: Autor (2019).

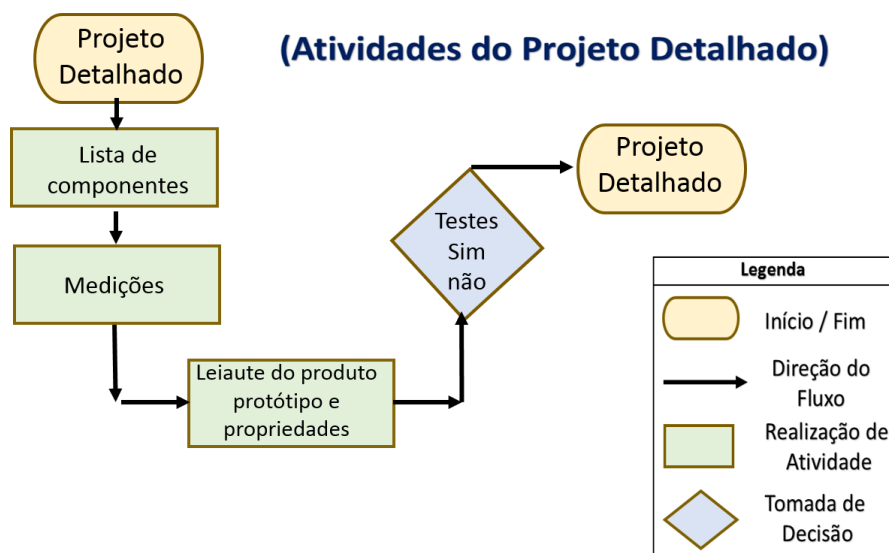
3.2.4 Projeto detalhado

Quanto maior a complexidade do produto, maior ciclo de detalhamento e impacto direto no custo de fabricação. Nesta etapa, pode-se otimizar o produto, atualizando o projeto inicial, para que seja testado e homologado a partir de desenhos finais. Através do projeto detalhado, definirá o processo de fabricação e informações sobre o ciclo de vida do produto. Então um protótipo do guia de corrente será fabricado em impressão 3D, posteriormente analisado com o

objetivo de identificar possíveis irregularidades que não atendam as tolerâncias estabelecidas no projeto conceitual.

As atividades (Figura 45) que compõem o projeto detalhado, complementa e define toda a descrição do produto e seus materiais de manufatura aditiva a partir do projeto conceitual. A impressão 3D de um lote piloto (pré-série) será realizada a partir do desenho em *software* para o processo de fabricação escolhido, assim que concretizado a impressão 3D, o produto deve ser submetido a testes (FILHO *et al.* 2010).

Figura 44 - Atividades do Projeto Detalhado.



Fonte: Autor (2019).

Os testes são realizados por *softwares* de simulação para atender requisitos como resistência do material escolhido, que definirá a construção do protótipo. Após o término dos testes de simulação, o projeto apresentará todos os requisitos para ser fabricado, será instalado em *mountain bikes* que irão percorrer terrenos acidentados durante treinos, passeios e competições. Após a execução do projeto, testes simulados, construção de protótipo e testes e avaliações finais, apresentar a concepção final para ser comercializado (ROZENFELD *et al.* 2006).

4 RESULTADOS

4.1 Desenvolvimento a partir do planejamento do projeto

A fase de planejamento do projeto compreende, segundo Rozenfeld *et al.* (2006) a realização do escopo do projeto que são determinações de caráter criativo, baseado no planejamento estratégico. Todos os procedimentos precisam ser atendidos, assim como as especificações relacionadas com o produto ou protótipo. A definição das características de projeto para obter um produto deverá ser avaliada e monitorada e para tanto, tem como principal saída o documento termo de abertura do projeto (Figura 46).

Este é um documento que autoriza oficialmente o início do projeto. Nele as descrições da execução estarão contidas para que se obtenha êxito ao usar os recursos pré-determinados para cada atividade. Uma das vantagens é estipular limites para o projeto e gerar comprometimento entre as partes envolvidas. Em uma empresa por exemplo este documento é assinado pelo gerente do projeto para garantir uma execução bem-sucedida. Também são especificados além dos recursos necessários, as restrições, premissas, critérios de aceitação e os riscos envolvidos de acordo com o objetivo do projeto (ALFF, 2020).

Figura 46 – Termo de abertura do projeto.

(Continua)

TERMO DE ABERTURA	
Produto:	Guia de corrente para <i>mountain bike</i>
Cliente do produto:	Praticantes do <i>mountain bike</i> da modalidade <i>cross country</i>
Projetista:	Lincoln Gomes da Silva
Descrição do problema a ser resolvido:	
Os praticantes de <i>mountain bike</i> sempre se deparam com o problema da queda da corrente em bicicletas <i>hard tails</i> , em competições ou mesmo na prática livre deste esporte. Passar com segurança em terrenos acidentados e obstáculos é o objetivo destes praticantes e uma forma de evitar problemas é impedir a queda da corrente utilizando-se de um guia eficiente, de baixo custo e com pouca manutenção.	
Objetivo:	
Projetar um guia que impeça a queda da corrente para dentro ou para fora da coroa da	

(Conclusão)

bicicleta utilizando manufatura aditiva.	
Premissas:	
<ul style="list-style-type: none"> • Parceiros que cederão suas bicicletas para medições; • Uso do laboratório de metrologia da UNIPAMPA campus Bagé; • Conhecimento do <i>Software Solid Works</i>; • Utilização de Impressora 3D. 	
Restrições:	
<ul style="list-style-type: none"> • Custo do guia de corrente; • Utilização de materiais de fácil aquisição para impressão 3D; • Realização de testes físicos com o protótipo. 	
Local de desenvolvimento:	
Laboratórios de Desenvolvimento do Produto e Metrologia da Unipampa Campus Bagé/RS.	
Prazo de execução do projeto:	
01/02 à 05/05/2021	
Cronograma de desenvolvimento:	
Atividade	Tempo
1 - Medições de correntes de 10, 11 e 12 velocidades e <i>seat tube</i> do quadro que irá acoplar o guia de corrente.	7 dias
2 - Criação do esboço inicial do protótipo.	7 dias
3 – Desenho da peça em <i>software</i> .	7 dias
4 - Testes em <i>software</i> , avaliação e alterações.	7 dias
Aprovação do termo de abertura:	
Nome:	Assinatura:

Fonte: Autor (2019).

4.2 Projeto Informacional

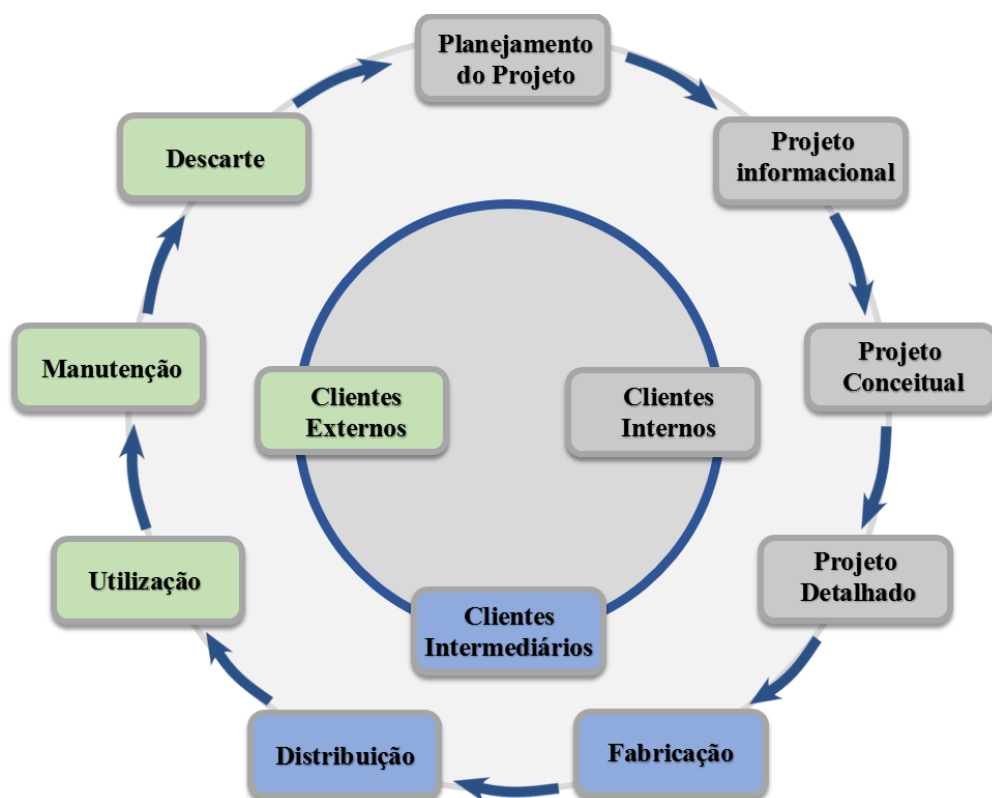
Nesta fase são realizadas as atividades de estabelecimento do ciclo de vida do projeto, identificação de produtos similares e obtenção de informações técnicas que auxiliem o desenvolvimento do produto, apresentadas as necessidades e requisitos dos clientes e a

transformação destes em requisitos do projeto e como saída da fase as especificações meta do projeto.

4.2.1 Ciclo de vida do produto

A identificação de todas as fases do projeto/produto, foram estabelecidos no ciclo de vida do projeto (Figura 47), onde, segundo Rozenfeld *et al.* (2006) a história do produto é representada graficamente.

Figura 46 - Ciclo de vida do guia de corrente.



Fonte: Autor (2021).

4.2.2 Identificação dos clientes ao longo do ciclo de vida

Por definição, ao longo do ciclo de vida do guia de corrente, o qual inicia-se no planejamento do projeto, temos os clientes internos, ou seja, todos os profissionais envolvidos nos processos de planejamento, projeto informacional, conceitual e detalhado, além da

fabricação. Após a fabricação do produto, temos os clientes intermediários que são os distribuidores e os lojistas, que os realizam a distribuição do produto, através de lojas físicas ou virtuais até que o produto seja adquirido pelos usuários finais que utilizarão e farão a manutenção deste, que são os clientes externos. Como ciclo final temos o descarte, que poderá ser encaminhado para reciclagem ou não.

4.2.3 Informações técnicas e produtos similares


O objetivo desta tarefa é o levantamento de informações que auxiliem no desenvolvimento do produto. Estas informações podem ser técnicas, como métodos de fabricação, materiais de construção ou sobre o mercado, através dos produtos ou componentes do sistema disponíveis, além dos preços de comercialização.

4.2.4 Guias de Correntes

Os guias de correntes mais utilizados que estão disponíveis no mercado são apresentados na Figura 48, onde seus principais atributos, marca, fornecedor e custo aproximado também são mostrados.

Figura 48 – Guias de corrente disponíveis no mercado.

(Continua)

Produto	Marca	Custo/ Fornecedor	Atributos
	Willstar	R\$ 98,00 Wallmart	<ul style="list-style-type: none"> - Dimensões: 12 x 10 x 5cm; - Material: Alumínio 7075 CNC; - Peso: 99 g; - Compatibilidade: <i>Seat tube</i> 28.6, 31.8, 34.9mm; - Ajustável aos tamanhos de coroas e coroas ovais.

(Conclusão)

	ZTTO	R\$ 105,00 eBay	<ul style="list-style-type: none"> - Dimensões: ISCG - Material: Alumínio 7075 CNC; - Peso: 26 g; - Compatibilidade: ISCG03, ISCG05; - Ajustável em coroas de 32 a 40 dentes e ovais 32 a 38.
	Artbox 3D	R\$ 60,00 Artbox	<ul style="list-style-type: none"> - Dimensões: 3,8x3,5x2cm - Material: ABS - Peso: 20 g - Compatibilidade: <i>Direct mount</i> - Uso em coroas de 34 dentes
	MRP	R\$ 705,00 Tryton Cycles	<ul style="list-style-type: none"> - Dimensões: Não informado - Material: Não informado - Peso: 74 g - Compatibilidade: <i>Seat tube</i> 28.6, 31.8, 34.9mm - Uso em coroas de 32 a 40 dentes
	MRP	R\$ 585,00 Tryton Cycles	<ul style="list-style-type: none"> - Dimensões: Não informado - Material: Borracha não especificado - Peso: 74 g - Compatibilidade: Não informado - Uso em coroas de 38 a 44 dentes
	E-Thirteen	R\$ 457,00 Bike Bargains UK	<ul style="list-style-type: none"> - Dimensões: Não informado - Material: Fibra de carbono e alumínio - Peso: 74 g - Compatibilidade: ISCG05 - Uso em coroas de 36 a 40 dentes

4.2.5 Identificação das Necessidades dos Clientes

O autor através de conversas informais com grupo focal de praticantes de *mountain bike* usuários de guias de corrente identificou as seguintes necessidades dos clientes:

- Um guia de corrente leve;
- Durável;
- Manutenção fácil;
- Barato;
- De fácil instalação;
- Que resolva o problema de queda da corrente.

4.2.6 Requisitos dos Clientes

Os requisitos dos clientes são oriundos das necessidades dos clientes, onde estas foram agrupadas em atributos e transformadas em requisitos apresentados na Figura 49.

Figura 48 - Definição dos requisitos dos clientes.

(Continua)

Atributos	Necessidades do cliente	Requisitos do cliente
Projeto	- Um guia de corrente leve	- Utilizar material de fabricação leve
	- Durável	- Material com boa durabilidade
	- De fácil instalação	- Facilidade na montagem do sistema
Funcionalidade	- Que resolva o problema de queda da corrente	- Impedir a queda da corrente
Confiabilidade	- Manutenção fácil	- Manutenção simples e não especializada

(Conclusão)

Financeiro	- Barato	- O guia deve ter custo baixo
-------------------	----------	-------------------------------

Fonte: Autor (2021).

4.2.7 Requisitos do Projeto

Os requisitos do projeto representam as especificações que o produto deve atender, isto significa definir as características e atributos de engenharia do produto, são oriundas dos requisitos dos clientes, uma vez que estes devem permitir serem mensuradas. Novos requisitos podem ser gerados no decorrer do projeto em função das necessidades do projeto. Na Figura 50 estão os requisitos do projeto oriundos dos requisitos dos clientes.

Figura 49 - Requisitos do projeto através dos oriundos dos clientes.

(Continua)

Atributos	Requisitos do cliente	Requisitos do projeto
Projeto	- Utilizar material de fabricação leve	- Materiais leves
	- Material com boa durabilidade	- Materiais resistentes
	- Facilidade na montagem do guia	- Otimizar design do guia
Funcionalidade	- Que impeça a queda da corrente	- Impedir a queda da corrente
Confiabilidade	- Manutenção simples e não especializada	- Manutenção fácil
Financeiro	- O guia deve ter custo baixo	- Custo o mais baixo possível
Fabricação	- Fabricação por manufatura aditiva	- Fabricar por impressão 3D
Material	- Utilizar materiais comerciais	- Materiais comerciais padronizados

(Conclusão)

	- Utilizar materiais de fácil aquisição	- Facilidade na aquisição dos materiais
--	---	---

Fonte: Autor (2021).

4.2.8 Hierarquizar os Requisitos do Projeto

Através do Diagrama de Mudge (Figura 51) os requisitos do projeto passam a ser hierarquizados seguindo prioridades do projeto. Sendo uma ferramenta para materializar a execução do planejamento por meio de comparação das funções em pares, classifica-se de acordo com a importância de cada critério. As funções são exibidas por letras maiúsculas como A, B, C, ...n, onde n é o número de funções, representadas na matriz triangular (3NEURON, 2019).

Figura 50 - Diagrama de Mudge.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I
Materiais leves	A	0	A3	0	A5	A3	0	A3	A3
Materiais resistentes	B	B5	0	B5	B3	B3	B3	B1	B1
Otimizar design do guia	C	D5	C1	0	G1	0	G1	0	0
Impedir a queda da corrente	D	D5	D5	D5	D5	D5	D5	D5	D5
Manutenção fácil	E	F3	G3	H1	0				
Custo o mais baixo possível	F	G1	F1	0					
Fabricar por impressão 3D	G	0	0						
Materiais comerciais padronizados	H	0							
Facilidade na aquisição dos materiais	I								

0 Igual importância

1 Moderadamente mais importante

3 Medianamente mais importante

5 Muito mais importante

Fonte: Autor (2021).

Após elaborar e analisar o Diagrama de Mudge, os requisitos de projeto foram hierarquizados em ordem de importância (Figura 52).

Figura 51 - Hierarquia por ordem de importância.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	TOTAL	%
Materiais leves	A	0	A3	0	A5	A3	0	A3	A3	17	0,2266
Materiais resistentes	B	B5	0	B5	B3	B3	B3	B1	B1	18	0,2400
Otimizar design do guia	C	D5	C1	0	G1	0	0	0	0	1	0,0133
Impedir a queda da corrente	D	D5	D5	D5	D5	D5	D5	D5	D5	30	0,4000
Manutenção fácil	E	F3	G3	H1	0	0	0	0	0	0	0,0000
Custo o mais baixo possível	F	G1	F1	0	4	0,0533	0	0	0	4	0,0533
Fabricar por impressão 3D	G	0	0	4	0,0533	0	0	0	0	4	0,0533
Materiais comerciais padronizados	H	0	1	0,0133	0	0	0	0	0	1	0,0133
Facilidade na aquisição dos materiais	I	75	100							75	100

1º- Impedir a queda de corrente

2º- Materiais resistentes

3º- Materiais leves

4º- Custo o mais baixo possível
- Fabricar por impressão 3D

5º- Otimizar design do guia
- Materiais comerciais padronizados

Fonte: Autor (2021).

4.2.9 Especificações do Projeto

As especificações obtidas no Projeto Informacional com as metas atribuídas estão apresentadas na Figura 53.

Figura 53 – Especificações.

(Continua)

Atributos	Requisitos do projeto	Especificação do projeto	Meta	Saída Indesejável
Projeto	- Materiais leves	- Concebido com materiais leves	Utilizar ABS	Material diferente
	- Materiais resistentes	- Utilizar materiais resistentes	Resistência a flexão ≤ 60 Mpa	Resistência a flexão ≥ 60 Mpa
	- Facilidade na montagem do guia	- Otimizar design do guia	Uso mínimo de ferramental na montagem	Design que dificulte a montagem ou necessite de ferramentas especiais.
Funcionalidade	- Que impeça a queda da corrente	- Impedir a queda da corrente	A corrente não caia em nenhuma	A corrente caia

(Conclusão)

			situação de uso.	
Confiabilidade	- Manutenção simples e não especializada	- Manutenibilidade simples	A única manutenção necessária seja a limpeza do guia	Qualquer situação diferente da meta
Financeiro	- O guia deve ter custo baixo	- O custo do guia deve ser o mais baixo possível	Custo final ao usuário seja inferior a 80 reais	Custo ao usuário superior a meta
Fabricação	- Fabricação por manufatura aditiva	- Fabricar através da impressão 3D	Processo de fabricação por impressão 3D	Qualquer situação diferente da meta
Material	- Utilizar materiais comerciais	- Materiais comerciais padronizados	ABS padrão comercial	Qualquer situação diferente da meta
	- Utilizar materiais de fácil aquisição	- Facilidade na aquisição dos materiais	Utilizar padrão comercial para facilitar aquisição	Qualquer situação diferente da meta

Fonte: Autor (2021).

As especificações e as metas propostas têm por objetivo balizar o desenvolvimento do produto como forma de manter-se alinhado com as necessidades dos usuários.

4.3 Projeto Conceitual

A fase do projeto conceitual inicia após o estabelecimento das especificações meta do projeto, realizada no projeto informacional. Portanto, tendo como entrada as especificações meta, a primeira atividade a ser realizada na fase conceitual é estabelecer a árvore funcional do produto, que se divide em função global ou principal e em funções parciais ou secundárias, através da verificação das especificações meta que dizem respeito as funções do produto.

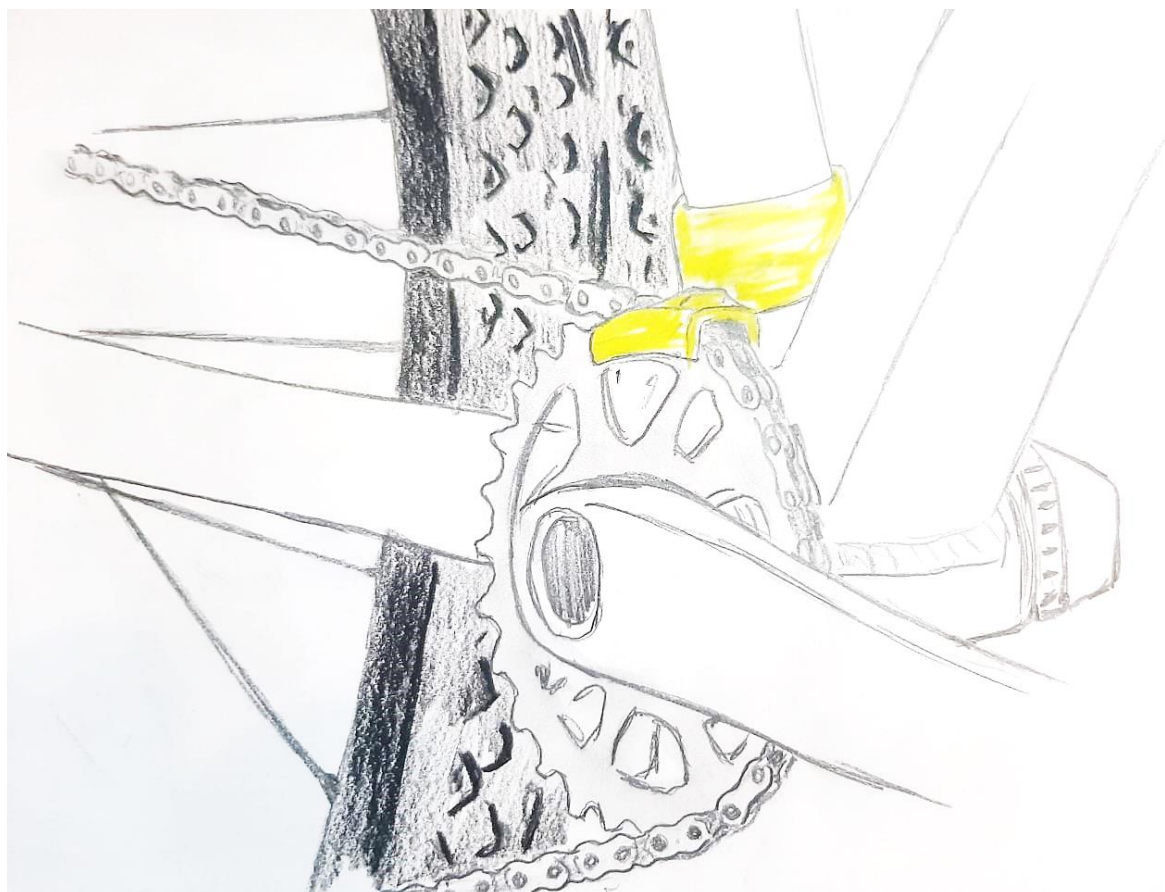
Após o estabelecimento da função global ou principal do produto, são estabelecidas as funções secundárias ou parciais objetivando decompor o produto em suas partes com o intuito de buscar a melhor solução para cada uma destas.

Estabelecidas as melhores soluções para as funções secundárias ou parciais, obtemos a concepção do produto.

4.3.1 Árvore Funcional do Produto

Produto: GUIA DE CORRENTE PARA *MOUNTAIN BIKE* (Figura 54).

Figura 53 - Guia de corrente.



Fonte: Autor (2021).

4.3.2 Função Global ou Total

A especificação meta que diz respeito as funções do produto é a de impedir a queda da corrente em qualquer situação de uso.

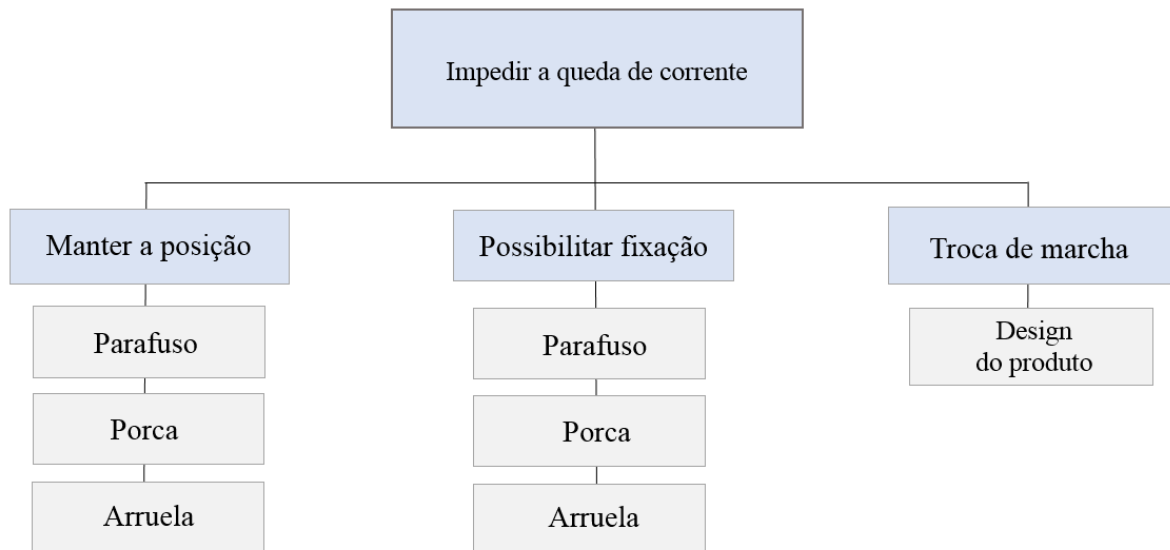
- Função Global ou principal: impedir a queda da corrente.

4.3.3 Funções Parciais ou Secundárias

- Manter a corrente posicionada na coroa da bicicleta;
- Possibilitar a fixação do guia no *seat tube*;
- Permitir a troca de marcha da corrente.

Desta forma, os atributos determinados são representados pelo fluxograma a partir da premissa impedir a queda de corrente (Figura 55).

Figura 54 - Funções parciais e secundárias.



Fonte: Autor (2021).

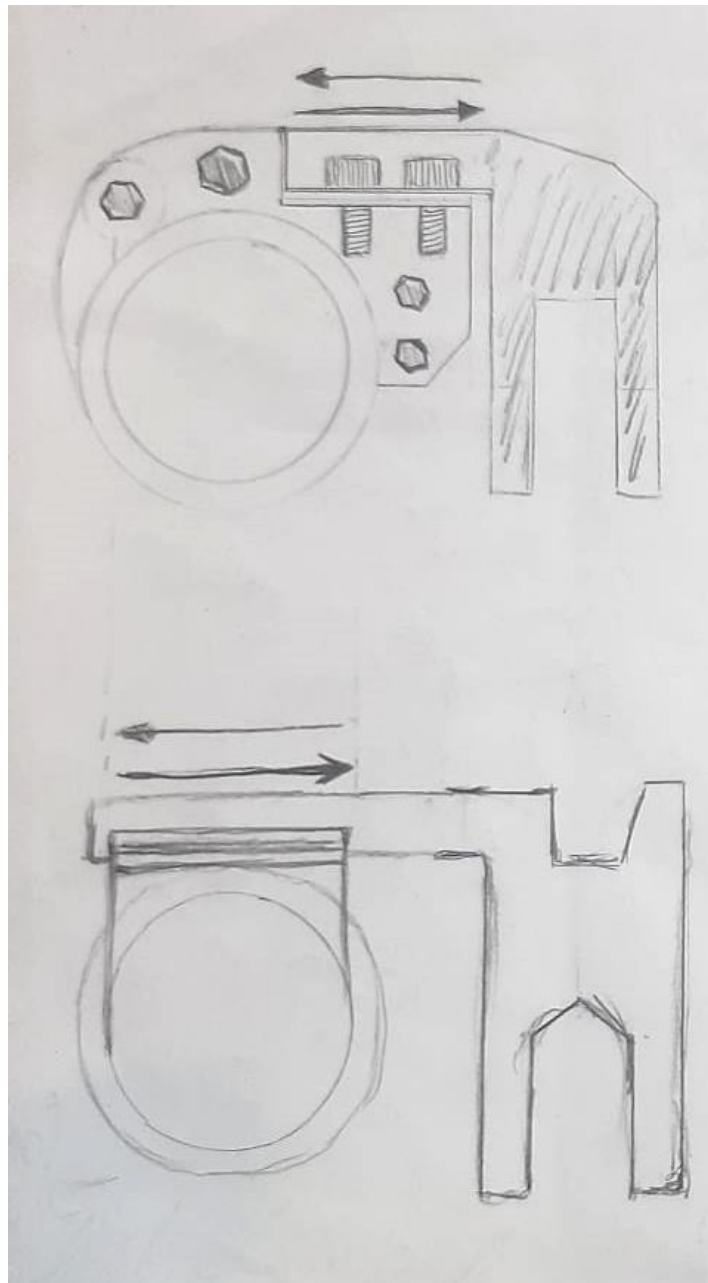
4.3.4 Soluções para funções do produto

O desenvolvimento de soluções referentes as funções parciais ou secundárias do guia de corrente, nos leva a encontrar a solução para função principal ou global e, portanto, obter um produto que impeça a queda da corrente aos praticantes de *mountain bike* usuários de quadros *hard tail* com transmissões 1x10, 1x11 e 1x12 velocidades.

4.3.5 Manter a posição

Para manter a posição da corrente na coroa da bicicleta, é necessário que o guia de corrente apresente a distância necessária por meio de regulagem entre o *seat tube* e a coroa, esta solução está apresentada na Figura 56.

Figura 55 - Possível solução regulagem do guia de corrente.

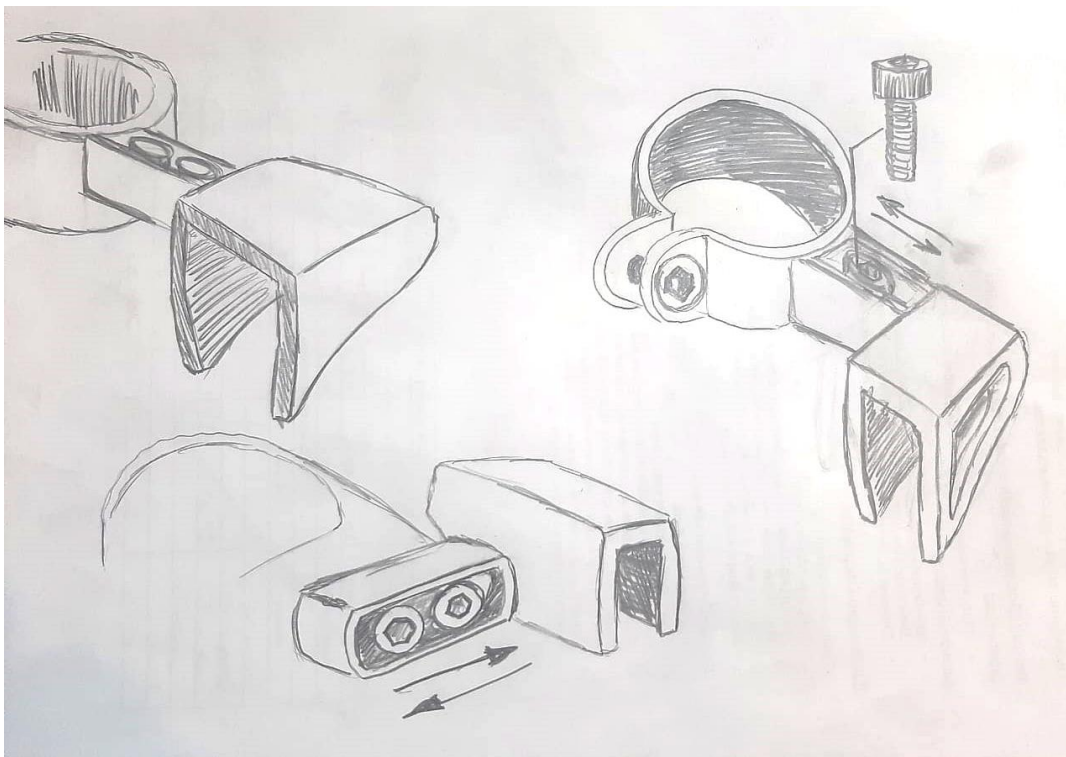


Fonte: Autor (2021).

4.3.6 Possibilitar a Fixação

A fixação do guia de corrente no quadro da bicicleta será realizada através de uma abraçadeira que será aparafusada no quadro da bicicleta e ao guia da corrente (Figura 57).

Figura 56 - Fixação do guia de corrente.

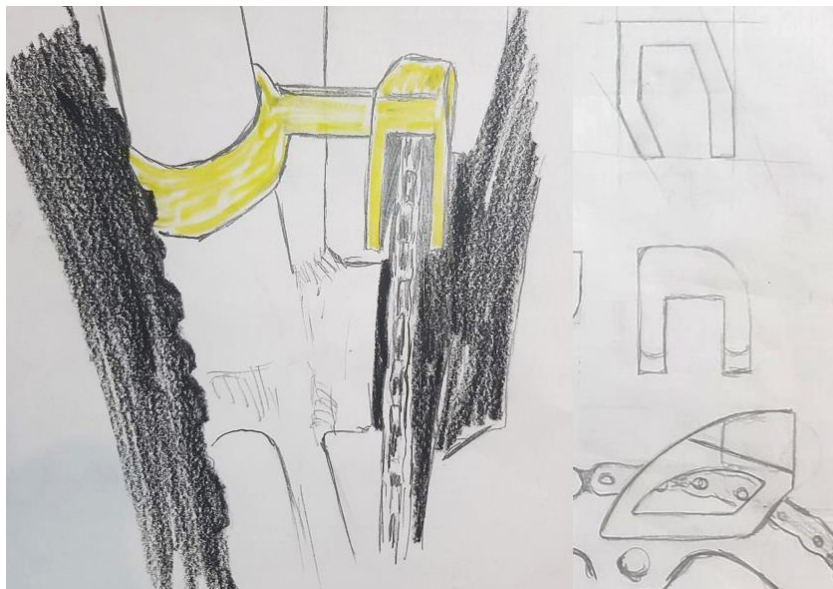


Fonte: Autor (2021).

4.3.7 Troca de Marcha

O guia de corrente tem que possibilitar a troca de marcha da corrente sem alterar o funcionamento, pois, da marcha mais leve para a mais pesada, a corrente apresenta um ângulo diferente, ocasionado pelo desalinhamento ao submeter o câmbio traseiro as tensões de mudança de marcha. Sendo assim a forma desenvolvida para que esta operação seja possível é através de um *design* (Figura 58) que possa comportar a corrente sem que a mesma fique raspando nas laterais, mas não com espaço suficiente que permita que a corrente saia pelas laterais quando a bicicleta seja submetida a condições severas de uso em terrenos acidentados.

Figura 57 - Vista do guia de corrente para troca de marcha.

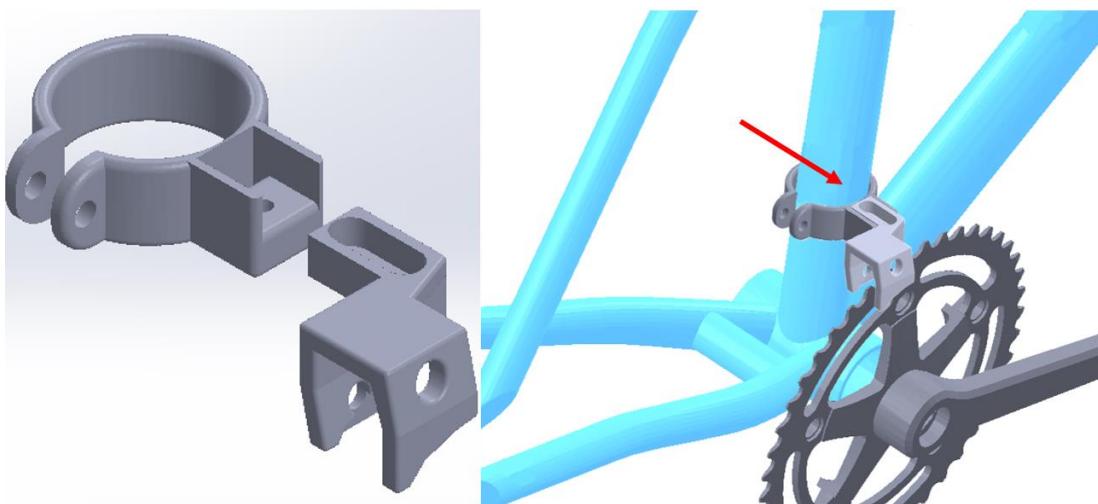


Fonte: Autor (2021).

4.3.8 Concepção do guia de corrente

Os desenhos realizados a mão livre, permitiram uma visualização do produto para que fosse realizado em seguida um desenho no Solidworks, gerando a concepção do produto guia de corrente (Figura 59).

Figura 58 - Desenho final do guia de corrente.



Fonte: Autor (2021).

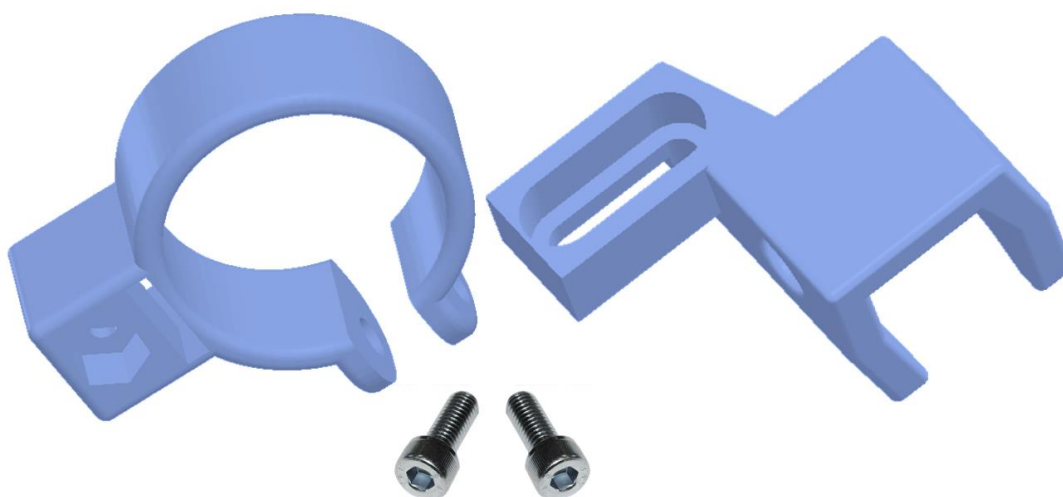
4.4 Projeto detalhado

Após a apresentação do Projeto Conceitual do guia de corrente, o projeto detalhado é o último processo do projeto para a solução do problema. Finalizando o ciclo empírico observação-suposição-expectativa-teste, a ordem das atividades que serão executadas até a conclusão do projeto são: lista de componentes, dimensões e propriedades do material escolhido.

4.4.1 Lista de componentes

O guia de corrente é composto por duas peças que permitem sua funcionalidade (Figura 60). Ambas as peças necessitam de um parafuso, uma arruela e uma porca. Desta forma a peça 1 que tem a função de fixação no quadro da bicicleta e o suporte necessário para a peça 2 que permite o ajuste de distância até a corrente, utilizam um parafuso Allen cabeça cilíndrica M 2,5 x 16 em aço, diâmetro M2,5 (2,5 mm), comprimento: 16 mm, rosca/passos: MA-0,45, chave: 2 mm, altura cabeça: 2,50 mm, diâmetro cabeça: 4,50 mm, dimensões: DIN 912. A escolha do parafuso allen se dá pelo uso comum nas peças da bicicleta, já a arruela e a porca pode ser aleatória, mas devem obedecer ao diâmetro 2,5 mm, o material aço-liga, pode ser escolhido na aquisição dos mesmos.

Figura 59 - Peças do guia de corrente.



Fonte: Autor (2021).

4.4.2 Medições

As peças que compõe o guia de corrente proposto neste trabalho, segue padrões dimensionais específicos para encaixe no quadro da bicicleta e na coroa/corrente conforme desenhos mostrados no projeto conceitual. As medidas foram definidas através de medições com um paquímetro digital e um transferidor do tipo meia lua (Figura 61).

Figura 60 - Aparelhos de medição utilizados.



Fonte: Autor (2021).

As bicicletas disponíveis foram duas *mountain bikes com quadros hard tails*, sendo uma com 10 velocidades e outra com 12 velocidades, com coroa *narrow wide*, ambas utilizadas no *cross country*. Num primeiro momento houve a medição (Figura 62) da distância entre a extremidade do *seat tube* e a corrente na coroa, e a medida do diâmetro do *seat tube*, já que as medidas 27.2 mm e 31.6mm conhecidas no mercado, são do diâmetro interno para acoplar o canote. Já a parte externa tem alterações de acordo com o material do quadro, ligas de alumínio, aço, titânio ou fibra de carbono, sendo assim podem apresentar diferentes diâmetros no *seat tube* de uma bicicleta para outra.

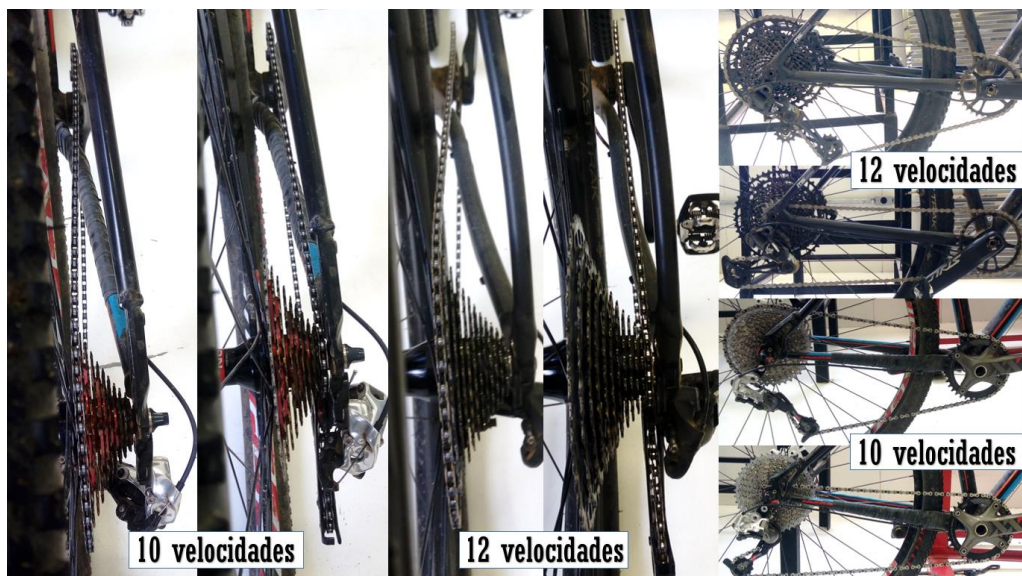
Figura 61 - *Mountain bike* de 12 velocidades.



Fonte: Autor (2021).

Ao finalizar as primeiras medições, foi possível ter uma ideia abstrata do guia de corrente acoplado o quadro, tendo em vista os desenhos feitos anteriormente. No entanto observou-se a necessidade de uma medição específica na região superior a coroa, em que a corrente sofre um leve desalinhamento ao utilizar a velocidade em cada uma das duas extremidades do cassete, ou seja, quando a marcha está mais leve e quando a marcha está mais pesada (Figura 63).

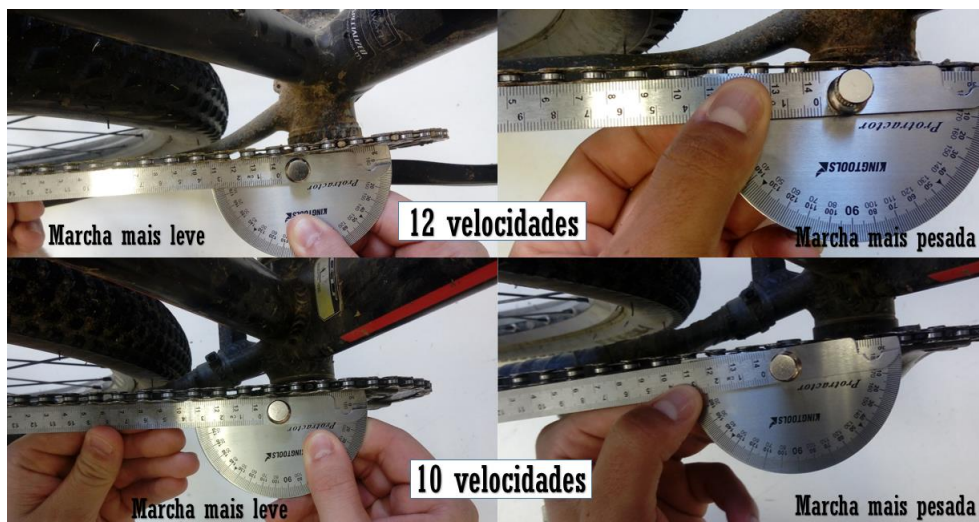
Figura 62 - Desalinhamento da corrente.



Fonte: Autor (2021).

As medições foram feitas com um transferidor do tipo meia lua que foi posicionado paralelo a parte frontal da corrente do lado de fora para quando a corrente está na marcha mais leve no cassete e em cima do centro, na parte superior da corrente quando as velocidades estavam na extremidade da marcha mais pesada no cassete. Porém não foi possível determinar uma precisão ao realizar a leitura na marcha mais pesada, já que esta deveria ser feita do lado contrário da corrente onde se encontra o quadro (Figura 64).

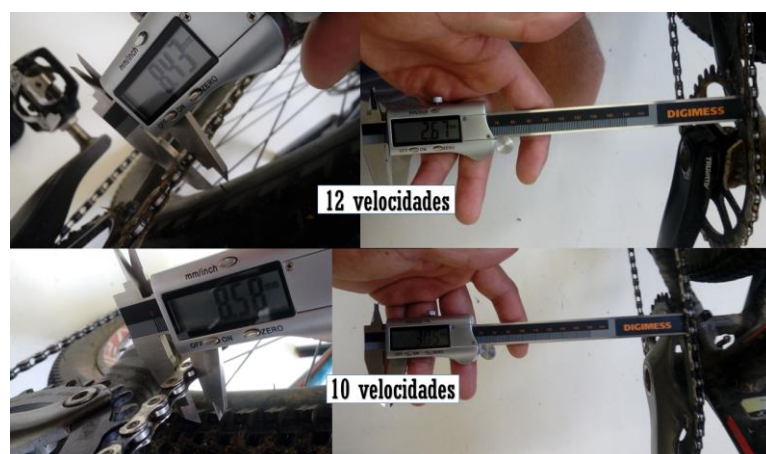
Figura 63 - Medidas do desalinhamento nas correntes.



Fonte: Autor (2021).

Após a observação e medição da torção na corrente, foi realizado as medições de altura de ambas correntes pela vista frontal, e das espessuras através da vista superior (Figura 65).

Figura 64 - Altura e espessura das correntes.



Fonte: Autor (2021).

As dimensões encontradas são apresentadas na Figura 66.

Figura 65 – Medições.

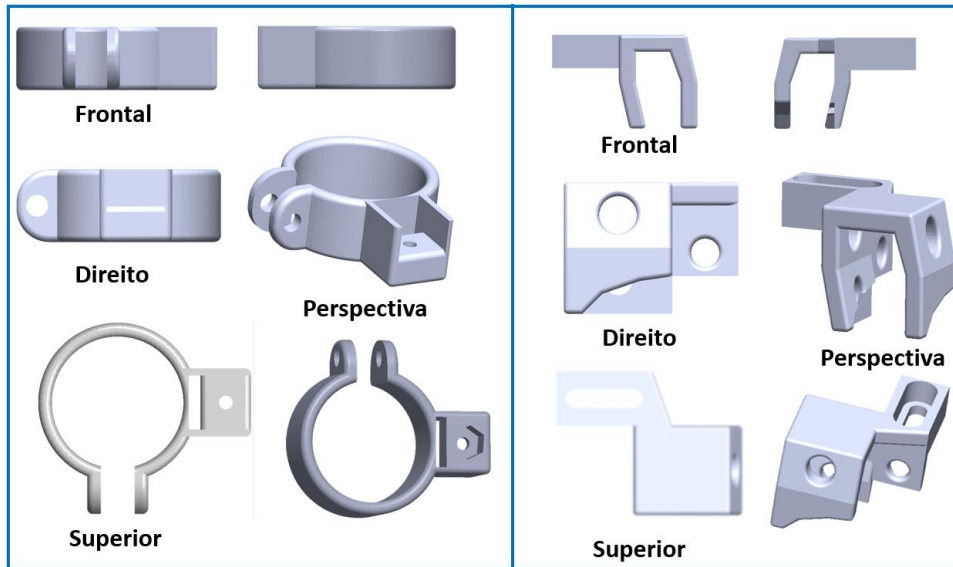
Medidas realizadas	Valor
Diâmetro <i>seat tube</i> (canote) 27,2 mm	30,72 mm
Diâmetro <i>seat tube</i> (canote) 31,6 mm	34,55 mm
Distância entre extremidade do <i>seat tube</i> e corrente na coroa (12 velocidades)	35,20 mm
Distância entre extremidade do <i>seat tube</i> e corrente na coroa (10 velocidades)	29,45 mm
Distância devido ao ângulo quando a corrente sofre desalinhamento (marcha mais leve, 12 velocidades)	3,20 mm
Distância devido ao ângulo quando a corrente sofre desalinhamento (marcha mais leve, 10 velocidades)	3,20 mm
Distância aproximada devido ao ângulo quando a corrente sofre desalinhamento (marcha mais pesada, 12 velocidades)	2,20 mm
Distância aproximada devido ao ângulo quando a corrente sofre desalinhamento (marcha mais pesada, 10 velocidades)	2,20 mm
Altura da corrente (12 velocidades)	8,43 mm
Altura da corrente (10 velocidades)	8,58 mm
Espessura da corrente (12 velocidades)	2,67 mm
Espessura da corrente (10 velocidades)	3,05 mm

Fonte: Autor (2021).

4.4.3 Leiaute do produto, protótipo e propriedades

A definição da concepção do produto proporcionou todas as características de definição para o leiaute do produto no Solidworks. As informações técnicas adquiridas no decorrer do trabalho foram de suma importância para a concepção do produto. Nas peças foram realizados furos e cortes para ficar mais leve e não acumular sujeiras, permitindo a regulagem caso a coroa esteja mais distante do *seat tube*. O design se assemelha a um câmbio dianteiro facilitando o encaixe no quadro e sobre a corrente, com uma abertura na parte posterior da peça de fixação no quadro, apresenta em seu design um corte com formato sextavado para inserção de uma porca (Figura 67).

Figura 66 - Vistas do guia de corrente.



Fonte: Autor (2021).

4.4.4 Material com características dos requisitos do guia de corrente

Após definir o *design* do produto de forma virtual, a comparação para uma boa escolha do material é de suma importância para o processo de fabricação manufatura. Basicamente esta escolha envolve três variáveis que são: desempenho mecânico, qualidade visual e perfil de impressão. Após a execução dos desenhos no Solidworks, foi possível realizar a construção do protótipo em impressão 3D com o material PETG, apresentado na Figura 68.

Figura 67 - Guia de corrente impresso.



Fonte: Autor (2021).

Ao montar a peça com parafusos comuns, foi testado o encaixe no *seat tube* da *mountain bike* de 10 velocidades (Figura 69). Este tipo de encaixe no quadro foi escolhido pela praticidade e demonstração da resistência do material. Mesmo encaixando como esperado, pode-se perceber que algumas alterações com relação a geometria do quadro, diferença de ângulo que pode ser corrigido para que o guia apresente características satisfatórias na reformulação do *design*.

Figura 68 - Encaixe do protótipo na bicicleta.



Fonte: Autor (2021).

O método de fixação minimalista permitiu um encaixe e ajuste simples tanto na vertical quanto entorno do *seat tube*. O material PETG impresso com 75% de preenchimento camada por camada, suportou a tensão submetida ao atravessar o tubo.

Com base nos requisitos do cliente e do projeto, o desempenho mecânico se torna a característica mais importante das três variáveis para determinar o material de impressão. Levando em consideração o desempenho mecânico, o náilon se destaca por sua dureza e flexibilidade, deve ser utilizado em uma impressora que atenda aos requisitos do *hardware* como, extrusora de 225 – 265 °C, temperatura de gabinete de 70 – 90 °C. Analisando as propriedades do nylon e comparando com os materiais mais comuns (Figura 70), é notável as características que potencializam seu uso.

Figura 69 - Polímeros comuns em comparação com nylon.

Propriedades dos materiais - 3D LAB				
Propriedades	PLA	ABS Premium	PETG	Nylon
Densidade	1,24 [g/cm ³]	1,04 [g/cm ³]	1,27 [g/cm ³]	1,02 [g/cm ³]
Temp. Fusão	165-180 [°C]	-	-	178 [°C]
Temp. do extrusor	185-220 [°C]	210-240 [°C]	235-270 [°C]	235-260 [°C]
Resistência térmica VICAT	55 [°C]	99 [°C]	80 [°C]	138 [°C]
Tensão de Escoamento	66 [Mpa]	38 [Mpa]	50 [Mpa]	45 [Mpa]
Tensão de Ruptura	-	-	28 [Mpa]	67,5 [Mpa]
Resistência à Flexão	130 [Mpa]	68 [Mpa]	72 [Mpa]	-
Módulo de Elasticidade	4350 [Mpa]	2350 [Mpa]	2100[Mpa]	1400 [Mpa]
Impacto Izod	40 J/m ²	294 J/m ²	101 J/m ²	7000 J/m ²

Fonte: 3D Lab (2021).

Através do *software* Solidworks foi possível conseguir os dados referentes ao náilon suas principais propriedades podem ser vistas na Figura 71. O material mais adequado para os testes com guia de corrente finalizado e pronto para comercialização seria o náilon. Ao observar as propriedades com relação aos outros materiais, em específico o PETG o qual foi utilizado, nota-se a tensão de ruptura mais elevada, assim como o tipo de impacto Izod que equivale a um impacto instantâneo de um martelo.

Figura 70 - Propriedades do náilon 6/10.

Propriedade	Valor	Unidades
Resistência a tração	142559000	N/m ²
Resistência a compressão		
Coeficiente de expansão térmica	0,53	W/(m*K)
Módulo de cisalhamento	3200000000	N/m ²
Módulo elástico	8300000000	
Coeficiente de Poisson	0,28	Não se aplica
Calor específico	1500	J/ (k.g.K)
Coeficiente de amortecimento		Não se aplica
Limite de escoamento	139043000	N/m ²
Massa específica	1400	Kg/m ³
Condutividade térmica	0,53	W/(m*K)

Fonte: Autor (2021).

5 CONCLUSÃO

Na medida que o desenvolvimento do projeto foi sendo executado, as necessidades de alterações foram se tornando visíveis assim como a busca por soluções. Desta forma foi desenvolvido um protótipo com especificações técnicas pertinentes as fases de engenharia do produto. O desenvolvimento do trabalho a partir do planejamento do projeto possibilitou a concretização de cada fase finalizando com o protótipo manufaturado, demonstrando atender a maioria dos critérios na hierarquização dos requisitos do projeto e dos clientes.

Iniciando com o projeto informacional, a definição dos requisitos do projeto oriundos dos clientes, foi importante para iniciar o projeto conceitual para visualização tridimensional do produto demonstrando assim a concepção do produto. A seguir no projeto detalhado, através do processo de fabricação manufatura aditiva o guia de corrente pode ser acoplado em uma *mountain bike* de 10 velocidades. Apesar de não apresentar o design final satisfatório por detalhes de medição, notou-se que o guia de corrente satisfaz os objetivos específicos de permitir a troca de marchas, ser leve e ser resistente levando em consideração o método de inserir no quadro.

A necessidade de gerar um novo protótipo, deixando o guia paralelo a corrente na coroa sem sobrar espaços, pode gerar o produto final a ser comercializado. Através da concepção do guia de corrente impressa em 3D com o material PETG, o *design* deve sofrer alterações para acoplar mais rente a corrente. A partir da concretização das atividades definidas no planejamento do projeto, foi possível responder o questionamento inicial se era possível fabricar o guia de corrente, desta forma conclui-se que sim.

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O desenvolvimento do projeto do produto guia de corrente para *mountain bikes*, apresentado neste trabalho, demonstrou atributos para manter a corrente na coroa em terrenos acidentados. Para impressão do protótipo com o material escolhido, as peças feitas devem ser feitas sob encomenda pela internet, porém o tempo hábil de impressão com o material escolhido e envio dificultou a impressão do guia de corrente com náilon. Devido a disponibilidade e facilidade de logística, o material o qual foi impresso o protótipo foi o PETG com o custo de 40 reais, assim foi possível ter as primeiras impressões quanto ao seu funcionamento.

Para que este produto, a escolha seria o náilon como material, porém teria que demandar mais tempo por causa da questão logística de um cliente intermediário que tenha o filamento e a impressora adequada para imprimir este material. Para que a peça esteja disponível para impressão em náilon e possa ser comercializada, é necessário ajuste no design para reforçar algumas áreas e rever o ângulo de encaixe no *seat tube*, para que não apresente tanta diferença quando acoplado sobre a corrente. Desta forma o protótipo atende algumas expectativas de impedir a queda de corrente, uma vez que bloqueia a queda da mesma entre o quadro e a coroa.

As expectativas com relação aos testes do produto não foram realizadas devido a pandemia que reduziu o tempo hábil para a realização de uma nova impressão em 3D com as devidas correções que foram verificadas no primeiro protótipo. Outra questão foram aspectos técnicos como limitação do computador ao rodar o *software*, impedindo a realização de uma simulação, para que fosse possível verificar as possíveis falhas com relação ao *design*. Também a disponibilidade do material adequado para impressão. Em suma, o projeto gerou conhecimento e possibilita a sua continuidade através da construção de um novo protótipo com as alterações necessárias já verificadas, no material correto para a avaliação em uso.

O trabalho desenvolvido permitiu atender o objetivo proposto por fornecer um protótipo de um guia de corrente fabricado por manufatura aditiva. Sugere-se que o projeto pode ser revisto e aprimorado, confirmando que a manufatura aditiva é uma forma moderna de fabricação e possibilita praticidade para resolução de alguns problemas e conseqüentemente redução de custos de fabricação para acessórios de bicicletas. Porém a melhor forma de testar o produto, será através da utilização em competições de *cross-country*, o que possibilitará os ajustes necessários de *design* ou de matéria prima para fabricação em série.

REFERÊNCIAS

3D LAB. **Conheça as propriedades técnicas dos materiais para impressora 3D.** Disponível em: <<https://3dlab.com.br/propriedades-dos-materiais-para-impressora-3d/>>. Acesso em 12 fevereiro de 2021.

3D LAB. **Peças impressas são fracas? Veja como deixá-las mais resistentes!** Disponível em: <<https://3dlab.com.br/deixar-pecas-impressas-resistentes/>> acesso em 12 de fevereiro de 2021.

3D MATTER. **FDM 3D printing materials compared.** Disponível em: <<https://www.3dhubs.com/knowledge-base/fdm-3d-printing-materials-compared/>> acesso em 17 de março de 2021.

3NEURON.COM. **Ferramentas de gestão: diagrama de MUDGE.** Disponível em: <<https://www.3neuron.com/ferramentas-de-gestao-diagrama-de-mudge/>> acesso em 10 de abril de 2021.

AFINKOPOLÍMEROS. **Resistência Mecânica em Objetos Impressos em 3D.** Disponível em: <<https://afinkopolimeros.com.br/resistencia-mecanica-objetos-impressos-em-3d/>> acesso em 03 de abril de 2020.

AMAZON. **Fouriers CT-CS001 – 500 BB Mount Chain Guide MTB XC Keeper for Single Ring 1x System 30T 38T ISCG05 Carbon with Nylon Lightweight Bike Stable chainguide.** Disponível em: <<https://www.amazon.com/Fouriers-CT-CS001-500-Keeper-Lightweight-chainguide/dp/B07NKSLB9P>> acesso em 23 de abril de 2021.

ARTBOX3D. **Guia de corrente e-type low direct mount 34T.** Disponível em: <<https://www.artbox3d.com.br/produto/guia-de-corrente-e-type-low-direct-mount-34t.html>> acesso em 2 de abril de 2021.

ARTBOX3D. **Guia de corrente MTB ISCG05.** Disponível em: <<https://www.artbox3d.com.br/produto/guia-de-corrente-mtb-iscg05.html>> acesso em 2 de abril de 2021.

BACK, Nelson. **Projeto Integrado de Produtos: Planejamento, Concepção e Mo-delagem.** Barueri, SP: Manole, 2008.

BACON, Ellis; CAVENSISH, Mark: **Mapping le tour: updated history and route map of every Tour de France Race.** Serre Chevalier to Isola: Collins, 2014.

BERCHON, Mathilde; ROSNAY, Jöel de. : **L'impression 3D.** Paris: Groupe Eyrolles, 2014.

BIKE BARGAINS. **E thirteen TRS race dual ring MTB chain guide.** Disponível em: <<https://www.bikebargains.co.uk/e-thirteen-trs-race-dual-ring-mtb-chain-guide/>> acesso em 19 de março de 2021.

BIKE PLUS. **Guia de corrente Hupi ISCG 03 – preto.** Disponível em: <<https://www.bikeplus.com.br/produto/guia-de-corrente-hupi-iscg-03-preto-72713>> acesso em 15 de março de 2021.

BIKEGREMLIN. **Bicycle drive chain standart dimensions.** Disponível em: <<https://bike.bikegremlin.com/3555/bicycle-drive-chain-dimension-standards/#:~:text=For%20inner%20chain%20width%20there%20are%20the%20following,spreads%20have%20inner%20width%20of%2011%2F128%E2%80%B3%20%282.18%20mm%29>> acesso em 19 de março de 2021.

BLONDIN, Antonie. **Sur le Tour de France.** Paris: Éditions de La Table Ronde 7, 1996.

CAETANOZ. **Tour de France 2017 – A prova de ciclismo mais importante do calendário mundial. Bike Jardins,** 2017. Disponível em: <<https://www.biketechjardins.com.br/post/tour-de-france-2017>> acesso em 26 de novembro de 2019.

CALIXTO, Bruno. **Estudo estima quanto plástico já foi produzido no mundo: 8,3 bilhões de toneladas. Época,** 2017. Disponível em: <<https://epoca.globo.com/ciencia-e-meio-ambiente/blog-do-planeta/noticia/2017/07/estudo-estima-quanto-plastico-ja-foi-produzido-no-mundo-83-bilhoes-de-toneladas.html>> acesso em 04 de abril de 2020.

CAPIVARA, Edu: **Coroas narrow wide ovais. Pedaleria,** 2015. Disponível em: <<http://www.pedaleria.com.br/coroa-narrow-wide-oval/>> acesso em: 25 de setembro de 2019.

CICLISMO MOUNTAIN BIKE: Rede do esporte, 2016. Disponível em: <<http://www.rededoesporte.gov.br/megaeventos/olimpiadas/modalidades/ciclismo-mountain-bike>> acesso em: 8 de agosto de 2019.

CINTRA, Fernando. **O que é cyclocross.** Disponível em: <<https://www.aventrilha.com.br/o-que-e-cyclocross/>> acesso em 22 de fevereiro de 2021.

COLPANI, Janaína. **Uma história de sucesso – descubra como surgiu a impressora 3D. Printway,** 2019. Disponível em: <<http://printwayy.com/blog/uma-historia-de-sucesso-descubra-como-surgiu-a-impressora-3d/>> acesso em 27 de novembro de 2019.

Como escolher a roda de sua bicicleta. Amo bicicleta, 2019. Disponível em: <<https://www.amobicicleta.com.br/como-escolher-cuidar-roda-bicicleta/>> acesso em 27 de novembro de 2019.

COUTO, Vanessa Rodrigues: **Mountain bike. Info escola,** 2014. Disponível em: <<https://www.infoescola.com/esportes/mountain-bike/>>. Acesso em: 8 ago. 2019.

DCBIKES. **MTB single speed seat tube clamp assembly universal chain guide.** Disponível em: <<https://dcbikes.com.sg/products/mtb-single-speed-seat-tube-clamp-assembly-universal-chain-guide>> acesso em 12 de março de 2021.

DORR, Bryon. **The 14th edition of the greatest show on mountain bikes kicks off Friday. Red bull Rampage 2019 will be broadcast live on Red bull Tv. Don't miss a moment of the action! Gear junkie,** 2019. Disponível em: <<https://gearjunkie.com/how-to-watch-red-bull-rampage-2019-mountain-biking-live>> acesso em 27/11/2019.

DOWNS, Todd. **Bicycling illustrated bicycle Maintenance for road and mountain bikes.** Fifth ed., Somerville: Editions Rodale, 2005.

EICH, Russel. **OneUp ISCG05 chain guide review**. 2016. Disponível em: <<https://www.bikeradar.com/reviews/components/groupsets/chain-guide/oneup-iscg05-chain-guide-review/>> acesso em 23 de abril de 2021.

FILHO, Eduardo Romeiro. **Projeto de produto**. Apostila do curso. 8 ed. Belo Horizonte: LIDEP/DEP/EE/UFMG, 2006. 235 p.

FILHO, Eduardo Romeiro; FERREIRA, Cristiano Vasconcelos; MIGUEL, Paulo Augusto Cauchick; GOLVINHAS, Reidson Pereira; NAVEIRO, Ricardo Manfredi. **Projeto do produto**. Rio de Janeiro: Editora Elsevier, (2010).

FRANCE, Anna Kaziunas. **Pratique de l'impression 3D**. Paris Cedex: Édition Eyrolles, 2014.

HADLAND, Tony; LESSING, Hans-Erhard; CLAYTON, Nick; SANDERSON, Gary W: **Bicycle design: an illustrated history**. Massachusetts: Massachusetts Institute of Technology, 2014.

HANCKOCK, Jaime Rubio: **Há 200 anos foi criada a primeira bicicleta: estes foram os primeiros modelos. Brasil el país, 2017**. <https://brasil.elpais.com/brasil/2017/04/19/deportes/1492597692_626497.html>. Acesso em: 8 ago. 2019.

HANSFORD, Paul: **The Tour de France: the good and the just plain weird**. Melbourne: Hardie Grant London, 2013.

HAYTHORNTHWAITE, Ed. **Retro products: chain devices. Dirt mountain bike, 2012**. <<https://dirtmountainbike.com/bike-reviews/gear-news/retro-products-chain-devices.html>> acesso em 29 de agosto de 2020.

HERLIHY, Davis V.: **Bicycle the history**. Taunton, Mass: Quebcor World, 2004.

HOEFER, Carsten. **The hobby horse: 1817 – Karl Drais and his running machine. Crazy guy on bike, 2009**. Disponível em: <https://translate.google.com/translate?hl=ptBR&sl=en&u=https://www.crazyguyonabike.com/doc/page/%3Fpage_id%3D40616&prev=search> acesso em 15 de novembro de 2019.

ISCG.ORG. **Iscg 05 standard**. Disponível em: <https://www.iscg.org/iscg-05_standard.pdf> acesso em 25 de março de 2021.

JOYCE, Dan; REID, Carlton; VINCENT, Paul. **The complete book of cycling**. London: Chancellor Press, 2000.

KARASINSKI, Vinícius. **20 Perguntas e Respostas sobre impressoras 3D**. 2013. Disponível em: <<https://www.tecmundo.com.br/impressora-3d/39647-20-perguntas-e-respostas-sobre-impressoras-3d.htm>> acesso em 15 de novembro de 2019.

KUMAR, L. Jyothish; PANLEY, Pulak M.; WIMPENNY, David Ian. **3D printing and additive manufacturing technologies**. New Delhi India: Springer Nature Singapore Pte Ltd, 2019.

LEVY, Mike. **Pinkbike Poll: Is There a Chain Guide on Your Bike?** 2018. Disponível em: <<https://www.pinkbike.com/news/pinkbike-poll-is-there-a-chain-guide-on-your-bike.html>> acesso em 25 de março de 2021.

LIMA, Rinaldo José Barbosa. **Gestão de projetos**. São Paulo: Pearson Education do Brasil, 2010.

MANOBIKE. **If you hesitate which adapteur is on your bike we suggest to read following article**. Disponível em: <<https://www.manobike.com/en/aktualita/jak-poznat-rozdil-mezi-iscg-a-iscg05>> acesso em 25 de fevereiro de 2021.

MARCZYK, Geoffrey; DEMATTEO, David; FESTINGER, David. **Essentials of research desing and methodology**. New Jersey: by john Wiley & Sons, Inc, 2005.

MCDOWELL, Jason. **Trek Cyclocross World Cup brought the mudness to Waterloo. On Milwaukee**, 2019. Disponível em: <<https://onmilwaukee.com/sports/articles/cyclocross-world-cup-2019-waterloo.html>> acesso em 27 de novembro de 2019.

MCOY. **Uneup ISCG05 Chainguide. Mountain bike action, 2020**. Disponível em: <<https://mbaction.com/oneup-iscg05-chainguide/>> acesso em 30 de agosto de 2020.

MILEWSKI, John O.: **Additive Manufacturing of Metals: from fundamental technology to rocket nozzles, medical implants, and custom jewelry**. Santa Fe: Los Alamos National Laboratory, 2017.

MOURA, Marcos de; SOUZA. **Impressoras 3D: Manufatura aditiva ou digital. Fernando Nogueira Costa Blog**, 2017. Disponível em: <<https://fernandonogueiracosta.wordpress.com/2017/06/29/impressoras-3d-manufatura-aditiva-ou-digital/>> acesso em 27 de novembro de 2019.

MRP. **1X V3 CS**. Disponível em: <<https://mrpbike.com/products/1x-v3-cs>> acesso em 22 de março de 2021.

OLIVEIRA, Welliton. **O que é ciclo de vida do produto?** Disponível em: <<https://evolvemvp.com/o-que-e-ciclo-de-vida-do-produto/>> acesso em 10 de abril de 2021.

ONE. **Chain guide – Iscg05 – V2**. Disponível em: <<https://www.oneupcomponents.com/products/chain-guide-iscg05-v2>> acesso em 17 de março de 2021.

ONE. **Chain Guide – ISCG05**. Disponível em: <<https://www.oneupcomponents.com/products/top-guide>> acesso em 15 de março de 2021.

PIVA, André T. **Como funciona uma corrida de cross-country. Red bull**, 2016. Disponível em: <<https://www.redbull.com/br-pt/como-funciona-uma-corrada-de-cross-country>> acesso em 27 de novembro de 2019.

PIVA, André T. **Conheça os ajustes e pequenas mudanças dos pilotos prós que podem transformar sua bike num foguete. Red bull**, 2019. Disponível em: <<https://www.redbull.com/br-pt/12-ideias-para-personalizar-sua-bike-como-profissional>> acesso em 27 de novembro de 2019.

PRODANOV, Cleber Cristiano; FREITAS, Ernani Cesar de: **Metodologia do Trabalho Científico: Métodos e Técnicas da Pesquisa e do Trabalho Acadêmico**/ Cleber Cristiano Prodanov, Ernani Cesar de Freitas. 2º edição. Novo Hamburgo: Feevale, 2013.

Project Management Institute, Inc. **Um Guia do Conhecimento em Gerenciamento de Projetos (Guia PMBOK®)**. Quinta edição, 2013.

QUEM INVENTOU A BICICLETA: Super abril, 2011. Disponível em: <<https://super.abril.com.br/mundo-estranho/quem-inventou-a-bicicleta/>>. Acesso em: 8 ago. 2019.

QUENTIN, Jean Batiste. **Tour de France: les Champs-Élysées sous haute protection. Le parisien**, 2017. Disponível em: <<http://www.leparisien.fr/paris-75/paris-75005/tour-de-france-les-champs-elysees-sous-haute-protection-22-07-2017-7150446.php>> acesso em 27 de novembro de 2019.

R2BIKE.COM. **E thirteen chainguide e espec plus Bosh CX Gen4**. Disponível em: <<https://r2-bike.com/ETHIRTEEN-Chainguide-espec-Plus-Bosch-CX-Gen4>> acesso em 17 de março de 2021.

REDWOOD, Bem; SCHÖFFER, Filemon; GARRET, Brian. **The 3D printing handbook: technologies, desing and appliccations**. Amsterdam: 3D Hubs B.V, 2017.

RIBEIRO, Irapuã Santos. **Mtb 101 dicas e técnicas de mountain biking**. “Paginação irregular”, 2017.

ROZENFELD, Henrique; FORCELLINI, Fernando Antônio; AMARAL, Daniel Capaldo; TOLEDO, José Carlos et al. **Gestão de desenvolvimento de produtos: uma referência para melhoria do processo**. São Paulo: Editora Saraiva, 2006.

SANCHES, Renato: **Conhecendo as peças de uma bicicleta. Núcleo bike**, 2015. Disponível em: <<https://www.nucleobike.com.br/dicas/conhecendo-as-pecas-de-uma-bicicleta/>> acesso em 15 de novembro de 2019.

SARA. **Tipos de bicicletas y características. Hacia lo salvaje**, 2018. Disponível em: <<http://hacialosalvaje.com/articulos/tipos-de-bicicletas-y-caracteristicas>> acesso em 27 de novembro de 2019.

SCHEBEL, Perry. **Wolftoofh GnarWolf Chainguide Review. NSMB, 2017**. Disponível em: <<https://nsmb.com/articles/wolftooth-gnarwolf-chainguide-review/>> acesso em 29 de agosto de 2020.

Scott-Sram Writes Word Cup History. Scott Sram, 2019. Disponível em: <<https://scott-sram.com/scott-sram-writes-world-cup-history/>> acesso em 27 de novembro de 2019.

SHARK, Big. **An introduction to Cyclocross Racing. Big shark**, 2018. Disponível em: <<https://translate.google.com/translate?hl=pt>

BR&sl=en&u=https://www.bigshark.com/articles/an-introduction-to-cyclocross-racing-pg68.htm&prev=search> acesso em 26 de novembro de 2019.

SOARES, Geraldo André; GUTH, Daniel; AMARAL, João Paulo; MACIEL, Marcelo: **A bicicleta no Brasil**. Rio de Janeiro: Aliança bike, 2015.

STRATASYS. **Materiais para manufatura aditiva**. Disponível em: <<https://www.stratasys.com/br/materials/search/fdm-nailon-12>> acesso em 03 de maio de 2021.

THE HIVE, Jeremy. **ISCG explained**, 2012. Disponível em: <<https://service.bythehive.com/Guide/ISCG+explained/24>> acesso em 12 de abril de 2021.

TIM. **Shipping costs & terms of delivery. Bike components**, 2019. Disponível em: <<https://www.bike-components.de/en/KCNC/MTB-12-speed-Cassette-p69312/>> acesso em 27 de novembro de 2019.

Track cycling at the Olympics. UCI, 2019. Disponível em: <<https://www.uci.org/olympic-games/track-cycling>> acesso em 27 de novembro de 2019.

TRITON CYCLES. **MRP 1x V3 upper chain device**. Disponível em: <<https://www.tritoncycles.co.uk/components-c9/chain-devices-tensioners-c62/mrp-1x-v3-upper-chain-device-p17478>> acesso em 19 de março de 2021.

TRYTON CYCLES. **MRP 1x series chain guide – MTB seat tube mount**. Disponível em: <<https://www.tritoncycles.co.uk/components-c9/chain-devices-tensioners-c62/mrp-1x-series-chain-guide-mtb-seat-tube-mount-p828>> acesso em 19 de março 2021.

VAQUERIZO, Teresa. **Así se convirtió la bici em um símbolo de libertad para la mujer**. **Smoda**, 2017. Disponível em: <<https://smoda.elpais.com/moda/asi-se-convirtio-la-bici-simbolo-libertad-la-mujer/>> acesso em 15 de novembro de 2019.

VARGAS, Ricardo. **Gerenciamento de projetos; estabelecendo diferenciais competitivos**, 7.ed., Brasport Livros e Multimídia Ltda., Rio de Janeiro, 2009.

VIEIRA, Darli Rodrigues; BOURAS, Abdelaziz; DEBAECKER, Denis. **Gestão de projeto do produto**. Rio de Janeiro: Editora Elsevier, (2013).

WALMART. **Willstar 1PCS chain guide moutain bike chain guide bike mtb chain guide bash guard bicycle chain protector**. Disponível em: <<https://www.walmart.com/ip/Willstar-1PCS-Chain-Guide-Mountain-Bike-Chain-Guide-Bike-mtb-Chain-Guide-Bash-Guard-Bicycle-Chain-Protector/668208529>> acesso em 17 de março de 2021.

WESTIN, Sam. **ABS or PETG 3D printing filament: which filament is best?** Disponível em: <<https://total3dprinting.org/abs-vs-petg-3d/#:~:text=%20The%20main%20differences%20between%20ABS%20vs%20PETG,a%20thermoplastic%20polymer%20typically%20used%20in...%20More>> acesso em 19 de março de 2021.

WHITT, Frank Rowland; WILSON, David Gordon: **Bicycling science**. Cambridge, Massachusetts London, England: Massachusetts Institute of Technology, 1995.

WILSON, David Gordon; PAPADOPOULOS, Jim. **Bicycle science**. Third ed. Cambridge, Massachusetts: Massachusetts Institute of Technology, 2004.

WIMPENNY, Davis Ian; PANLEY, Pulak M.; KUMAR, L. Jyothish. **Advances in 3D printing & additive manufacturing technologies**. New Delhi, Delhi India: Springer Science + Business Media Singapore, 2017.