

1. Introdução

Este relatório tem como objetivo arquivar tudo o que foi feito, até o presente momento (09/04/20) em relação ao projeto de disco de freio para o novo protótipo que será usado na temporada de 2021 e 2022.

Vale ressaltar que esse projeto surgiu devido à falta de confiabilidade do disco passado, uma vez que na temporada de 2019 tivemos problemas em relação à fixação do disco. Acreditamos que 4 flutuações não sejam suficientes para o nosso sistema, ocasionando a queda do rotor durante a frenagem. Isso e feedback do Professor Castro Pinto acerca do sistema de freios, nos motivaram a repensar sobre o disco de freio e buscarmos solucionar os problemas enfrentados.

A seguir serão descritas alguns pontos chaves enfrentados.

2. Etapa de estudo:

Durante a fase inicial do projeto, muito tempo foi gasto na busca e leitura de referências bibliográficas para se embasar o projeto.

Primeiramente, foram lidos os relatórios da equipe dos anos de 2018 e 2017, contendo informações sobre os projetos passados de disco de freio. Esses documentos são essenciais, pois contem armazenado o conhecimento que a equipe possui sobre disco de freio.

Em seguida, foi feita uma pesquisa sobre materiais que poderiam nortear o projeto. Além do drive da equipe, foram consultadas outras equipes. Os materiais se encontram no drive de 2020 em: Dinâmica Veicular > Freios > Material de Consulta > Disco de Freio.

Acredito que os materiais encontrados não me ajudaram muito, pois apresentavam características genéricas de disco de freio e outros componentes, e poucas dicas de projeto em si. O capítulo 3 do Limpert apresentou-se o mais específico, porém com equações muito complexas para a análise térmica do disco. Tive dificuldade em compreendê-las, porém caso o leitor se interesse, deve se sentir a vontade para consultá-lo. Esse capítulo pode ser útil quando forem estudadas as condições de contorno para a simulação térmica.

3. Uso de flange:

Ao ler os relatórios dos anos de 2017 e 2018, foi possível perceber que em algum momento foi cogitado a utilização de uma flange, semelhante ao projeto de discos de freio de motos comerciais. Contudo, tais relatórios apenas citam em alguns momentos o uso de tal peça, porém não explicitam o motivo dela nunca ter sido implementada na equipe.

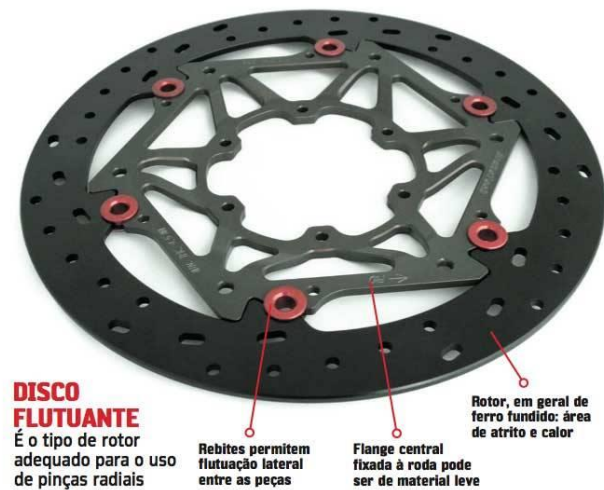


Figura 01: Disco flutuante usado em motocicletas

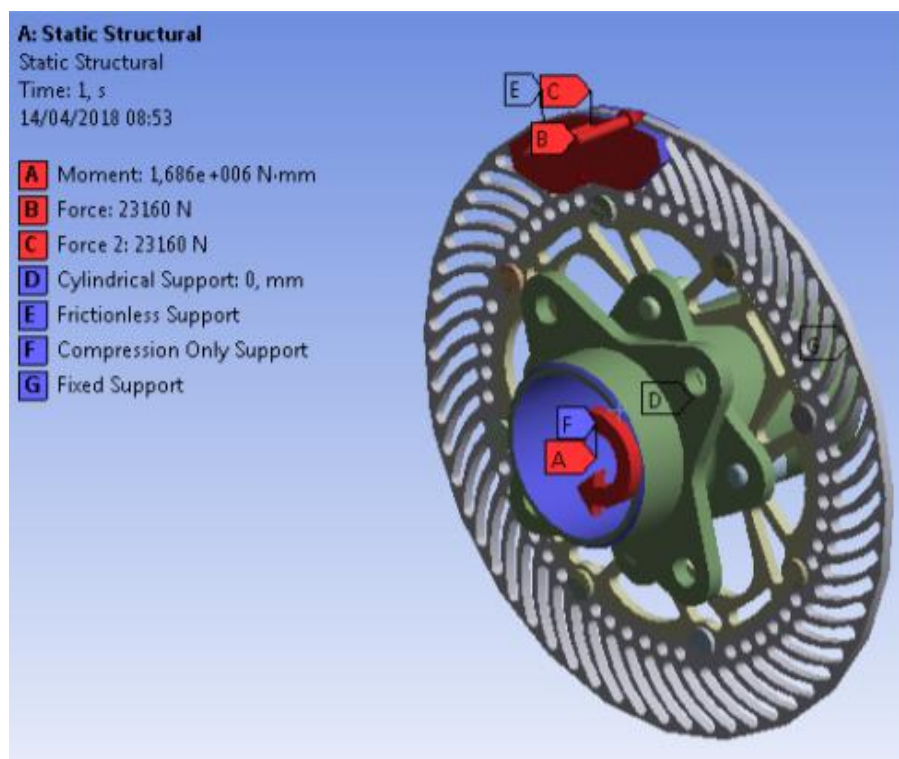


Figura 02: Disco com flange projetado pela equipe em anos anteriores.

A flange em nosso protótipo, assim como em motocicletas, seria fixa ao cubo de roda, deixando a flutuação para a conexão entre ela e o rotor (parte que entra em contato com a pastilha). A dúvida seria justamente em relação às flutuações. Os discos comerciais utilizam anéis de flutuação que impossibilitam desmontar o rotor da flange, o que no nosso caso seria útil, pois facilitaria a montagem do disco, uma vez que só se necessitariam apertar parafusos. O complicador seria a fabricação de tais anéis de flutuação. Pensamos em usinar tais peças e para montar a flange e o rotor utilizaríamos uma prensa hidráulica. Futuramente iremos fazer um benchmark com outras equipes, para podermos ter conhecimento sobre o procedimento de fabricação de suas flutuações.

Entrei em contato com ex-membros e fui informado que a ideia da utilização de flange teria sido dada pelo Professor Castro Pinto. Porém foi abandonada devido sua suposta maior complexidade, ao aumentar o número de fixações, o que aumentaria o desalinhamento do sistema, segundo o ex-membro João Rafael Lima Amaral (Baiano), que ainda acredita que a flange não solucionaria os problemas de empenamento.

Em uma reunião com a gerência da temporada de 2020, definimos alguns pontos do projeto. Primeiramente, definimos que o disco permaneceria flutuante, uma vez que quando utilizávamos discos fixos o problema de empenamento ser muito maior; logo utilizar um disco fixo poderia agravar problemas que já tínhamos mitigado. Outro ponto seria que, atendendo o conselho do Castro Pinto, buscaríamos posicionar as flutuações a uma distância maior em relação ao cubo do disco, com o intuito de diminuir o empeno. Isso possibilita que possamos postergar a definição sobre o uso ou não da flange, pois uma vez definida o posicionamento das flutuações, podemos definir se elas estariam em contato com a flange ou diretamente ao cubo, nos dando mais tempo para pensar a cerca das flutuações.

4. Pontos de fixação:

Como uma das desconfiças em relação ao projeto de 2018 foi o baixo número de pontos de flutuação (4), optamos por aumentar o número dos mesmos. Em um cenário sem o uso de flange, utilizaríamos 6 pontos. Já com a flange, ela seria fixa por 4 parafusos, devido a geometria do cubo de roda, e com 6 ou 8 pontos de flutuação; esse último visa a simetria do disco.

5. Geometria primária:

Sendo assim, foram feitas geometrias iniciais para os discos dianteiro e traseiro, ambas com o conceito de afastar as flutuações do centro do cubo de roda. Contudo, devido às limitações impostas pelo cubo de roda traseiro, decidimos por optar em não dar sequencia no projeto de disco traseiro. Como o espaço na traseira é bastante limitado, não seria possível posicionar as flutuações como queríamos; logo optamos por deixar o disco atual, uma vez que o mesmo não apresentou problemas durante a temporada de 2019.

A geometria primária do disco será descrita a seguir:

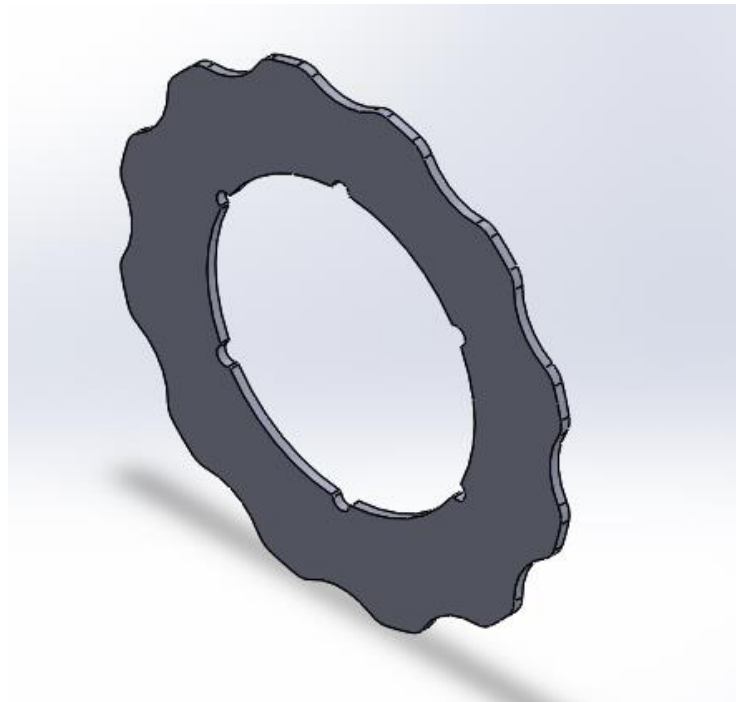


Figura 03: CAD primário do Disco

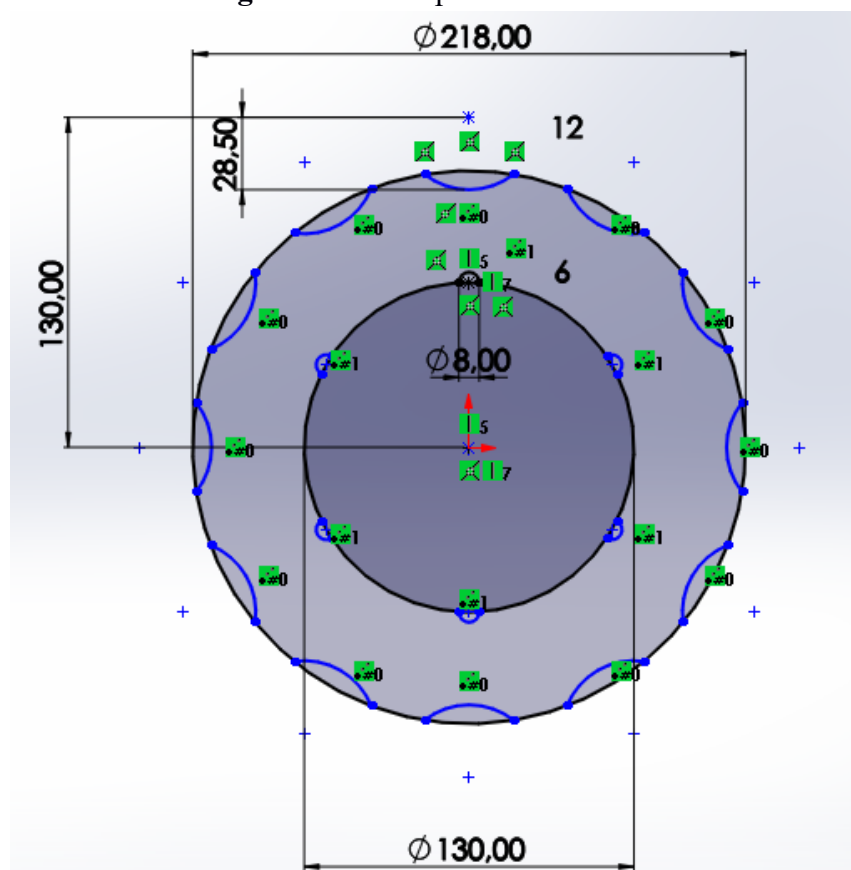


Figura 04: Esboço utilizando o recurso padrão circular de 6 e 12

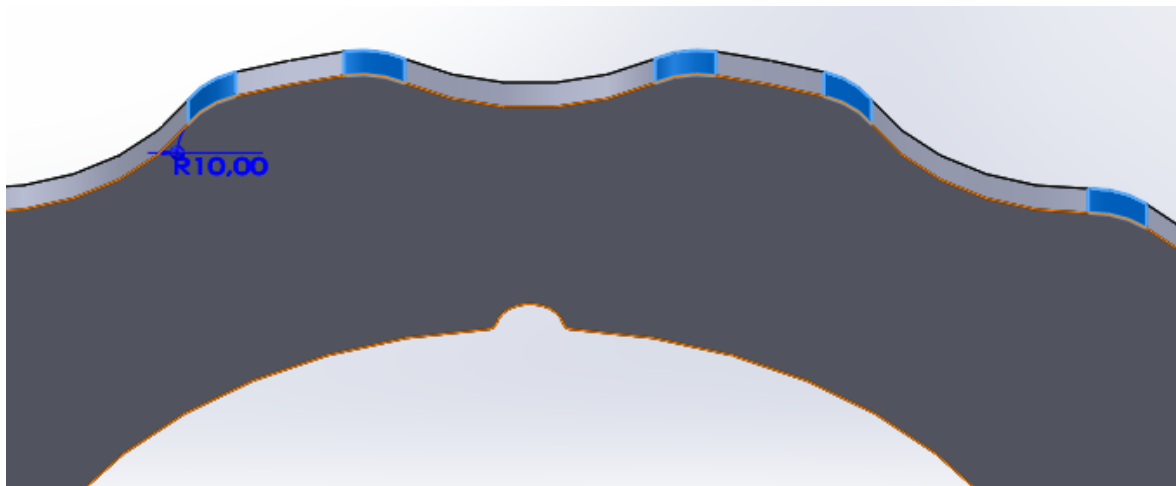


Figura 05: Filete de R10,00mm nas ondulações externas

Essas ondulações tem como objetivo criar um escoamento turbulento de ar, propiciando uma maior troca de calor nas extremidades do disco.

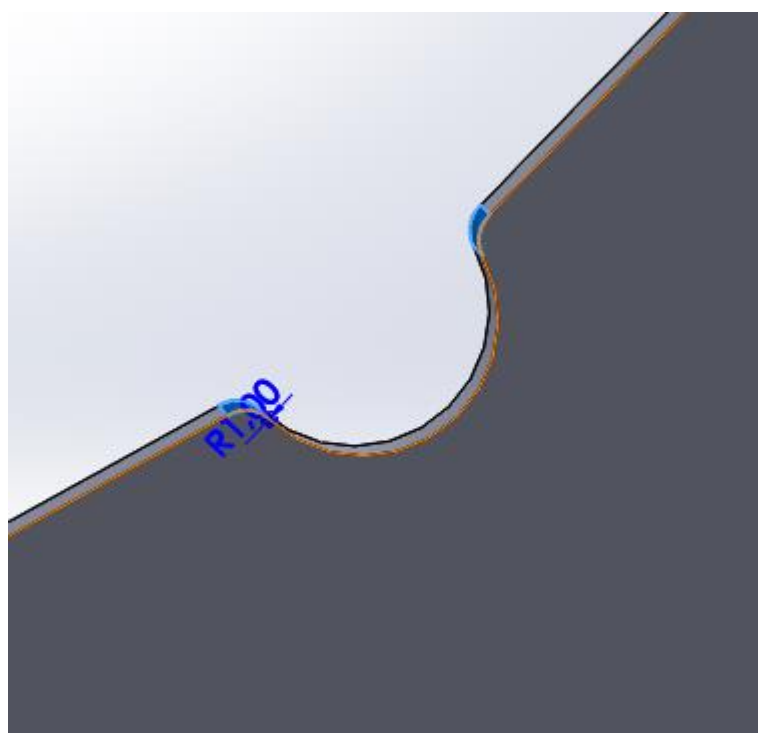


Figura 06: Filete de R1,00mm nos locais das flutuações.

6. Coeficiente de segurança:

Não consegui encontrar nenhum material específico na internet sobre coeficiente de segurança em discos de freio. Encontrei, contudo, duas tabelas, expostas a seguir.

Fatores utilizados para determinar um coeficiente de segurança para materiais dúcteis		
Informações	Qualidade as informações	Fator
Dados disponíveis a partir de testes	Material utilizado foi testado	1,3
	Dados representativos de testes do material estão disponíveis	2,0
	Dados razoavelmente representativos de testes disponíveis	3,0
	Dados insuficientes representativos de testes estão disponíveis	5,0 +
Condições Ambientais Conhecidas	São idênticas as condições dos testes realizados	1,3
	Igual a de ambiente de laboratório	2,0
	Ambiente moderadamente desafiador	3,0
	Ambiente extremamente desafiador	5,0 +
Modelos Analíticos para forças e tensões	Modelos foram testados em experimentos	1,3
	Modelos testados apresentam precisamente o Sistema	2,0
	Modelos aproximados	3,0
	Modelos são aproximações grosseiras	5,0+

Fonte Projeto de Máquinas – Robert L. Norton

Figura 07: Tabela 01

Coefficiente	Carregamento	Tensão no material	Propriedades do material	Ambiente
1,2 - 1,5	Exatamente conhecido	Exatamente conhecida	Exatamente conhecidas	Totalmente sob controle
1,5 - 2,0	Bem conhecido	Bem conhecida	Exatamente conhecidas	Estável
2,0 - 2,5	Bem conhecido	Bem conhecida	Razoavelmente conhecidas	Normal
2,5 - 3,0	Razoavelmente conhecido	Razoavelmente conhecida	Ensaaiadas aleatoriamente	Normal
3,0 - 4,0	Razoavelmente conhecido	Razoavelmente conhecida	Não ensaiadas	Normal
4,0 - 5,0	Pouco conhecido	Pouco conhecida	Não ensaiadas	Variável

Figura 08: Tabela 02

Além disso, o único relatório que apresenta coeficiente de segurança de discos antigos é o de 2018. Ele considera como caso crítico uma força de 1080N aplicada pelo piloto, 70% distribuição de freios para dianteira, coeficiente de atrito da pastilha como 0.4, e desaceleração de 1.3 g, levando a um torque interno de 796N. O coeficiente de segurança foi de 1.6, levando em consideração o limite de escoamento do material do disco como 944 (70% do limite de resistencia a tração, calculado através da dureza adquirida experimentalmente em um laboratório da UFRJ).

Tendo em vista as tabelas acima e o fato de confiabilidade ser um dos objetivos para o nosso sistema, acredito que um coeficiente de segurança próximo de 2 seria o ideal, levando como caso crítico a aplicação de 2000N no pedal de freio. Caso fique irreal, ou seja, mesmo utilizando a geometria mais robusta possível o coeficiente 2 não consiga ser alcançado, poderemos considerar utilizar como caso crítico a força máxima aplicada pelo piloto, que será validada pela equipe.

7. Conclusão:

Esses foram os pontos a cerca do projeto de disco debatidos até o momento. Nossos próximos passos: tentar definir como serão feitas as flutuações, tendo pelo menos uma alternativa ao método utilizado atualmente, tentar definir um material para o disco e nos capacitarmos no software ANSYS.

Vale ressaltar que estamos passando por um momento muito difícil, devido ao COVID-19, o que pode nos atrapalhar e atrasar um pouco o projeto como um todo.

.

09 de abril de 2020

MATHEUS DIAS DA ROCHA
VETERANO DE FREIOS
M-DIASDAROCHA@POLI.UFRJ.BR