



Análise biomecânica para Equus asinus

Francisco Braga de Albuquerque

Relatório Final da Dissertação apresentado à
Escola Superior de Tecnologia e Gestão
Instituto Politécnico de Bragança

Para obtenção do grau de Mestre em
Engenharia Industrial
Ramo de Engenharia Mecânica

Dezembro 2019



Análise biomecânica para Equus asinus

Francisco Braga de Albuquerque

Relatório Final da Dissertação apresentado à
Escola Superior de Tecnologia e Gestão
Instituto Politécnico de Bragança

Para obtenção do grau de Mestre em
Engenharia Industrial
Ramo de Engenharia Mecânica

Orientador do IPB:

Orientador: Prof. Dr. Luís Queijo

Co-Orientador do CEFET/RJ:

Prof. Dr. Leydervan de Souza Xavier

Dezembro 2019

Citação

If I have seen further, it is by standing on the shoulders of Giants

Dedicatória

Dedico esse trabalho a meus pais,
que me proporcionaram a oportunidade
de chegar até aqui.

Agradecimentos

Primeiramente, por abrir as portas do mundo acadêmico, agradeço ao CEFET/RJ, personificado na pessoa do co-orientador desta tese de mestrado, professor Leydervan de Souza Xavier.

Agradeço também ao IPB por todo apoio e pela oportunidade a mim concedidos no decorrer do desenvolvimento da tese, ressaltando, em especial, os conselhos de meu orientador em terras lusitanas, professor Luís Queijo. Estendo meus agradecimentos ao departamento de eletrotécnica, sobretudo ao professor João Paulo Coelho, e à Luísa Barreira, responsável pelo laboratório de Estrutura e Resistência dos Materiais.

Agradeço triplamente ao professor João Rodrigues, tanto pelo apoio no IPB, quanto pela disponibilidade para a realização, com o suporte da APTRAN, dos ensaios requeridos pela tese, além de todos os ensinamentos e a oportunidade juntamente à “The Donkey Sanctuary”. Ressalto também a importância, no trabalho de campo, dos colegas da ONG: Fiona Cooke, Andrew Judge e Chris Garrett.

No Laboratório de Tecnologia Mecânica, ressalto as incontáveis horas de trabalho, agradecendo em especial a paciência, prestatividade e orientação dos colegas Jorge Paulo e Abilho Marcelo.

Aos colegas de intercâmbio, agradeço por todo o apoio e pelas fervorosas discussões sobre engenharia, em especial com os amigos Higor Vendramini da UTFPR, Matheus Oliveira e ao irmão carateca Leonam Akira, ambos do CEFET/RJ.

Agradeço, finalmente, a minha família: a minha amada esposa, Raquel, pelas longas conversas e orientações sobre os desafios de concluir um mestrado; a minha irmã, por me motivar a servir de exemplo; e a meus pais, por serem meu combustível no exterior e por me orientarem na caminhada da vida, servindo de modelo diário de superação e de luta.

Resumo

Os burros (*Equus asinus*) foram domesticados, no norte da África, entre de 5.000 a 7.000 anos atrás, sendo usados sobretudo na agricultura e transportes de bens e pessoas [1]. No pós segunda guerra mundial, com a expansão da mecanização no campo, a tração animal perdeu espaço [2], e a raça estudada, Asinina de Miranda, ficou próxima da extinção [3]. Já no final do século XX, houve um retorno à utilização da tração animal em trabalhos rurais, devido à fácil locomoção em espaços limitados e com obstáculos, aos elevados custos da mecanização (investimento inicial e manutenção) e, por fim, aos benefícios do uso de animais seja no controle de queimadas seja na menor compactação do solo [4].

Dessa forma, ganha importância avaliar os atuais usos desses animais no campo, considerando-se seu bem-estar e sua longevidade. Para isso, foram desenvolvidos três pilares de avaliação biomecânica. Em primeiro lugar, fizeram-se estudos com mantas de pressão, alternando diversos arreios (artesanais e comerciais), a fim de perceber a influência da carga transportada nas regiões críticas dos animais (traqueia e ombros). Paralelamente, desenvolveu-se um balancim equipado com um dinamômetro que grava os dados de força e tempo, possibilitando a análise dos esforços segundo a combinação de diferentes tipos de arreios e cargas. Por último, devido às dificuldades encontradas na realização de testes, sujeitos a variações de solo e intempéries, projetou-se uma passadeira para animais de grande porte, a qual permitirá posteriores ensaios em laboratório.

Abstract

The donkeys (*Equus asinus*) have been domesticated in North Africa for about 5,000 to 7,000 years and are mainly used for agriculture and transportation of goods and people [1]. After the Second World War, with the expansion of mechanization in the countryside, animal traction lost space [2], and the studied race, Asinina de Miranda, was close to extinction [3]. At the end of the 20th century, there was a return to the use of animal traction in rural areas, due to the easy mobility in limited spaces even with obstacles, the high costs of mechanization (initial investment and maintenance) and, finally, the benefits of using of animals either in the control of fires or in the lowest soil compaction [4].

Thus, it is important to evaluate the current use of these animals in the field, considering its well-being and longevity. Therefore, three pillars of biomechanical evaluation were developed. In the first place, studies were carried out with pressure pads, alternating several harnesses (handmade and commercial ones), in order to evaluate the influence of the carried load on Donkey's critical regions (trachea and shoulders). In parallel, a single tree equipped with a dynamometer was developed, which records the data of force and time, allowing the analysis of the efforts according to the combination of different types of harnesses and loads. Finally, due to the difficulties found when performing tests, subject to soil and weather variations, a Treadmill was designed, which will allow further laboratory tests.

Sumário

Capítulo 1	1
Introdução	1
1.1 Motivação	1
1.2 Objetivos	2
1.3 Estrutura	3
Capítulo 2	5
Estado da Arte	5
2.1 A tração animal	5
2.2 Histórico	5
2.3 Padrão da raça	8
2.4 Quase extinção	9
2.5 Aplicações atuais	11
Capítulo 3	17
Ensaio e procedimentos	17
3.1 Testes realizados	17
3.1.1 Testes no IPB	17
3.1.2 Testes na Galiza	18
3.2 Arreios a serem analisados	20
3.3 Mantas de pressão - contextualização	22
3.3.1 Mantas de Pressão – ensaios e procedimentos	24
3.4 Medição de força na tração animal – contextualização	28
3.4.1 Dinamômetro – projeto inicial	29
3.4.2 Dinamômetro IPB – primeiro protótipo	35
3.4.3 Dinamômetro IPB – segundo protótipo	40
Capítulo 4	45
4.1 Análise das mantas de pressão	45

4.2 Criação das imagens de contato média	46
4.2.1 Referências anatômicas	46
4.2.2 Collar 1 e 5 - criação da imagem de contato média	48
4.2.3 Collar 6 - criação da imagem de contato média	50
4.3 Ruídos nas imagens de contato média	53
4.3.1 Collar 1	54
4.3.2 Collar 5	55
4.3.3 Collar 6	56
4.4 Discussão das imagens de contato médias	57
4.5 Dinamômetros	58
4.5.1 Testes no IPB	58
4.5.2 Testes na Galiza	59
4.6 Discussão de resultados dinamômetro	62
4.6.1 Ensaio no IPB:	62
4.6.2 Ensaio na Galiza:	63
Capítulo 5	67
5.1 Esteira de carga - contextualização e requisitos do projeto	67
5.1.1 Esteira de carga	68
5.1.2. Cálculos do Metrical Engineering Program™	69
5.1.3 Desenhos a partir da simulação	75
5.2 Gaiola de proteção - ajuste regulável	78
5.3 Sistema de inclinação	81
5.3.1 Componentes do sistema de inclinação	81
5.3.2 Funcionamento do mecanismo	82
5.3.3 Cálculo das reações envolvidas	83
5.3.4 Análise teórica do parafuso sem fim	84
5.3.5 Análise teórica da haste	86

5.3.6 Escolha do motor	89
5.4. Versão final da passadeira	91
Capítulo 6	93
6.1 Conclusões	93
6.2 Trabalhos Futuros	95
ANEXOS	96
Anexo I – Capa protetora	96
Anexo II – Single Point Load Cell	97
Anexo III – Tension-Compression Load Cells (615)	99
Anexo IV – Programa em VBA Ensaio IPB	101
Anexo V – RB-Phi-204 5000Kg S Type Load Cell	102
Anexo VI – Calibração do primeiro protótipo	104
Anexo VII – Programa VBA primeiro protótipo.	105
Anexo VIII – Calibração Swingle tree 1	106
Anexo IX – Programa em VBA Swingle tree 1	107
Anexo X – Calibração 80cm Swingle tree	109
Anexo XI – Programa em VBA 80cm Swingle tree	110
Anexo XII - Imagens de contato média Collar 1	112
Anexo XIII – Imagens de contato média Collar 5	120
Anexo XIV – Imagens de contato média Collar 6	128
Anexo XV – Gráficos dinamômetro testes no IPB	132
Anexo XVI – Gráficos dinamômetro testes na Galiza para Collar 1	144
Anexo XVII – Gráficos dinamômetro testes na Galiza para Collar 5	160
Anexo XVIII – Gráficos dinamômetro testes na Galiza para Collar 6	176
Anexo XIX – Esteira de carga Non Skid Raised Rib	192
Anexo XX – Simulação software Intralox®	193
Anexo XXI – Simulação soleira	194

Anexo XXII – Mancais SKF	196
SY 40 TF - d 40 mm	196
Flanged Y-TECH - d 40 mm	197
Anexo XXIII - Passadeira Completa	198
Anexo XXIV – Componentes da Esteira	199
Anexo XXV – Componentes da gaiola de proteção	208
Anexo XXVI – Componentes do sistema de inclinação	212
Referências Bibliográficas	219

Lista de Figuras

Figura 1 – Hyracotherium [12].....	6
Figura 2 - Exemplar da raça no IPB, novembro de 2018	9
Figura 3 - Zimbro puxando um trenó	18
Figura 4 - Zimbro tiro direto.....	19
Figura 5 - Santiago veículo.....	19
Figura 6 - Zimbro Collar 1	20
Figura 7 - Santiago Collar 5	21
Figura 8 – Zimbro Collar 6.....	21
Figura 9 – As imagens A, B e C mostram diferentes tipos de amarra nas selas dos burros. C mostra as lesões que esses tipos de amarras mal ajustadas podem ocasionar [31]	23
Figura 10 -Aplicação usual das mantas de pressão da Tekscan® [37]	24
Figura 11 - Teste da efetividade da capa protetora.....	24
Figura 12 – Exemplo de aplicação de carga para calibração.....	25
Figura 13 - Leitura das mantas após a avaria	26
Figura 14 - Orientação das mantas. a) primeiro quadrante; b) segundo quadrante; c) terceiro quadrante e d) quarto quadrante	27
Figura 15 - Leitura obtidas: a) primeiro quadrante; b) segundo quadrante; c) terceiro quadrante e d) quarto quadrante	27
Figura 16 - Exemplo de balancim de metal [40]	28
Figura 17 - Balancim em operação no trenó.....	29
Figura 18 - Balancim em funcionamento no veículo	29
Figura 19 - Características do extensômetro	30
Figura 20 - Calibração do extensômetro com o P3	30
Figura 21 - Single Point Load Cell.....	31
Figura 22 - Adaptação para utilização nos testes	31
Figura 23 - Capacidade máxima de carga da Single Point Load Cell.....	32
Figura 24 - Célula de carga adquirida	32
Figura 25 - Ligação dos fios no P3.....	33
Figura 26 - Exemplo de dados salvos pelo P3.....	33
Figura 27 - Exemplo de gráfico gerado pelo programa desenvolvido em VBA.....	34
Figura 28 - Célula de carga em operação	35
Figura 29 - Protótipo do dinamômetro	36

Figura 30 - Ensaio para validação e calibração do protótipo	36
Figura 31 - Retas de Calibração - Protótipo do dinamômetro	37
Figura 32 - Dinamômetro embarcado no balancim	37
Figura 33 - Cartão de memória que salva os dados	38
Figura 34 - Primeiro protótipo parte externa	38
Figura 35 - Vimioso ensaio 1	39
Figura 36 - Vimioso ensaio 2	39
Figura 37 - Vimioso ensaio 3	39
Figura 38 - Vimioso ensaio 4	39
Figura 39 – segundo protótipo desenho inicial - Vista isométrica	41
Figura 40 - Montagem componentes eletrônicos – Vista isométrica	41
Figura 41 - Montagem componentes eletrônicos – Vista superior	41
Figura 42 - Caixa protetora.....	42
Figura 43 - De cima para baixo: 80 cm Swingle tree, Swingle tree 2 e Swingle tree 1	42
Figura 44 - Componentes eletrônicos dinamômetro.....	43
Figura 45 - Fixação da célula de carga no balancim	43
Figura 46 - Acesso aos componentes eletrônicos	44
Figura 47 - 80cm Swingle tree pronto	44
Figura 48 - Escala de cores para as legendas de (a) 0,07 psi e (b) 1,35 psi.....	45
Figura 49 - Referências para as análises das mantas de pressão – Figura editada [41].....	46
Figura 50 – Exemplo de referência para o Collar 5.....	47
Figura 51 - Exemplo de referência para o Collar 6	47
Figura 52 - Marcação do ombro ponto 1	48
Figura 53 - Marcação escapula ponto 2.....	49
Figura 54 - Seleção dos quadros referentes ao ensaio	49
Figura 55 - Exemplo de criação de imagem de contato média.....	50
Figura 56 – Imagem de contato média do Santiago collar 1 dynamic 40 % trial 2 left	50
Figura 57 - Ombro esquerdo.....	51
Figura 58 - Linha ombro esquerdo externo	51
Figura 59 - Ponto ombro direito	51
Figura 60 - Linha ombro direito – externo	52
Figura 61 - Seleção dos quadros referentes ao ensaio	52
Figura 62 - Exemplo de imagem de contato média gerada para o collar 6	53
Figura 63 - Imagem de contato média para Santiago Collar 6 dynamic 20 % trial 1.....	53

Figura 64 - Imagem de contato média do Collar 1 com ruído.....	54
Figura 65 - Imagem de contato média do Collar 1 sem ruído	54
Figura 66 – Imagem de contato média do Collar 5 com ruído	55
Figura 67 – Imagem de contato média do Collar 5 sem ruído	55
Figura 68 - Imagem de contato média do Collar 6 com ruído.....	56
Figura 69 - Imagem de contato média do Collar 6 sem ruído	56
Figura 70 - Lola no veículo e Zimbros ao fundo	68
Figura 71 - Dados para simulação Metric Engineering Program™	71
Figura 72 - Torque eixo motor da esteira rolante [43].....	72
Figura 73 - Determinação massa do eixo [43].....	72
Figura 74 - Determinação da Deflexão [43].....	73
Figura 75 - Espaçamento da engrenagem.....	74
Figura 76 - Determinação da potência do motor de acionamento [43]	74
Figura 77 - Eixo motor com engrenagens [43].....	75
Figura 78 - Transmissão de movimento entre engrenagens motoras e a esteira rolante [43]...	75
Figura 79 - Requisitos mínimos soleira proteções e roletes	76
Figura 80 - Requisitos mínimos roletes	76
Figura 81 - Vista em corte esteira.....	77
Figura 82 - Esteira completa.....	77
Figura 83 – Dobradiça	78
Figura 84 - Isométrico gaiola de proteção	79
Figura 85 - Esteira e gaiola de proteção	79
Figura 86 - Vista frontal passarela.....	80
Figura 87 - Redução da distância entre os corrimãos.....	80
Figura 88 - Componentes do sistema de inclinação	82
Figura 89 - Mecanismo de inclinação simplificado.....	82
Figura 90 - Diagrama de corpo livre do sistema de inclinação	83
Figura 91 - Diâmetro interno do parafuso sem fim em milímetros	85
Figura 92 - Momento de inércia para o cilindro [44]	86
Figura 93 - Fator K extremidades fixadas por pinos [44]	86
Figura 94 - perfil da haste do inclinado em mm.....	87
Figura 95 - Momento de inércia para uma área retangular [44]	88
Figura 96 - Vista isométrica da montagem das hastes.....	88
Figura 97 – Possíveis fixação de motoredutores [45]	89

Figura 98 – Sistema de transmissão sem fim [46].....	90
Figura 99 - Motoredutor MNHL 25/2 26,05/1 P80 B5 0,55KW/4 [47].....	91
Figura 100 - Versão final da passadeira	92

Lista de Tabelas

Tabela 1 - Força média Testes no IPB – Collar 1.....	58
Tabela 2 - Força média Testes no IPB – Collar 5.....	58
Tabela 3 - Força média Testes no IPB – Collar 6.....	59
Tabela 4 - Força média para Collar 1 - Tiro direto.....	59
Tabela 5 - Força média para Collar 1 - Trenó	59
Tabela 6 - Força média para Collar 1 - Veículo	60
Tabela 7- Força média para Collar 5 - Tiro direto.....	60
Tabela 8 - Força média para Collar 5 - Trenó	60
Tabela 9 - Força média para Collar 5 - Veículo	61
Tabela 10 - Força média para Collar 6 - Tiro direto.....	61
Tabela 11- Força média para Collar 6 - Trenó	61
Tabela 12- Força média para Collar 6 - Veículo	62
Tabela 13 - Média da força exercida nos ensaios por arreo	62
Tabela 14 - Força média nos ensaios para tiro direto	63
Tabela 15 - Força média nos ensaios para trenó.....	64
Tabela 16 - Força média nos ensaios para veículo	64
Tabela 17 - Dados do eixo [43]	73

Capítulo 1

Introdução

Neste capítulo, busca-se transcorrer sobre as motivações que levaram à escolha do objeto de estudo – a biomecânica dos *Equus asinus* -, aos objetivos a serem alcançados através da análise, aos componentes desenvolvidos e, por fim, elucidar a estruturação desta dissertação.

1.1 Motivação

Historicamente, o espaço rural e o seu desenvolvimento surgem no discurso dos agentes econômicos e decisores políticos como elemento importante da organização da vida humana e da economia de um país, sendo também meio privilegiado de oportunidades para a implementação de novos projetos. A tração animal representa, nesse contexto, um campo de tomada de decisões sobre a gestão do território que possibilita a integração de modelos atuais e com novas práticas e técnicas sustentáveis.

Os territórios rurais são assim entendidos como espaços abertos de potencialidade econômica, e portanto, sistemas que devem ser valorizados numa perspectiva de produção sustentável do setor agroflorestal, que integre e respeite a cultura e as tradições locais, que valorize e potencialize os recursos locais e que caminhe para uma gestão correta e responsável dos recursos naturais - o solo, a água, a paisagem, bem como a flora e a fauna para o benefício desta geração e a das futuras. Pode-se, assim, conciliar a atividade humana e a preservação do património natural e cultural. [5]

Na região transmontana no nordeste de Portugal na qual o uso da tração animal foi uma realidade constante até pouco tempo, prevalecendo a existência de pequenos produtores que ainda recorrerem a esta tecnologia [6], importa fomentar modelos de desenvolvimento sustentáveis com a promoção de práticas culturais compatíveis com a preservação da biodiversidade e com a conservação do solo, introduzindo o conceito de tração animal moderna numa estratégia lógica de desenvolvimento rural sustentável. [7]

Observa-se, assim renovado e crescente interesse pelo uso da tração animal como fonte de energia renovável, de menor impacto ambiental e economicamente viável, capaz de reduzir as emissões de carbono, de estimular a autossuficiência e de diminuir o consumo de recursos não renováveis. Pretende-se, portanto, fomentar o desenvolvimento de conhecimentos e de ferramentas adequadas a esse objetivo, que permitam reconhecer, na tração animal, uma

solução moderna, competitiva e sustentável, como complemento ou alternativa aos modelos convencionais. [4]

A universidade surge, nesse contexto, como um espaço onde se pode pensar, em conjunto com a sociedade, o desenvolvimento de ferramentas e de estudos que possam caminhar para modelos social e economicamente sustentáveis. Dessa forma, o presente estudo foi desenvolvido em uma parceria do Instituto Politécnico de Bragança e da organização não governamental *The Donkey Sanctuary*, um ente que atua internacionalmente na transformação da qualidade de vida de animais como burros e mulas, importantes constituintes da tração animal, e das pessoas envolvidas em suas operações. [8]

1.2 Objetivos

A partir dessa motivação, foram desenvolvidos três pilares de avaliação biomecânica para permitir a análise dos animais referidos, com o intuito de potencializar sua longevidade e o reconhecimento de sua importância social. Em primeiro lugar, fizeram-se estudos com mantas de pressão, alternando diversos arreios (artesanais e comerciais), a fim de perceber a influência da carga transportada nas regiões corporais críticas dos animais (traquéia e ombros) – regiões onde os arreios costumam ser apoiados no animal. Os objetivos principais dessa análise incluem:

- Análise dos efeitos das cargas segundo a variação de amostras de colares;
- Avaliação comparativa entre arreios comerciais e arreios artesanais presentes neste estudo;
- Estabelecer, se possível, qual o tipo de arreo mais eficiente, que distribua mais uniformemente a pressão e, ao mesmo tempo, tenha os menores valores globais de pressão.

Paralelamente, desenvolveu-se um balancim equipado com um dinamômetro de fabricação própria, que tem por objetivo gravar os dados de força e de tempo. O objeto possibilita a análise dos esforços de acordo com a combinação de diferentes tipos de arreios e de cargas e, a partir dos gráficos gerados, a avaliação sobre a influência da variação do arreo na força que o animal realiza em suas atividades.

Para a coleta de dados a serem analisados, foram realizados testes com sete burros da raça Asinina de Miranda, e a partir dos dados coletados escolheu-se dois destes para análise da presente tese: Santiago e Zimbros, pois por questões de logística esses animais foram os que estiveram mais presentes durante os vários encontros, que duraram entre quatro e cinco semanas

descontínuas nos territórios do Norte de Portugal e da Espanha, entre novembro de 2018 e junho de 2019. Ao se constatar diversas dificuldades na realização dos ensaios, que estiveram sujeitos a variações na superfície de testes e constantes intempéries, iniciou-se o projeto de uma passadeira para animais de grande porte, a qual permitirá posteriores ensaios em laboratório.

1.3 Estrutura

Esta dissertação está dividida em seis capítulos:

O **primeiro capítulo** é composto pela introdução ao tema, pela motivação, pelos objetivos e a pela estrutura do trabalho.

O **segundo capítulo** é composto pelo estado da arte, pela contextualização histórica - a origem dos burros, sua domesticação, os usos da tração animal, a mecanização do campo, com a quase extinção do animal, e o retorno às atividades com tração animal. Mostram-se, também, algumas aplicações atuais.

No **terceiro capítulo**, destacam-se ensaios e procedimentos das mantas de pressão e do balancim equipado com dinamômetro.

No **quarto capítulo**, encontram-se discussões sobre os resultados obtidos a partir das imagens médias de pressão e sobre as análises dos gráficos gerados pelos dinamômetros.

O **quinto capítulo** trata do desenvolvimento da passadeira (podendo ser referida como esteira, ou ainda treadmill), da contextualização e da motivação para seu projeto.

O **sexto capítulo** trata das conclusões e da proposição de trabalhos futuros.

As imagens tratadas das mantas de pressão, os gráficos do dinamômetro e os desenhos de todas as peças e os conjuntos, além da montagem da passadeira, são apresentados nos **anexos**.

Capítulo 2

Estado da Arte

O presente capítulo introduz um breve histórico sobre o burro (*Equus asinus*) e seus atributos socioeconômicos, além de enunciar a raça Asinina de Miranda, a qual se tornou quase extinta no final do século XX e início do XXI. São também apresentadas algumas entidades que buscam a conservação da raça, preocupando-se com os esforços envolvidos na tração animal e com o bem-estar dos burros. Por fim, destacam-se algumas de suas atuais aplicações e contribuições para um desenvolvimento socioeconômico mais sustentável.

2.1 A tração animal

“A semente não pode ser plantada, a terra não pode ser cultivada e as lavouras não podem ser colhidas sem energia” [9]. Grande parte dessa energia tem como fonte a ação mecânica de animais, sobretudo onde há solos irregulares e de difícil acesso e obstáculos naturais, como árvores e pequenas rochas. Não só no plantio, mas é também por meio de animais que se escoia a produção, podendo a carga ser transportada de diversas maneiras: tiro direto, na qual o material transportado é amarrado a um balancim que se conecta aos arreios ou diretamente nas costas do animal, combinando-se selas e cestos, entre outros. Em terrenos mais regulares, pode-se juntar a tração animal ao uso de trenós ou veículos com rodas, aumentando drasticamente a capacidade de carga [10].

Os burros constituem-se em importantes animais no desempenho dessas funções os quais são submetidos às cargas e aos objetos de transporte, além de participarem historicamente no desenvolvimento de diversas sociedades por facilitar o desenvolvimento do comércio entre elas.

2.2 Histórico

Há cerca de 70 milhões de anos, viveu sob a Terra um animal pequeno, pouco maior que uma marmota, que os paleontólogos batizaram de *Hyracotherium* – das palavras gregas *hyrax* (rato) e *terrino* (animal selvagem) -, e que também seria o ancestral comum entre cavalos e burros. O primeiro fóssil dessa criatura foi descoberto em 1.841 pelo britânico Richard Owen, na Inglaterra. Pesquisas posteriores mostram que provavelmente esse animal fora originado nas florestas densas da América do Norte, onde se encontrou grande concentração dos referidos

fósseis. Acredita-se ainda que essa criatura se espalhou pela Ásia e pela Europa a partir do estreito de Bering [11].



Figura 1 – Hyracotherium [12]

O tamanho do animal não passava de 60 cm de comprimento e 20 cm de altura, mas permitia que a criatura se esquivasse de seus predadores ao se esconder na vegetação espessa, que servia também como seu alimento principal. Sua dentadura, composta de 44 dentes sem pontas agudas e afiadas, indica que seu regime alimentar era constituído por folhas e gramíneas. Os membros frontais e posteriores tinham quatro e três dedos respectivamente [11].

Com a passagem de milhões de anos e com a progressiva transformação do clima, o Hyracotherium teve de se adaptar a um habitat diferente, com novas condições de alimentação, adotando novas estratégias de defesa contra seus predadores. Dado que a vegetação já não era tão densa e nem propícia para a camuflagem, sua sobrevivência já não poderia depender somente da fuga. O novo contexto provocou mudanças importantes, de acordo com a teoria da evolução natural de Charles Darwin. Os *Orohippus* (do grego cavalo da montanha) foram seus sucessores, de altura parecida, mas com as patas traseiras maiores que as frontais, permitindo maior potência e velocidade e capacidade de saltar obstáculos [11].

Posteriormente, a evolução continuou com a formação do *Mesohippus*, que viveu há cerca de 42 e 33,3 milhões de anos. Com o aumento da sua altura, tornou-se um animal mais rápido, bem parecido com os cavalos e burros atuais. Sua cabeça modificou-se, e houve a lateralização dos olhos, proporcionando maior campo de visão. Passando-se milênios e várias etapas evolucionárias, esse ancestral chegou aos burros e aos cavalos conhecidos modernamente. Os primeiros distinguem-se dos segundos devido à maior robustez e resistência, além da alimentação mais simples e frugal [11].

Acredita-se que os burros foram domesticados entre de 5.000 a 7.000 anos atrás com o objetivo de enfrentar a desertificação do Saara. Dada a maior escassez de água, as populações que praticavam agricultura viram-se obrigadas a mudar com frequência para encontrar oásis e zonas de pastoreio. A domesticação dos burros serviu para transporte de viveiros, tendas,

peças e equipamentos. Tiveram também importantes funções no comércio entre diferentes civilizações [1].

O comércio entre gregos, fenícios, turcos e egípcios contribuiu para a propagação dos burros no continente europeu, e na região da mesopotâmia esse animal se difundiu em grande escala, ao ser destinado ao transporte de cargas e a trabalhos agrícolas. Sua expansão pelo globo durou até o período da Idade Média, quando passou a se limitar ao Mediterrâneo. Estudiosos justificam esse acontecimento devido ao modelo agrário herdado das épocas romanas, caracterizado por grandes propriedades organizadas ao redor de uma vila e dominadas por um único administrador. Além disso, o clima e as pastagens no norte da Europa favoreciam muito mais o uso de animais com mais força para tração, como os cavalos e bois, apesar de serem mais caros e custosos de se manter [2].

Com o fim da Idade Média, porém, a agricultura reformulou-se para incluir um modo de produção mais individual, que utilizava propriedades menores e restritas, o que trouxe a utilização de burros novamente ao continente europeu. Na primeira metade do século XX, os burros eram amplamente utilizados na Península Ibérica, incluindo a raça escolhida para os estudos desta dissertação [2].

A raça analisada nessa tese é conhecida como Asinina de Miranda. A denominação origina de estudo promovido pelo Parque Natural do Douro Internacional, no ano de 1999, sobre os asininos na região norte de Portugal. Avaliou-se, então, um grupo de animais existentes, fundamentalmente, nas freguesias do concelho de Miranda do Douro e parte de Mogadouro (Planalto Mirandês), e que constituíam cerca de 25% da amostra de animais estudados. Esses animais apresentaram um conjunto uniforme de características que se assemelham ao padrão da raça Zamorana-Leonesa, proveniente do tronco europeu, segundo a teoria sobre a filogenia dos asininos domésticos, que divide os *Equus asinus* em dois grandes grupos [6].

- O tronco europeu, *Equus asinus europeus*, provavelmente com origem mediterrânea;
- O tronco africano, *Equus asinus africanus*, proveniente da bacia do Nilo.

As conclusões do estudo de 1.999 apontaram para a existência de parâmetros zootécnicos de interesse estratégico para a população local que justificavam o início do processo de criação de uma raça autóctone. Estas conclusões foram corroboradas por vários indicadores, tais como a existência de um grupo de animais com características próprias e distintas de outras raças e que teriam surgido na Região Nordeste de Portugal. [6]

Tal região é conhecida como o nordeste transmontano, que abrange os concelhos de: Alfândega da Fé; Bragança; Carrazeda de Ansiães; Freixo de Espada à Cinta; Macedo de

Cavaleiros; Miranda do Douro; Mirandela; Mogadouro; Torre de Moncorvo; Vila Flor; Vimioso e Vinhais. O clima de Trás-os-Montes divide a região em Terra Fria e Terra Quente. A primeira inicia-se por volta dos 600 m de altitude e é composta de planaltos e serras com vales profundos; possui um clima agreste e tem menor influência atlântica. A Terra Quente caracteriza-se por fraca precipitação e temperaturas mais amenas no inverno. Existe uma zona de transição climática entre a Terra Fria e a Terra Quente, com altitudes que variam, em geral, entre 350m e 600m de altitude [13].

No que diz respeito à hidrografia, observam-se inúmeras bacias hidrográficas, como a bacia do Douro, do Côa e do Sabor. O Planalto Mirandês situa-se entre o Vale do Douro Internacional e o vale do Rio Sabor. No Planalto Mirandês, destacam-se ainda os rios Angueira, Maços e Sabor [13].

A Região do Nordeste Transmontano engloba também dois parques naturais, o Parque Natural do Douro Internacional e o Parque Natural de Montesinho, bem como a Paisagem Protegida da Albufeira do Azibo. Essa região possui uma enorme diversidade geológica, climática, hidrográfica e orográfica, que resultam numa enorme diversidade da flora e da fauna. A fauna possui espécies notáveis, absolutamente dignas de um verdadeiro santuário natural. O valor botânico é imenso, possuindo vários endemismos ibéricos e lusitânicos. É uma região muito rica em plantas melíferas, aromáticas e medicinais e possui, igualmente, grande variedade de cogumelos. A presença de uma imensa diversidade de líquenes comprova a boa qualidade do ar da região [13].

A ocupação humana da Região Transmontana é bastante antiga, como comprovam as gravuras rupestres do vale do rio Côa, pertencentes ao período do Paleolítico Superior. A presença de raças de gado doméstico autóctone, de ovinos (churra galega mirandesa), caprinos (cabra serrana), asininos (burro de Miranda) e bovinos (vaca mirandesa) atestam igualmente a antiga presença do homem na região [14].

2.3 Padrão da raça

A raça Asinina de Miranda é caracterizada por um animal bem conformado, corpulento e rústico, de altura média ou medida ao garrote de 1,30m. Sua pelagem é castanha escura, com gradações mais claras nos costados e face inferior do tronco, e branca no focinho e contorno dos olhos, que são pequenos; o pelo é abundante, comprido e grosso. De temperamento dócil, o burro mirandês possui uma cabeça volumosa de perfil reto; lábios grossos e fortes; orelhas grandes e largas na base, revestidas no seu bordo interior de abundante pilosidade, arredondadas

na ponta (formando uma espécie de borla) e dirigidas para a frente. O burro apresenta, ainda, pescoço curto e grosso; garrote baixo e pouco destacado; dorso tendendo para a horizontalidade, curto e bem musculado; peitoral amplo com quilha saliente; membros grossos de articulações volumosas, providos de pelo abundante cobrindo os cascos, bem desenvolvidos; membros posteriores com tendência a serem estendidos; e cascos amplos. Possuem andamentos de grande amplitude, mas são lentos, pouco ágeis [15].



Figura 2 - Exemplar da raça no IPB, novembro de 2018

2.4 Quase extinção

No pós Segunda Guerra Mundial, com a expansão da mecanização no campo, o abandono do mundo rural e da agricultura de subsistência deixou os burros mirandeses próximos da extinção [2].

Outro fator importante para esse acontecimento foi a forte emigração da população transmontana em idade ativa para diversos países, como a França, movimento que se fez sentir nos anos 1.960. Esse fato conduziu ao envelhecimento da população, hoje com uma idade média bastante avançada, a qual dificulta o cultivo da terra e, por conseguinte, a capacidade de cuidar dos animais [3].

Desde 2003, a raça encontrava-se em ameaça de extinção, com apenas cerca de 930 espécimes vivos [16]. Com o intuito de combater a extinção, de um lado, subsídios da União Europeia foram utilizados na manutenção da espécie. De outro lado, algumas associações e organizações não governamentais também abraçaram a causa.

É o caso da AEPGA (Associação para Estudo e Proteção do Gado Asinino), que busca a preservação e o aproveitamento desta raça de forma a resguardar um património genético,

ecológico e cultural. Busca-se valorizar a figura do burro a nível nacional, contribuindo para a recuperação da espécie e a potencialização de um modelo de aproveitamento socioeconômico que respeite, valorize e preserve o património cultural e natural da região do Nordeste Transmontano [17].

O interesse em resguardar a raça também se encontra presente no exterior. Um exemplo disso é a atuação da organização não governamental *The Donkey Sanctuary*, que começou seus trabalhos no resgate de burros negligenciados e maltratados. Tornou-se, então, uma organização internacional para o bem-estar animal, que busca transformar a vida de burros, mulas e das pessoas que dependem desses animais, seja para viver ou para trabalhar. Atualmente, a ONG conta com dez “santuários” pelo Reino Unido e pela Europa, tratando de mais de 6.000 burros e mulas, com um alcance mundial estimado em 1,8 milhões desses animais em 35 países. Seu objetivo é ajudar os mais de 50 milhões de burros e mulas no mundo, a partir de projetos e pesquisas integrando comunidades, governos, imprensa e outras organizações [18].

A equipe de resgate e de realocação, formado por profissionais de estábulo e aconselhadores de bem-estar veterinários comprometidos a ajudar burros ao redor da Europa, já salvou milhares de burros no mundo que sofriam por negligência, abuso e abandono. A organização deixa suas marcas, portanto, na maneira como vivem esses animais, livres de sofrimento, de forma que seja realmente valorizada a sua contribuição para humanidade [18].

Devido à vasta população mundial de burros usados na tração animal, a organização dá suporte aos animais mais necessitados, seja no meio urbano seja no meio rural, encontrados na agricultura, na indústria ou mesmo no turismo. Colabora-se, ainda, com cuidados veterinários, nutrição, estalagem, horas de trabalho, peso da carga, arreios e veículos de carga que se adequem à sua anatomia, impactando diretamente homens, mulheres e crianças que dependem da força de trabalho desses animais [19].

Com o objetivo de se tornar um centro de excelência e de conhecimento sobre os burros e seu bem-estar, a *The Donkey Sanctuary* financia pesquisas por todo o mundo, pois acredita que ao fomentar o desenvolvimento de mais conhecimento sobre a biomecânica do animal, pode proporcionar a criação de políticas de ensino mais efetivas e adequadas às realidades das diferentes populações mundiais [20].

Nesse contexto, insere-se o presente estudo na busca por entender a biomecânica envolvida na tração animal voltada para a raça Asinina de Miranda.

2.5 Aplicações atuais

A aplicação de burros em atividades humanas data de tempos históricos, sobretudo como meio de transporte. O carregamento de bens por burros é uma das mais antigas formas de transporte, precedendo à invenção da roda. O uso do animal foi também, ao longo do tempo, adaptado às necessidades econômicas e ambientais. A continuidade desse modo de locomoção atualmente marca ainda mais o seu valor.

A posse de um burro para transportar cargas ou carrinhos permitiu que pequenos produtores participassem na economia de mercado e, ainda hoje, especialmente em regiões secas e áridas da África, burros são usados para mitigar os efeitos negativos das mudanças na produção rural. Devido a mudanças no padrão das terras, nas condições do meio ambiente e no mercado de trabalho, o burro tem ganhado destaque no continente.

No Quênia, a comunidade Maasai, por exemplo, faz uso de burros para se abastecer de água, fazer mudanças de casa, transportar doentes para hospitais e materiais para a construção civil. No Botsuana, o animal é usado para o transporte de pessoas e bens, de areia para a construção de casas, de água e lenha para o abastecimento das habitações. Nas mais remotas montanhas do Lesoto, burros são importantes para o transporte de grãos até os moinhos [21].

Na Etiópia, burros constituem o meio de transporte mais popular, permitindo a locomoção de até 12 tipos de commodities, incluindo suprimentos vitais. Nas guerras recentes que assolaram o país, os burros fizeram a logística de exércitos de guerrilha, transportando água, comida, armas e munições. Alguns etíopes lembram que, nos períodos de fome, conseguiram sobreviver porque alguém “trazia comida sobre um burro” [21].

Burros também são usados em regiões agrícolas para adubar os campos, transportar a colheita e ligar o mercado à propriedade rural. Essas funções no transporte tornam-se marcantes quanto mais se intensifica o cultivo da terra e as famílias dependem do comércio de suas colheitas. De fato, muitos países subdesenvolvidos ainda possuem na agricultura tradicional uma expressão da sua realidade socioeconômica. Um pequeno produtor não consegue ter acesso às tecnologias e técnicas modernas, senão por meio do incentivo estatal, cenário que se reflete diretamente na sua relação com a tração animal [21].

Nesse sentido, a tração animal permite que fazendeiros possam expandir suas áreas de cultivo e contribui para operações agropecuárias. Apesar da preferência por tratores para a tração e mesmo o uso de bois, os custos elevados fazem com que os burros entrem como alternativa mais viável [21].

Além disso, em países com sistema de transporte deficitário e malha viária incipiente, o produtor rural enfrenta, normalmente, dificuldades de locomoção nos percursos de transporte de sua mercadoria. A disponibilidade de transporte próprio permite que pequenos produtores avancem na participação no mercado de forma mais competitiva, retendo, assim, maior parcela de lucro para o reinvestimento.

Um estudo do uso de burros em Limuru, uma área agrícola altamente produtiva no Quênia, indicou que o transporte por meio de burros é um componente essencial do sistema agropecuário. Os agricultores necessitam de grandes quantidades de água – diariamente, cerca de 70 litros para consumo doméstico, 200 litros para o gado e 225 litros para aves -, as quais são altamente beneficiadas pelo transporte feito por meio de burros [21].

A maioria dos domicílios em Limuru depende de carrinhos de burro para o transporte da água. Carroças também são usadas por 60% dos domicílios para comercialização de milho e batatas que são vendidos em mercados locais. Durante as estações secas, a alimentação de animais de fazenda é escassa, e os proprietários de gado têm que se deslocar de um lugar para outro para encontrar alimento. Nesses períodos, a posse de meios privados de transporte permite ao criador de gado mover-se por distâncias mais longas para transportar quantidades razoáveis de alimento [21].

O aluguel de burros e carroças é outra prática que constitui fonte de renda. No Níger, em 1990, carroças movidas por bois e burros tornaram-se populares por seu aluguel rentável. No Botsuana, donos de carroças ganham de 5 a 10 dólares por transporte de cargas de até 12km. Na Etiópia, após a guerra, muitos ex-soldados iniciaram negócios lucrativos no setor de transportes usando carroças de burros [21].

Também em Omdurman, cidade no Sudão, fazendeiros e pastores que migraram para a cidade devido à fome no Oeste, diante da escassez de empregos, fizeram uso de seu conhecimento em tração animal e começaram a vender água, bens e transportar pessoas em carroças. A posse e a operacionalização desses animais são lucrativas comparativamente à média de atividades da população nessas regiões, sendo o rendimento mensal, em geral, mais elevado do que o salário médio do setor formal. A atividade constitui, portanto, importante fonte de recursos para que muitos donos e operadores de carroças de burro possam manter suas famílias que vivem em aldeias [21].

Em um projeto de reassentamento em larga escala na Eritreia, o número de jumentos fornecidos foi aumentado em até 7,3 vezes o número original do plano em resposta à demanda. A alta demanda foi explicada pela importância atribuída aos burros, em domicílios chefiados

tanto por homens quanto por mulheres, pela facilitação do transporte de água e lenha e pela possibilidade de alugar seus serviços a outras pessoas [21].

Ademais, no Botsuana, o crescimento populacional (cerca de 3,6% ao ano) e o rápido aumento da urbanização (estima-se que, até o ano de 2016, dois terços da população estarão nos centros urbanos), vem pressionando o setor agrícola para aumentar a produção. Ao mesmo tempo, a economia, que vinha crescendo até 1990 à taxa de 13% ao ano, desacelerou e cresceu somente 3,1% ao ano, no período entre 1994 e 1996, diminuindo também a capacidade governamental de importar alimentos (70-80% do fornecimento do país) e de continuar fornecendo subsídios aos agricultores [22].

Dessa forma, no futuro, grande parcela dos alimentos do país deverá originar-se em fontes locais; no entanto a maior parte dos alimentos produzidos localmente (85%) é cultivada por agricultores de pequena escala e sem a presença de recursos significativos. Esses pequenos produtores terão não só que aumentar a produtividade, mas também a área plantada. Os burros, nesse sentido, serão, para muitos desses agricultores, os únicos animais de tração adaptáveis às condições da região [22].

O uso de burros não se limita ao continente africano. Na França, em lugares como a comunidade de Monestiés e outras na ilha de Córsega, a coleta de lixo orgânico é feita de forma mais ecológica por meio de burros, que conseguem carregar contêineres por ruas estreitas e inclinadas [23].

Outro exemplo da aplicação de burros pode ser encontrado na região da Toscana, na Itália, onde membros de uma cooperativa, envolvidos com o turismo e o gerenciamento de pousadas em montanhas e áreas de camping, em 2011, decidiram expandir suas atividades e incluir um negócio de criação de burros e de produção de leite. O leite de burra é, de fato, um produto com características interessantes para o mercado, mas de curto ciclo de vida e de rápida deterioração. A solução desse empecilho possibilitaria diversificar a produção e a comercialização de produtos alimentícios inovadores, mais adequados a categorias específicas de consumidores [24].

A cooperativa em questão decidiu investigar a possibilidade de produzir queijo, iogurte e, possivelmente, cosméticos a partir do leite de burra. O queijo produzido pela combinação de leite de cabra e de burra teve sucesso significativo no mercado, sendo vendido em lojas locais e restaurantes. Quanto ao iogurte, os elevados custos de produção tiveram como consequência um preço de mercado menos competitivo. No geral, a implementação do projeto teve efeitos positivos para a cooperativa. A produção de queijo assegurou uma fonte adicional de renda e

aumentou o número de visitantes devido às atividades de divulgação e às novidades relacionadas ao projeto [24].

Da mesma forma, nos últimos anos, os burros também despertam interesse na África e na Ásia por seu leite, mas também pelas carnes e, crescentemente, por suas peles. O relatório "Under the Skin" da ONG The Donkey Sanctuary afirma que as peles de burros são usadas em uma medicina chinesa chamada *ejiao*. Os couros são cozidos para produzir um gel que é dissolvido em água quente ou álcool, e que pode ser usado em alimentos, bebidas e produtos de beleza. Acredita-se que possui ampla gama de benefícios para a saúde, como a redução dos sinais de envelhecimento, melhora da capacidade respiratória, produção de glóbulos vermelhos e redução de problemas reprodutivos.

Ainda de acordo com o relatório, a crescente classe média da China está expandindo a procura por *ejiao*, aumentando também, anualmente, a demanda por peles comercializadas no mundo. Estima-se que o quilo desse produto possa ser vendido por até 400 dólares. O maior fabricante de *ejiao*, a Dong-E-E-Jiao, emprega, supostamente, mais de 10 mil pessoas e processa mais de um milhão de peles de burro por ano. Consequentemente, a população de burros na China reduziu quase pela metade (de 11 milhões em 1990 para cerca de 6 milhões em 2014), alimentando a importação de outros lugares do mundo.

Na África do Sul, por exemplo, é legal negociar e exportar carne e osso de burro, desde que os animais sejam abatidos em matadouros registrados. Além disso, a quantidade de couro exportada é restrita a 7.300 peças por ano, e os animais devem ser tratados com humanidade. No entanto, no início de 2017, o Serviço de Polícia da África do Sul apreendeu 2.921 jumentos cujas peles eram destinadas à China de forma ilegal. Em outros países, como o Burkina Faso, a legalização do comércio teve impacto negativo no número de burros, ensejando, em seguida, sua proibição. Na África Austral, o comércio foi associado a um aumento nos roubos de burros, a graves abusos contra o bem-estar dos animais e ao abate ilegal [25].

O governo chinês, por sua vez, tem entrado em o contato com organizações de bem-estar animal e exportadores de equinos para fomentar uma indústria viável que atenda à demanda de produtos derivados desses equinos. Pretende-se também criar regiões rurais na China a partir da produção sustentável de burros, cujo funcionamento deve incluir manejo, bem-estar animal, exigências dietéticas e cuidados com a saúde [26].

Como a maior parte da utilização dos burros se encontra na produção rural e transporte de cargas e pessoas, as análises obtidas através desse estudo permitirão que sejam tomadas decisões mais efetivas em relação à biomecânica da tração animal, possibilitando maior perícia

na tomada de decisão na escolha de arreios que melhorem o bem-estar do animal e, conseqüentemente, das pessoas que os utilizam no seu cotidiano.

Capítulo 3

Ensaio e procedimentos

Neste capítulo serão descritos os testes realizados, com os burros, para a obtenção de dados, além dos métodos e dos procedimentos usados nos ensaios com as mantas de pressão e o balancim equipado com dinamômetro, desenvolvido no IPB.

3.1 Testes realizados

Desde sua domesticação, como visto no capítulo anterior, os burros foram usados na tração animal para transportar suprimentos, água, bens e pessoas. Ao longo do tempo, diferentes métodos e sistemas foram desenvolvidos e permitiram que esses animais levassem cargas mais significativas. Tais sistemas são, basicamente, uma variação nas combinações entre trenós e carroças, balancins, arreios e selas.

Apesar da longa convivência entre humanos e burros, existem poucos estudos científicos disponíveis, especificamente para esses animais, que possibilitem entender os efeitos da biomecânica relacionada à tração animal, em especial nas regiões em que o arreio e a sela são apoiados. As mantas de pressão apresentadas neste capítulo buscam mensurar tais reações, possibilitando, posteriormente, avaliar o desempenho de três tipos distintos de arreios. Se possível, também se visa determinar qual dos arreios teria o desempenho mais adequado para a anatomia do burro, permitindo aumentar tanto o bem-estar do animal quanto a qualidade de vida das pessoas que fazem uso da tração animal.

Além disso, são descritos neste capítulo os métodos de aquisição de dados da força envolvida no transporte de carga. Primeiramente, usaram-se uma célula de carga e um dispositivo comercial para aquisição e gravação de dados. Em um segundo momento, foram desenvolvidos outros projetos no IPB para a medição desses esforços, chegando à versão mais recente de um balancim equipado com um dinamômetro.

Os testes para obtenção dos dados ocorreram em dois momentos distintos. Em novembro de 2018, foram feitos experimentos em uma pista de testes nos espaços da Escola Agrária do IPB. Já em junho de 2019, ocorreram ensaios florestais e agrícolas no município de Moinhos (Ourense), comunidade autônoma da Galiza, que apresenta ambiente de floresta.

3.1.1 Testes no IPB

A primeira fase de testes aconteceu entre os dias 13 e 23 de novembro de 2018 em espaços do IPB, em uma pista de testes de 75m. Os ensaios consistiram, inicialmente, em

colocar sete burros para puxarem um trenó de maneira alternada, como é mostrado na Figura 3, variando-se a carga levada entre 20 e 40% da massa dos animais. As análises apresentadas no capítulo 4 tem como foco, porém, apenas dois desses burros, o Zimbro e o Santiago (com massa de 354kg e 335kg respectivamente), com os quais foram realizados testes posteriores. Além da carga no trenó, também se variaram os arreios que foram posicionados nos burros.



Figura 3 - Zimbro puxando um trenó

Cada ensaio consistia em uma ida e uma volta. O padrão dos arquivos recolhidos para análise são: “nome do animal” + Tipo de Arreio + dynamic + carga a ser transportada + trial 1 (ida) ou trial 2 (volta). Nos testes, foram utilizadas as mantas de pressão e o projeto inicial do dinamômetro (uma célula de carga equipada com um dispositivo de aquisição de dados P3 – que será tratado adiante).

3.1.2 Testes na Galiza

Os testes florestais ocorreram entre os dias 16 e 20 de junho em Moinhos, município localizado perto da Reserva da Biosfera Transfronteiriça Gerês-Xurés, na região da Galiza, Espanha. A pista de testes baseou-se numa região de floresta com cerca de 150m de comprimento.

Os ensaios consistiram no transporte de cinco troncos de *Pinus Sylvestris* (com massa específica de $0,436 \text{ g}\cdot\text{cm}^{-3}$ [27]) com volumes de 0,03, dois de 0,05, 0,07 e 0,1 m^3 . Os métodos de transporte variaram entre tiro direto, trenó e um veículo para transporte de cargas. Além disso, também estiveram presentes os três tipos de arreios utilizados nos ensaios ocorridos no IPB. Os ensaios, portanto, observaram a variação entre os troncos a serem puxados, os arreios

e os métodos de transporte, e levaram a um padrão de arquivos gerados composto da seguinte forma: “nome do animal” + tipo de arreio + tipo de transporte + volume do tronco.

Quanto aos métodos de transporte, no método de tiro direto, os troncos são conectados ao balancim através de correntes e o balancim é conectado ao animal a partir dos arreios, combinação que pode ser observada na Figura 4. Já no método do trenó, o tronco é fixado neste através de correntes e o trenó é conectado ao balancim, o qual, por sua vez, liga-se ao burro também pelos arreios (mencionados anteriormente e presentes na Figura 3). Por último, no método do veículo de transporte de cargas, o tronco é suspenso por correntes em sua parte traseira e o balancim encontra-se na parte frontal do veículo, conectando-se ao burro através dos arreios (Figura 5). Em todos os métodos de tração estudados, estava presente o balancim equipado com um dinamômetro capaz de gravar os dados de força para a posterior análise.



Figura 4 - Zimbro tiro direto



Figura 5 - Santiago veículo

3.2 Arreios a serem analisados

Apesar de os testes iniciais terem sido realizados com sete burros da raça Asinina de Miranda e sete tipos diferentes de arreios, foram escolhidos para análise apenas três deles, os quais apresentaram maior volume de dados disponíveis para o estudo em relação aos burros Santiago e Zimbro. De forma a simplificar a análises dos arreios, foi convencionado um nome consistente em “Collar” + “numeral”. Dessa forma, nesta tese só serão tratados os seguintes arreios: Collar 1, Collar 5 e Collar 6 são.

O primeiro, chamado nos testes de Collar 1, foi produzido de forma artesanal a partir de materiais acessíveis – pau de vedação como parte da estrutura rígida e lona preenchida com lã para formar a parte de contato com o animal. Esse arreio foi confeccionado por Chris Garret, especialista da divisão de arreios da ONG “The Donkey Sanctuary”. Ele afirma que formatos semelhantes de arreio se utilizam em muitos lugares do mundo, no entanto o motivo de sua análise é, exatamente, permitir a validação de seu design. Por sua experiência em campo, Chris acredita que este tenha um desempenho igual ou mesmo melhor do que os outros arreios apresentados a seguir, além de que sua fabricação pode ser facilmente ensinada, incluindo materiais economicamente viáveis.



Figura 6 - Zimbro Collar 1

O Collar 5 é um modelo comercial de arreio conhecido como “coleira completa” e pode ser, teoricamente, utilizado tanto em burros quanto em cavalos. Apesar dessa versatilidade, objetivou-se verificar o desempenho desse arreio em relação aos outros, pois é um arreio regulável em vários pontos, o que permitiria um melhor ajuste à anatomia do animal, a qual será descrita posteriormente.



Figura 7 - Santiago Collar 5

Por último, também foi analisado o Collar 6, um arreio que fica em contato com a região do peito do animal. É o modelo mais utilizado por equídeos de trabalho em todo o mundo, pois é de simples confecção e de custo acessível, permitindo ainda que seja utilizado por vários animais. No entanto, acredita-se que sua eficiência seja menor do que a dos outros dois arreios analisados, razão pela qual se adicionou este modelo ao presente estudo.



Figura 8 – Zimbro Collar 6

Nas seções seguintes, serão tratados em detalhe os métodos e os procedimentos das mantas de pressão e os métodos de aquisição, de dados sobre a força exercida pelos burros ao se tracionar uma carga, com auxílio do balancim equipado com dinamômetro.

3.3 Mantas de pressão - contextualização

Um relato de Chris Garrett [28] descreve, numa ação de caridade da qual ele participou como instrutor na Gâmbia, uma situação inusitada. Ao ministrar um treinamento sobre a importância do bem-estar animal para um novo grupo de estudantes, ele comparou os custos envolvidos na manutenção de um burro (estalagem, alimentação, cuidados veterinários, alimentação e arreios) ao custo de substituição do animal. A comparação é feita entre um burro que trabalhou durante 15 anos consecutivos e outro que trabalhou até a morte em apenas 12 meses – fato que é muito comum em diversos países, segundo Chris.

Um dos estudantes riu-se da comparação, ao que o instrutor retornou, perguntando sobre o motivo da graça de um burro poder trabalhar até a morte em 12 meses. O estudante respondeu que conhecia famílias que matavam dois ou três burros por ano devido aos excessos na carga de trabalho. Essa história ocorreu antes de que o comércio de pele na China tomasse as proporções que tem hoje, sendo os burros ainda muito baratos, mesmo para os padrões da Gâmbia; contudo Chris defende que, também nesse contexto, seria menos custoso cuidar do animal por 15 anos do que o trocar anualmente.

A entrevista feita com Chris mostra que a questão de maus-tratos inferida do excesso de cargas e do uso dos burros até a exaustão é um cenário frequente no manejo desses animais. Outra possível causa para a diminuição da longevidade desses animais são as feridas que se desenvolvem nos pontos de apoio de selas e arreios. As feridas que acometem os animais de tração são semelhantes às úlceras de decúbito desenvolvidas por pacientes acamados. De fato, elas resultam das pressões localizadas causadas por arreios e selas mal ajustados, as quais diminuem a circulação sanguínea na região de apoio.

Existem estudos para humanos, ratos, porcos e até cães que servem de parâmetro para a análise das pressões aplicadas em Equinos ao transportarem cargas. Em dados focados no tecido humano, a pressão que causa oclusão capilar, tanto para a pele quanto para os músculos, é de 4,66 kPa (0,68 psi). Existe a possibilidade de oclusão vascular e danos na pele e nos tecidos subcutâneos quando ela excede esse valor [29]. Os músculos e tecidos adiposos podem ser danificados antes mesmo de a pele apresentar qualquer evidência visível de lesão [30]

Acredita-se que lesões nos tecidos humanos ocorram quando as pressões estão por volta de 9,3 kPa (1,35 psi), principalmente quando a exposição à referida pressão passe de duas ou três horas [31]. Em estudos com mantas em cavalos, as medidas usadas sugerem que valores de pressão médios maiores do que 11 kPa (1,6 psi), estão associados à probabilidade de indução

de dores nas costas e de lesões relacionadas a regiões do couro em contato com as selas e os tecidos subjacentes [32].



Figura 9 – As imagens A, B e C mostram diferentes tipos de amarra nas selas dos burros. C mostra as lesões que esses tipos de amarras mal ajustadas podem ocasionar [31]

Uma série de fatores adicionais devem ser levados em conta na tentativa de prever uma possível lesão, incluindo o tipo de tecido no qual o arreio ou a sela são apoiados, já que afeta o modo como as referidas lesões se desenvolvem. As pressões absolutas também contribuem para danos nos tecidos [33], devido ao impacto na superfície da pele. Também tem influência no dado superficial o tipo de material de arreios e selas, em razão da variação do atrito entre o couro do animal e a região de apoio, além da sudorese do animal, que influencia diretamente no atrito [34].

Outro fator determinante na previsão de lesões é o tempo de exposição ao trabalho realizado. Foi descoberto que a aplicação de pressão na pele humana por um período de uma a três horas pode causar danos irreversíveis, [35] fato este corroborado por um estudo feito em ratos. Encontraram-se danos permanentes no animal após serem submetidos à aplicação de pressão por uma a duas horas [36].

A partir dessa pesquisa, a fim de avaliar a aplicação de pressões que iniciam lesões em burros, decidiu-se, em acordo com a equipe veterinária, considerar o valor limite para o início de lesões em humanos de 1,35 psi (9,3kPa) – Como o trabalho é desenvolvido em associação com uma equipe de veterinários britânica, chegou-se ao acordo de que a unidade a representar as pressões seria a libra por polegada quadrada (psi). As análises dos resultados obtidos nos testes com as mantas de pressão serão apresentadas no Capítulo 4.

3.3.1 Mantas de Pressão – ensaios e procedimentos

Para a aquisição de dados das pressões envolvidas entre os arreios e a superfície de apoio nos burros, foram utilizadas mantas de pressão CONFORmat™ System, produto comercial da Tekscan® que permite avaliar, em tempo real, informações sobre a distribuição de pressão na superfície. Essas mantas são, normalmente, usadas para analisar e otimizar a ergonomia de pacientes cadeirantes [37].

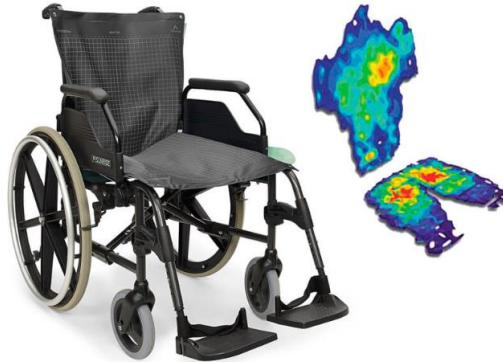


Figura 10 -Aplicação usual das mantas de pressão da Tekscan® [37]

A flexibilidade da manta possibilitou a aplicação nos animais de estudo (os burros), mas devido à presença em campo, com o objetivo de prover maior proteção, desenhou-se uma capa protetora para as mantas de pressão no SolidWorks®, que foi encaminhada a um alfaiate para confecção. O desenho técnico da capa protetora encontra-se no Anexo I. A figura a seguir mostra a aplicação da capa protetora no burro. Esta foto representa a sua efetividade tanto em proteger a manta quanto em permitir o acesso a seus componentes eletrônicos.



Figura 11 - Teste da efetividade da capa protetora

Em paralelo à fabricação da capa protetora, foi feita a calibração das mantas de pressão como descrito no manual de utilização do usuário. O método escolhido para a calibração foi o Pressure Calibration, o qual, segundo o fabricante, garante maior confiabilidade na calibração [38].

No método escolhido, tanto a normalização (redução da variância dos resultados) quanto a calibração foram realizadas simultaneamente a partir da aplicação de pressão sobre os sensores presentes no interior da manta [39].

O método consiste na aplicação de massas com peso e áreas de base conhecidas. O valor teórico da pressão na superfície da manta é comparado com a leitura fornecida pelos sensores. Pode-se adicionar até 10 pontos distintos de calibração. Para cada ponto, a pressão deve ser elevada proporcionalmente [39].

Por essa razão, decidiu-se calibrar as mantas a partir de massas conhecidas e, para cada novo ponto de calibração, foi adicionada uma massa adicional. A fim de proteger a manta de possíveis desgastes mecânicos durante a calibração, posicionou-se um pedaço de papelão entre a manta e a massa. A figura a seguir mostra um exemplo da aplicação desses pontos de calibração. A massa aplicada era de 5 kg, com área aproximada de $0,0647 \text{ m}^2$. Considerando-se ainda a aceleração da gravidade como $9,81 \text{ m/s}^2$, chegou-se em um valor teórico de $2.274,33 \text{ Pa}$.

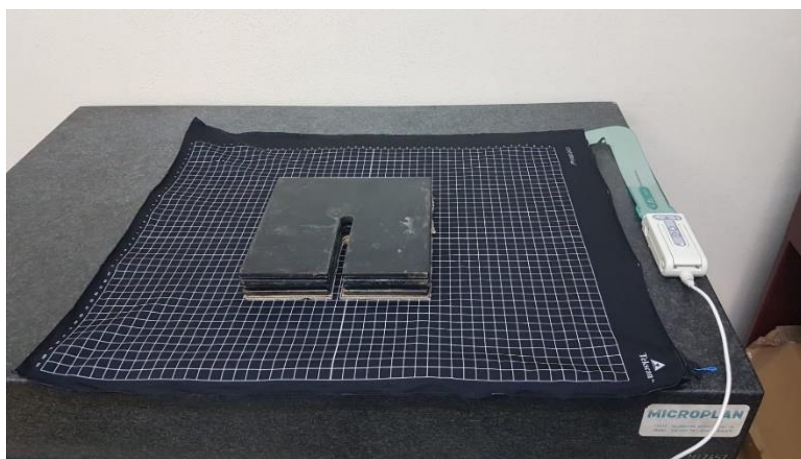


Figura 12 – Exemplo de aplicação de carga para calibração

Ao final da calibração, o software da manta de pressão permite a criação de um arquivo de calibração que pode ser carregado toda vez que as mantas forem utilizadas. Isso facilita o uso da tecnologia, pois o processo de calibração não precisa ser feito toda vez que se utiliza as mantas para a gravação dos dados de pressão. Assim, ao fim da calibração, o software

indicava uma pressão de 2.274,9 Pa para o mesmo caso, confirmando a calibração correta das mantas.

Com o arquivo de calibração salvo, toda vez que as mantas foram utilizadas, carregou-se esse arquivo, permitindo que os ensaios fossem gravados para uma posterior análise, a qual será apresentada no Capítulo 4.

Durante um dos testes, uma avaria acometeu as mantas de pressão. Os sensores pararam de funcionar corretamente, e as leituras gravadas eram incondizentes com a realidade. Além disso, algumas áreas não reconheciam as pressões aplicadas. A figura a seguir mostra os resultados obtidos após a avaria.

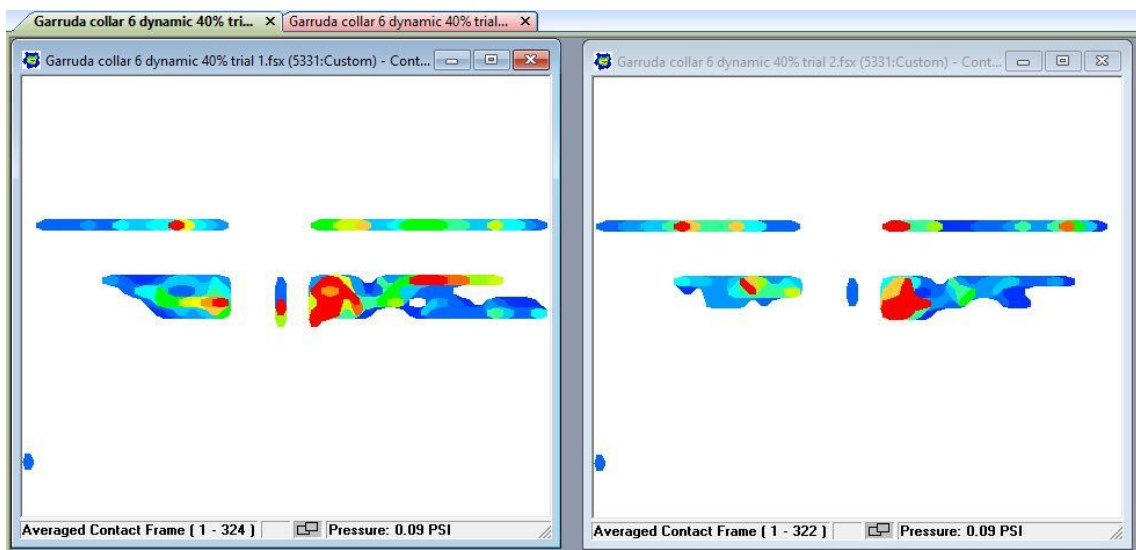


Figura 13 - Leitura das mantas após a avaria

Um teste em laboratório foi realizado com o intuito de analisar a avaria. Um dos procedimentos utilizados foi o de posicionar a massa de 5 kg utilizada na calibração e variar a sua posição nas mantas, de forma a perceber quais valores de pressão seriam retornados. As imagens a seguir mostram a orientação utilizada nas mantas e, em seguida, os valores retornados. O valor teórico era de 0,75811 kPa, e esperava-se valores indicados pelas mantas próximos a esse valor teórico, como foi descrito na parte da calibração. No entanto, esse fato não se confirmou, visto que, ao se variar a posição da carga nas mantas, os valores obtidos foram de 1,6 kPa para o primeiro quadrante, 1,0 kPa para o segundo quadrante, 0,8 kPa para o terceiro quadrante e 2,8 kPa para o quarto quadrante.

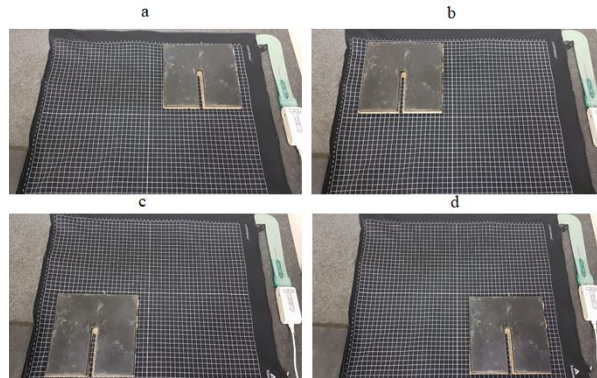


Figura 14 - Orientação das mantas. a) primeiro quadrante; b) segundo quadrante; c) terceiro quadrante e d) quarto quadrante

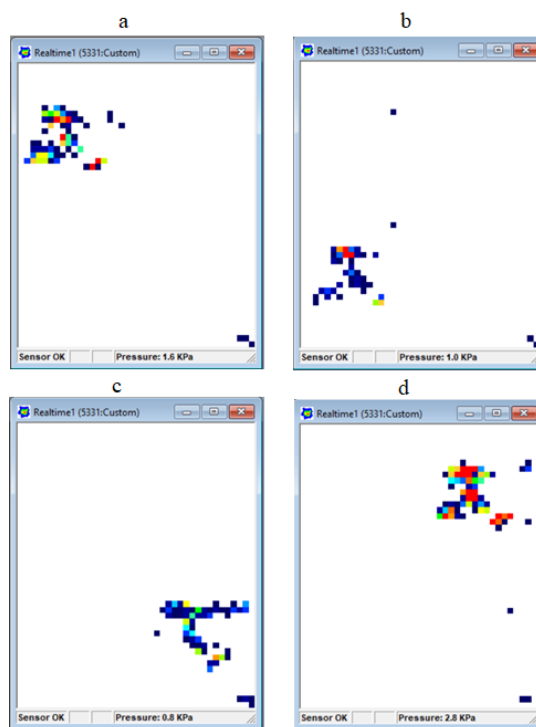


Figura 15 - Leitura obtidas: a) primeiro quadrante; b) segundo quadrante; c) terceiro quadrante e d) quarto quadrante

Dessa forma, os testes realizados em laboratório confirmaram a avariava das mantas, pois, ao se variar a posição da aplicação da carga, os valores retornados variavam. Em alguns casos, ocorreu, inclusive, a leitura de pressões que não existiam. O fornecedor foi contactado, mas a troca de e-mails com a assistência técnica não resultou em uma solução do problema à distância. As mantas, então, tiveram de ser enviadas aos fabricantes, fato que impossibilitou a continuidade das análises. Portanto, no Capítulo 4, só serão discutidos os dados obtidos nos testes feitos no IPB, já que as mantas de pressão não estiveram presentes nos testes realizados na Galiza.

3.4 Medição de força na tração animal – contextualização

Um dos componentes mais importantes ao se tratar da tração animal é o balancim. Por definição, o balancim é peça de madeira ou de metal que tem movimento oscilatório destinado a transmitir ou a transformar outro movimento. É a partir dele que ocorre a transmissão da energia gerada pelo animal à carga a ser transportada, pois é a peça que faz a ligação do animal de tração à carga.

Normalmente, os balancins têm uma largura compatível com a traseira do animal e apresentam um olhal no ponto médio da superfície do objeto, que é utilizado para se enganchar a carga, e outros dois olhais nas pontas, designados para a conexão das cordas do arreio. Por meio de seus mosquetões, as cordas são encaixadas uma de cada lado, conectando o balancim ao arreio do animal.



Figura 16 - Exemplo de balancim de metal [40]

Durante o transporte de uma carga, o balancim fica suspenso, como mostrado na Figura 17, tanto nos métodos de tiro direto e trenó, quanto no uso de veículo, como apresentado na Figura 18. Dessa maneira, o balancim fica protegido de choques mecânicos, característica que possibilitou o desenvolvimento de um projeto para a medição da força gerada pelo burro durante o transporte de cargas. Os métodos e os procedimentos desenvolvidos ao longo desse projeto são tratados a seguir.



Figura 17 - Balancim em operação no trenó



Figura 18 - Balancim em funcionamento no veículo

3.4.1 Dinamômetro – projeto inicial

Para a primeira fase de aquisição dos dados de força, pensou-se em utilizar um extensômetro da fabricante HBM de resistência 120Ω e com Gauge Factor de 2,21, juntamente com um sistema de aquisição e de gravação de dados P3 produzido pela Vishay. Esse sistema foi ensaiado no Laboratório de Materiais do IPB a partir da máquina de tração AGS-X da montadora Shimadzu, com capacidade de carga de até 10 kN.

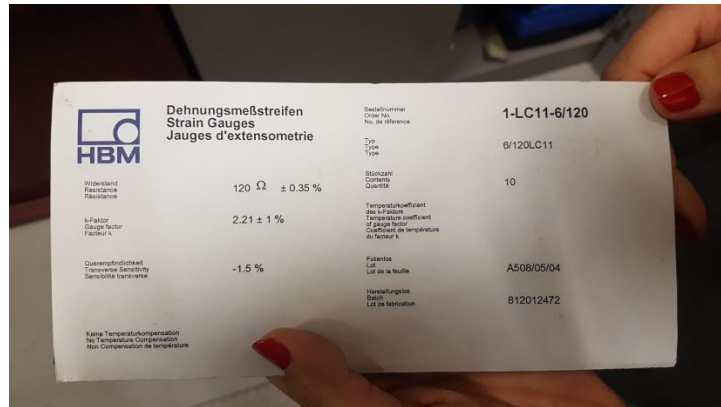


Figura 19 - Características do extensômetro



Figura 20 - Calibração do extensômetro com o P3

No entanto, os ensaios realizados com base nessa ideia inicial não condisseram com o esperado. Acredita-se que ou não existia uma compatibilidade entre o P3 e o extensômetro, ou este segundo estava avariado, pois já tinha sido utilizado em outras aplicações.

A solução encontrada para esse problema foi a utilização de uma célula de carga, cuja robustez e aplicabilidade melhor se ajustam à realização dos testes. Mais uma vez, tentou-se reutilizar um material próprio da escola, a Single Point Load Cell modelo N° 1042. As características da célula de carga utilizada encontram-se no Anexo II - Single Point Load Cell, também ilustradas na Figura 21.



Figura 21 - Single Point Load Cell

Foi usinada uma adaptação que possibilitasse a utilização da célula de carga como um dinamômetro aliado ao P3. A ideia envolvida nessa adaptação consistia em conectar ao P3 o olhal existente na célula de carga – visível no lado esquerdo da Figura 22. O olhal usinado – visível no lado direito da Figura 22 – seria conectado a um outro guincho que, por sua vez, seria conectado por correntes à carga transportada.



Figura 22 - Adaptação para utilização nos testes

Entretanto, em momento posterior, percebeu-se que a célula de carga utilizada tinha capacidade máxima de carga de 15 kg, como mostrado na Figura 23, fato que impossibilitou a continuidade de sua utilização. De fato, a ordem de grandeza das cargas transportadas pelos burros supera, enormemente, a capacidade de carga dessa célula.



Figura 23 - Capacidade máxima de carga da Single Point Load Cell

Por fim, decidiu-se fazer a aquisição de uma célula de carga mais adequada à aplicação pretendida. O modelo de aço niquelado 615 da fabricante Tedeia possui capacidade de carga de 300 kg e é capaz de reconhecer tensão e compressão. As informações técnicas dessa célula de carga estão disponíveis no Anexo III - Tension-Compression Load Cells (615).



Figura 24 - Célula de carga adquirida

Essa célula de carga apresentava conectividade com o P3. Assim, o processo para aquisição dos dados consistia em configurar o P3, a cada ensaio, da seguinte maneira: escolhia-se o canal ao qual a célula de carga estava conectada, no caso, Channel 3, e a seguir escolhia-se a unidade de saídas dos dados, no caso, em Newtons. Configurava-se a escala para 3000 (por ser uma célula de carga com capacidade de 300 kg), com um fator de conversão de 2,017 mV/V (informado pelo fabricante). Por fim, escolhia-se a quantidade de casas decimais a serem

mostradas na saída dos dados, no caso, duas casas decimais. Também de acordo com o fabricante - o Data Sheet está disponível no Anexo III - Tension-Compression Load Cells (615) -, a ligação dos fios que saíam da célula de carga e se conectavam ao P3 acontecia como ilustrado na Figura 25.

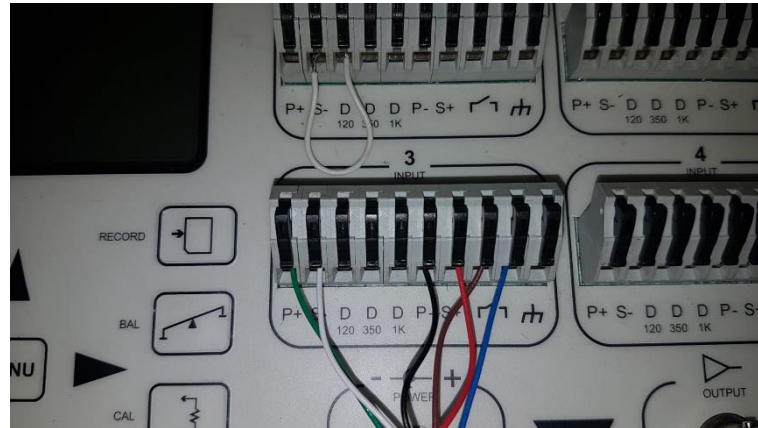


Figura 25 - Ligação dos fios no P3

Com essas configurações, o P3 salvava os valores de força exercida pelo animal em Newtons a cada segundo. Ao fim dos ensaios, era gerado um arquivo no cartão de memória como mostrado na Figura 26.

```

Mishay Model P3 Strain Indicator and Recorder
Serial No: 0160562
File Created: 11/16/18 09:19:42
Ch 1
N
----
09:19:43 +013.7
09:19:44 +017.7
09:19:45 +000.9
09:19:46 +001.7
09:19:47 -000.8
09:19:48 +003.3
09:19:49 +014.2
09:19:50 +016.7
09:19:51 +005.0
09:19:52 +003.5
09:19:53 -008.2
09:19:54 +064.1
09:19:55 +028.9
09:19:56 +382.8
09:19:57 +029.3
09:19:58 +049.5
09:19:59 -032.9
09:20:00 -032.3
09:20:01 +008.3
09:20:02 -013.3
09:20:03 +109.8

```

Figura 26 - Exemplo de dados salvos pelo P3

As seis primeiras linhas repetiam-se em todos os arquivos salvos pelo P3. Desenvolveu-se, então, um programa em VBA no Excel, com o objetivo de gerar gráficos a partir dos dados que foram salvos utilizando esse método. O programa desenvolvido pode ser encontrado no Anexo IV. Os gráficos gerados pelo programa desenvolvido têm a forma ilustrada na Figura 27.

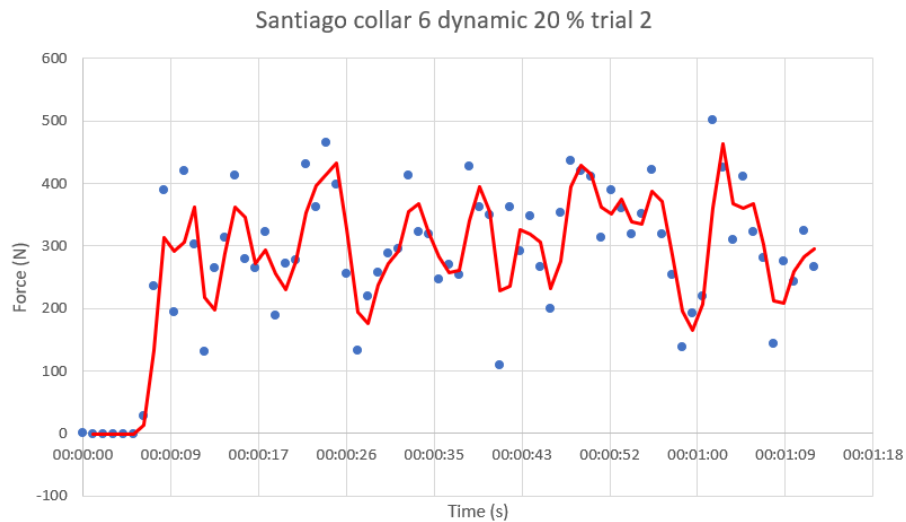


Figura 27 - Exemplo de gráfico gerado pelo programa desenvolvido em VBA

No eixo y, transpõe-se a imagem da força que o animal faz, já no eixo x, mostra-se o tempo do ensaio. Os pontos marcados no gráfico representam a força real gravada pelo P3 em dado instante. A partir desses pontos de força, o programa gera uma linha de tendência que possibilita melhor visualização da dinâmica envolvida no transporte da carga.

Além das determinações e características acima apresentadas, é preciso ressaltar algumas limitações que foram percebidas no projeto:

- Excesso de fios que passavam entre o balancim e o trenó;
- O P3 é um componente que ocupa muito espaço, o que acabava dificultando a implementação desse sistema em campo;
- A célula de carga ficava desprotegida (como fica perceptível na Figura 28).



Figura 28 - Célula de carga em operação

Esses três fatores limitaram a aplicação desse sistema de medição de força em campo, de maneira que só foi utilizado nos testes realizados no IPB. Já nos testes realizados na Espanha, utilizou-se o sistema que será tratado adiante.

3.4.2 Dinamômetro IPB – primeiro protótipo

Terminados os primeiros testes realizados no IPB, decidiu-se desenvolver um projeto de dinamômetro integrado com um balancim, a fim de sanar as limitações do projeto inicial descritas no item anterior. Para tanto, contou-se com a associação do Departamento de Eletrotécnica do IPB, por meio da participação do Professor Doutor João Paulo Coelho, responsável pelo desenvolvimento da parte eletrônica do projeto.

O projeto iniciou-se com a criação de um protótipo com funcionalidades semelhantes ao P3 que recebia os dados da célula de carga e, então, fazia seu registro em um cartão de memória. O primeiro protótipo incluiu em sua construção um Arduino e uma *protoboard* que podem ser verificados na Figura 29.

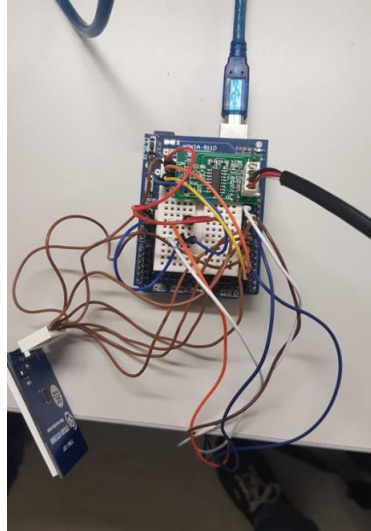


Figura 29 - Protótipo do dinamômetro

Para esse protótipo foi utilizada uma célula de carga de 500 kg com capacidade de reconhecer compressão e tração do modelo RB-Phi-204. Suas características então descritas no Anexo V.

A fim de verificar o funcionamento desse novo método em substituição ao anterior, calibrou-se o protótipo na máquina de tração. Os resultados destas calibrações e o cálculo do erro absoluto estão disponíveis no Anexo VI – Calibração do primeiro protótipo.

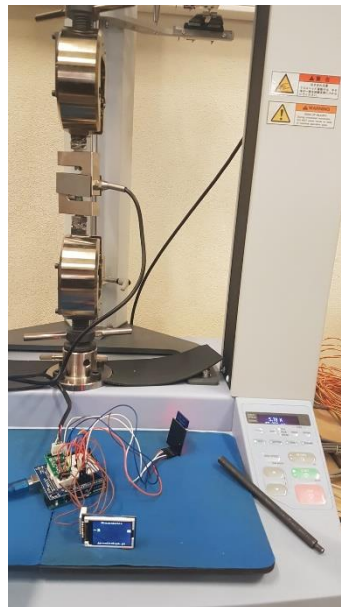


Figura 30 - Ensaio para validação e calibração do protótipo

Com os dados obtidos no Anexo VI, foi possível traçar uma reta de calibração, na qual o eixo x representa a média obtida com a calibração em *raw*, informada pela célula de carga, e o eixo y apresentada a força aplicada. Os valores em x são negativos por uma questão de

polaridade do protótipo, sendo que, nesse caso, o valor negativo representa tração e o valor positivo, compressão. Já na confecção dos protótipos posteriores, foi convencionado o contrário.

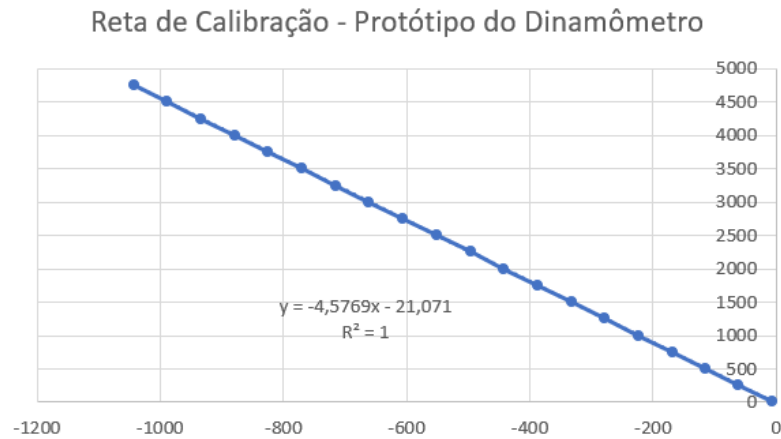


Figura 31 - Reta de Calibração - Protótipo do dinamômetro

A partir dessa reta, calculou-se a relação entre as informações em *raw* registradas pela célula de carga no sistema eletrônico e a força em N, que se dá da seguinte forma: Leitura (*raw*) multiplicada por um fator de - 4,5769, subtraída de 21,071.

Com a validação e a calibração dessa célula de carga, desenvolveu-se uma versão de dinamômetro capaz de ser embarcada num primeiro protótipo de balancim. (Figura 32)

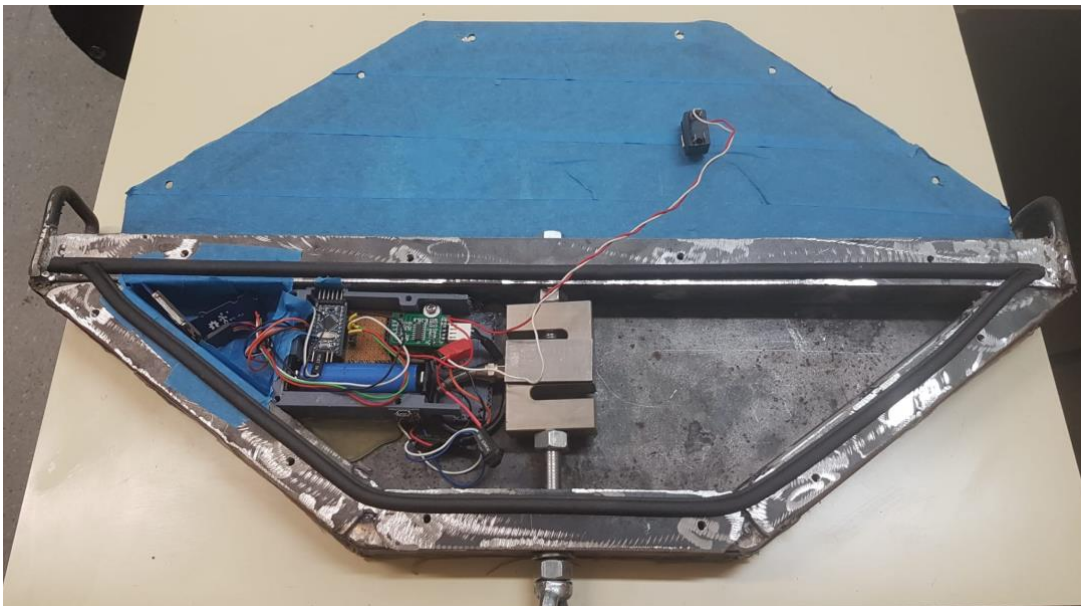


Figura 32 - Dinamômetro embarcado no balancim

O protótipo embarcado tinha uma das extremidades da célula de carga fixa, e no lado oposto existia um olhal que se conectava à carga a ser transportada. Portanto a força que o

animal produzia nos olhais laterais que se conectavam aos arreios era transferida diretamente para a célula de carga, a qual gravava os dados em um cartão de memória, como pode ser conferido na Figura 33. A gravação dos dados era iniciada com a ativação de uma chave que ficava na parte externa do balancim.

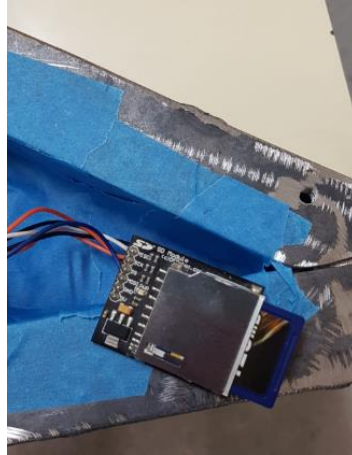


Figura 33 - Cartão de memória que salva os dados



Figura 34 - Primeiro protótipo parte externa

Como forma de verificar o funcionamento em campo desse primeiro projeto, foram feitos quatro ensaios na III Semana da Gestão Agroflorestal Sustentável, ocorrida em Vimioso, no distrito de Bragança, Portugal, organizada pela Associação Portuguesa de Tração Animal (APTRAN). A seguir, serão mostradas imagens desses ensaios e os respectivos gráficos gerados pelo programa de Excel desenvolvido para esse novo protótipo. A programação pode ser conferida no Anexo VII – Programa VBA primeiro protótipo.

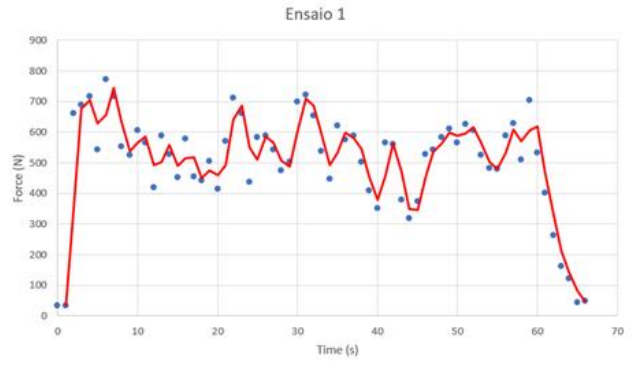


Figura 35 - Vimioso ensaio 1

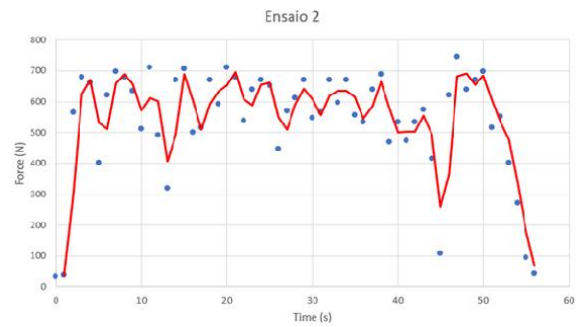


Figura 36 - Vimioso ensaio 2

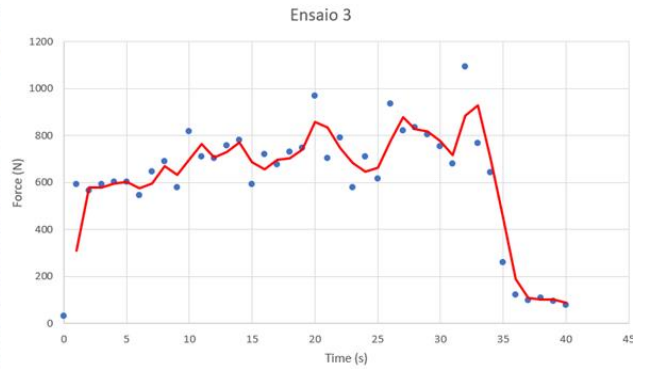


Figura 37 - Vimioso ensaio 3

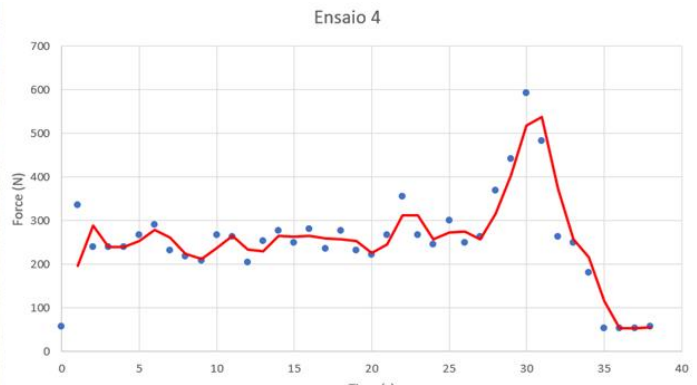


Figura 38 - Vimioso ensaio 4

Os ensaios 1 e 2 consistiram em puxar um tronco de eucalipto no estilo tiro direto e aconteceram em condições iguais de pista, apenas variando o sentido do transporte. A diferença entre a força exercida pelo animal é pequena, pois a pista apresentava maior inclinação na ida do que na volta. Já no ensaio 3, manteve-se a carga a ser transportada e aumentou-se a inclinação da pista de ensaios. Por último, no ensaio 4, trocou-se o tiro direto pela tração de um trenó sem carga. No final do último ensaio, uma grande variação na inclinação ficava clara no instante de 30 segundos no gráfico 4.

Por meio dos ensaios realizados em Vimioso, foi confirmado que a ideia de se embarcar um dinamômetro num balancim era promissora. Com esse método, retifica-se a limitação provocada pelo uso de fios entre o balancim e o trenó e reduz-se o espaço necessário entre os elementos, já que não existe mais a necessidade de utilização do P3. Além disso, a célula de carga fica protegida de possíveis choques mecânicos, podendo ser utilizada em campo.

Entretanto, um fato que chamou atenção durante os ensaios em Vimioso foi a instabilidade apresentada pelo balancim enquanto estava sendo usado para transportar a carga. Como esse primeiro protótipo, havia muito espaço inutilizado – o que pode ser verificado na Figura 32. Buscou-se, então, no segundo protótipo do dinamômetro, uma geometria mais próxima à usual e de menor massa, de maneira a reduzir a oscilação verificada.

3.4.3 Dinamômetro IPB – segundo protótipo

Para atingir os objetivos de redução de massa e de simplificação da geometria do protótipo inicial, escolheu-se um tubo quadrado com dimensão de 40 mm e parede de 3mm, capaz de comportar os componentes eletrônicos e a célula de carga necessários à medição de força pretendida. A Figura 39 mostra o desenho feito no SolidWorks® que foi, em seguida, encaminhado para o departamento de eletrotécnica, a fim de se desenvolver a montagem dos componentes eletrônicos.

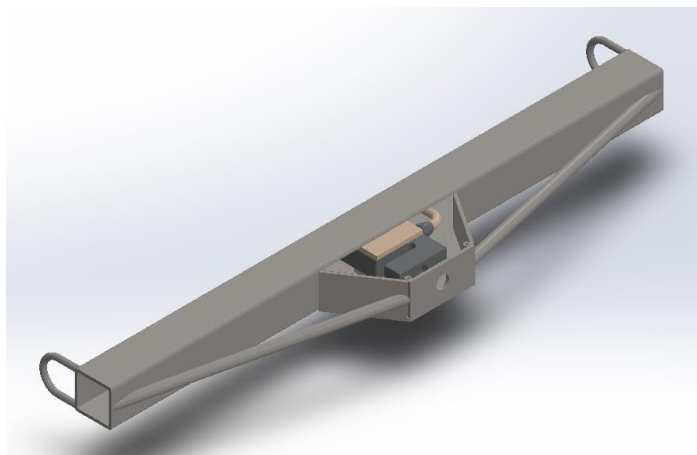


Figura 39 – segundo protótipo desenho inicial - Vista isométrica

O segundo projeto consistiu em uma chave para a ativação do sistema eletrônico de gravação de dados, além de incluir luzes indicadoras do funcionamento, um espaço para cartão de memória que grava os dados e uma entrada micro USB para o carregamento da bateria que alimenta os componentes eletrônicos. As Figuras 40 e 41 mostram a montagem desses componentes.

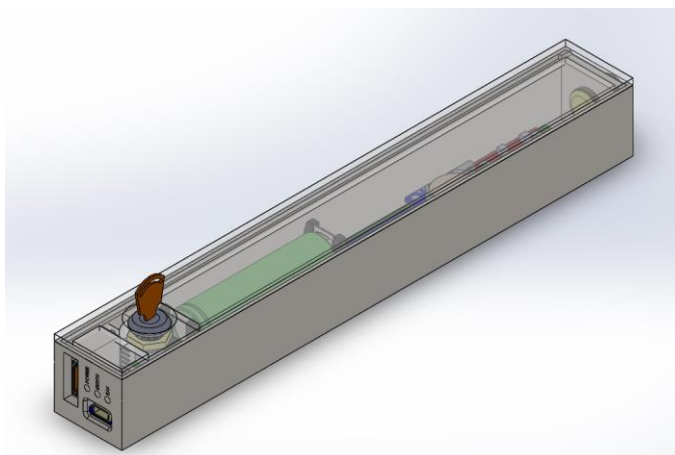


Figura 40 - Montagem componentes eletrônicos – Vista isométrica

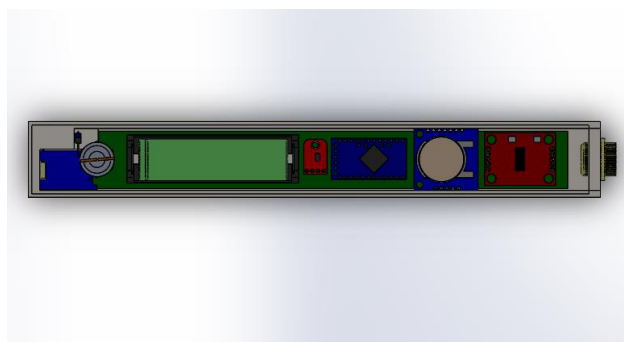


Figura 41 - Montagem componentes eletrônicos – Vista superior

Por fim, em uma impressora 3D, confeccionou-se uma caixa protetora que abriga os componentes eletrônicos e que se encaixa no tubo quadrado do balancim.



Figura 42 - Caixa protetora

A partir dessas montagens, iniciou-se a construção de três balancins para serem usados nos testes realizados na Espanha: dois com comprimento de 60 cm e um com comprimento de 80 cm. Convencionou-se um nome para cada um desses balancins.

- Swingle tree 1: balancim de 60 cm;
- Swingle tree 2: balancim de 60 cm;
- 80 cm Swingle tree: balancim de 80 cm.



Figura 43 - De cima para baixo: 80 cm Swingle tree, Swingle tree 2 e Swingle tree 1

Os balancins são semelhantes, mudando apenas o comprimento. Nesta seção do capítulo, serão mostradas imagens somente do 80cm Swingle tree, por motivo de simplificação dos ensaios e procedimentos, os quais tiveram as mesmas características para os três balancins.

Os componentes eletrônicos do dinamômetro que foram construídos e instalados na caixa impressa na impressora 3D estão presentes na Figura 44. A célula de carga foi fixada no balancim conforme a Figura 45.

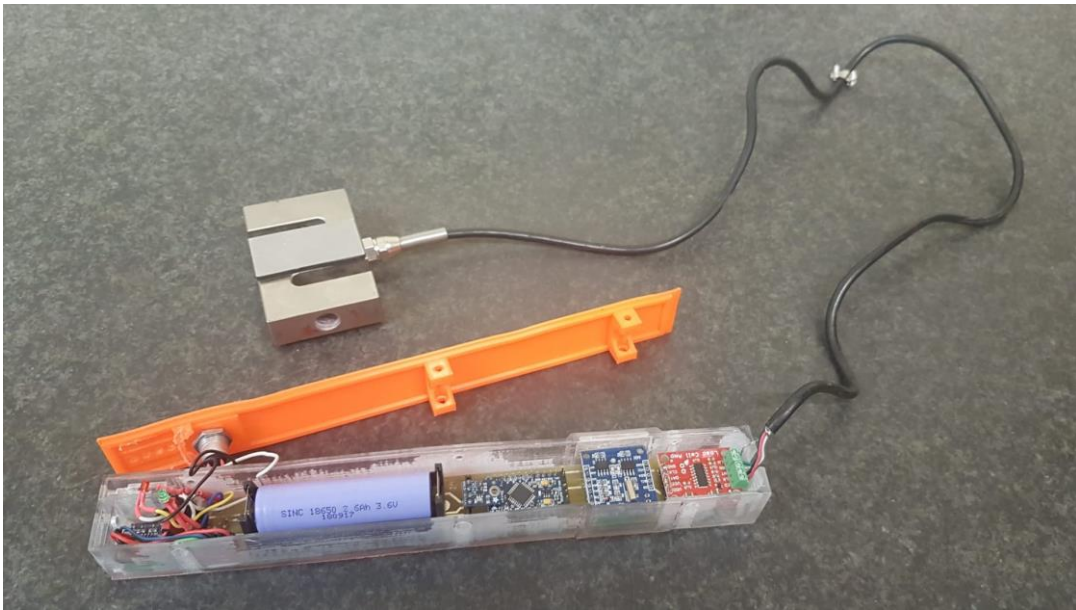


Figura 44 - Componentes eletrônicos dinamômetro



Figura 45 - Fixação da célula de carga no balancim

Os componentes eletrônicos ficaram posicionados no lado do balancim, o que permitia acesso ao cartão de memória e ao carregador de bateria, juntamente com o espaço para a fechadura e os LEDs indicativos de funcionamento. Seguindo essa montagem, o balancim estava pronto para funcionamento, como se verifica no 80cm Singletree na Figura 47.



Figura 46 - Acesso aos componentes eletrônicos



Figura 47 - 80cm Swingle tree pronto

Posteriormente aos testes realizados na Galiza, foi feita uma calibração seguindo o mesmo método descrito na secção 3.5.2. nos seguintes balancins, os quais foram utilizados na aquisição de dados dos testes realizados na Galiza:

- Swingle tree 1 - calibração no Anexo VIII e programa em VBA no Anexo IX;
- 80cm swingle tree - calibração no Anexo X e programa em VBA no Anexo XI.

Os dados obtidos com as mantas de pressão e os dinamômetros tanto nos testes realizados no IPB, quanto naqueles ocorridos na Galiza serão discutidos no Capítulo 4.

Capítulo 4

Serão analisados os dados obtidos com as mantas de pressão e os dinamômetros, a fim de verificar a influência da variação dos arreios na dinâmica da tração animal e, se possível, investigar a eficiência dos arreios descritos no capítulo anterior.

4.1 Análise das mantas de pressão

Como se trata de um estudo pioneiro no que concerne o burro mirandês, escolheu-se, no software CONFORmat Research™ da Tekscan®, um valor de legenda que melhor se adequasse aos dados recolhidos durante os ensaios. Para a visualização mais efetiva da distribuição de pressões nas mantas, optou-se, portanto, por um valor de legenda de imagem de 0,07 psi, pois era o que apresentava maior distribuição de cores para os três tipos de arreios analisados.

Além disso, compararam-se as imagens geradas com a legenda de 0,07 psi com aquelas com o valor de legenda de 1,35 psi (como discutido na secção 3.3 Mantas de pressão – Contextualização), de forma a verificar se, mesmo com baixos valores de carga, haveria alguma zona de contato que iniciaria o processo de oclusão capilar. As escalas de pressões das duas legendas podem ser verificadas na Figura 48 abaixo.

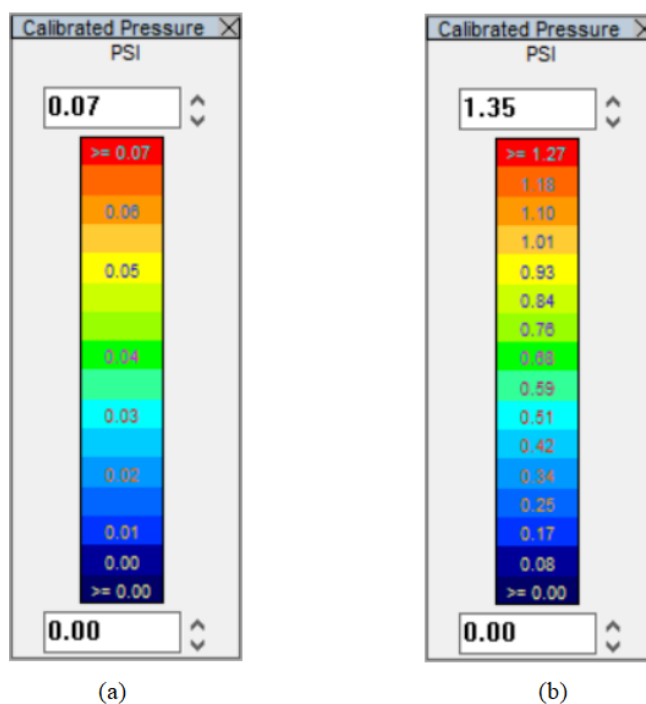


Figura 48 - Escala de cores para as legendas de (a) 0,07 psi e (b) 1,35 psi

4.2 Criação das imagens de contato média

Os dados obtidos com as mantas de pressão foram preparados para posterior análise no Photoshop®. O software da Tekscan® permite a interpolação de pixels gravados nos arquivos gerados nas mantas de pressão e a partir disso cria uma imagem de contato média (denominação encontrada no software da Tekscan®) do ensaio ao fazer uma interpolação dos pixels, possibilitando encontrar a distribuição efetiva das pressões nas zonas de contato entre os arreios e a pelo do animal. Para posterior análise no Photoshop®, editaram-se as imagens de contato médias geradas pelo software de análise das mantas a partir das referências anatômicas dos equinos.

4.2.1 Referências anatômicas

Com a necessidade de definir pontos de referência nas imagens que permitissem a localização das pressões e a posterior análise dos dados obtidos com as mantas de pressão nos testes realizados no IPB, escolheram-se regiões anatômicas dos burros que servem como o apoio dos arreios. As regiões de interesse são mostradas a seguir:

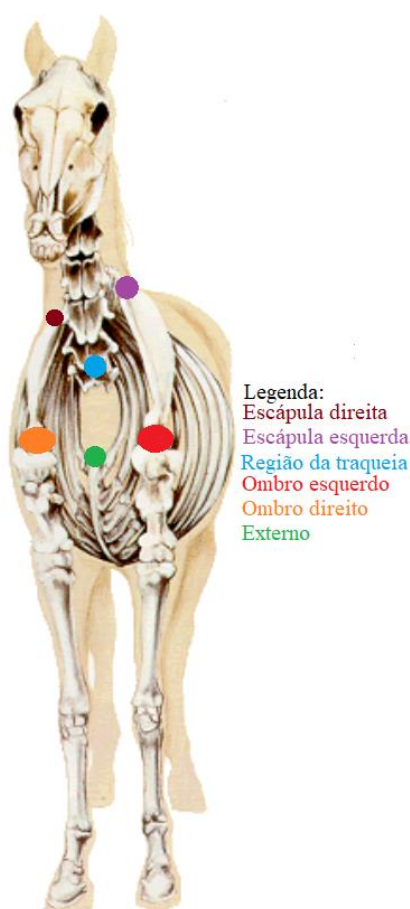


Figura 49 - Referências para as análises das mantas de pressão – Figura editada [41]

Os ombros, as escápulas e os externos são pontos de interesse, visto que, nesses locais, a pele está em contato direto com o osso, sem a proteção de musculatura ou tecidos adiposos. Já a região da traqueia é importante devido à possibilidade de os arreios de peito provocarem sufocamento, como posteriormente foi verificado com os testes do Collar 6.

Ao início de cada ensaio, marcavam-se os pontos estratégicos nas mantas de pressão para as referências de alinhamento dos arreios Collar 1 e Collar 5. Eram marcadas as posições, primeiramente, do ombro e, em seguida, da escápula, referentes ao lado do animal (esquerdo ou direito) cujos dados seriam colhidos (Figura 50).

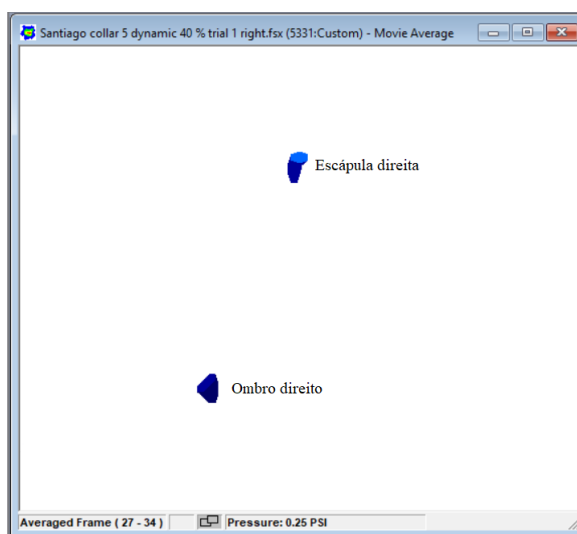


Figura 50 – Exemplo de referência para o Collar 5

Já para o Collar 6 (Figura 51), marcava-se primeiro o ombro esquerdo, depois, o ombro direito e, por último, identificava-se o externo do animal. As referências tinham a seguinte forma:

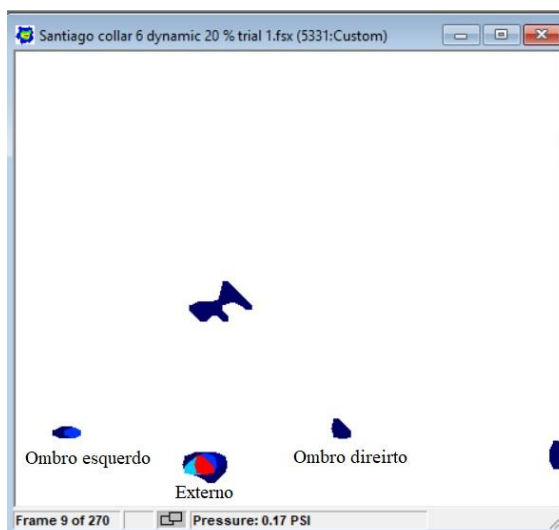


Figura 51 - Exemplo de referência para o Collar 6

A partir desses pontos, foram criadas as linhas de referência que possibilitariam a posterior análise das imagens no Photoshop®. Com as referências marcadas, geravam-se, então, através de uma interpolação de pixels imagens que serão denominadas como imagens de contato médias (denominação encontrada no software da Tekscan®). Esse método enquadrava-se às necessidades da análise desejada, uma vez que permite a produção de imagens médias das regiões que sofreram pressão efetiva durante os ensaios, excluindo-se as demarcações das pressões que foram apenas usadas como pontos de referência.

4.2.2 Collar 1 e 5 - criação da imagem de contato média

O método utilizado na criação da imagem média do Collar 1 e aquela do Collar 5 é semelhante, visto que ambos os arreios são suportados entre os ombros e as escápulas. Por esse motivo, pode-se demonstrar tal método por meio do exemplo da criação da imagem de contato média para o Collar 5.

Na montagem da imagem média, primeiramente, seleciona-se o arquivo a ser analisado. O software da Tekscan® CONFORmat Research™, o qual possui várias ferramentas que contribuem para a análise das imagens, permite adicionar uma linha que tem como pontos, de um lado, o ombro e, de outro, a escápula.

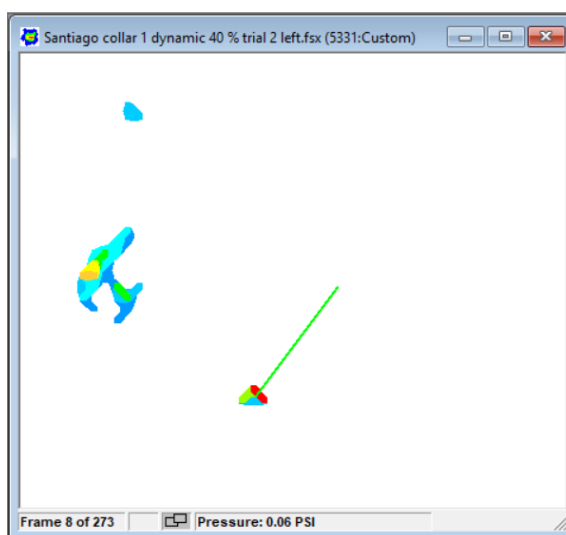


Figura 52 - Marcação do ombro ponto 1

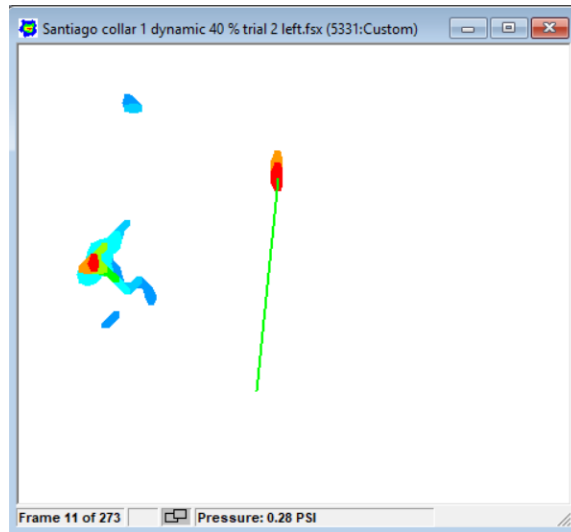


Figura 53 - Marcação escápula ponto 2

Uma vez criada uma linha de referência entre os pontos do ombro e da escápula, é possível selecionar somente os quadros que não sofreram interferência da pressão aplicada apenas com o objetivo de marcar os pontos de referência. No exemplo selecionado, a partir do quadro 46, já havia somente contato entre os arreios e a pelo do animal.

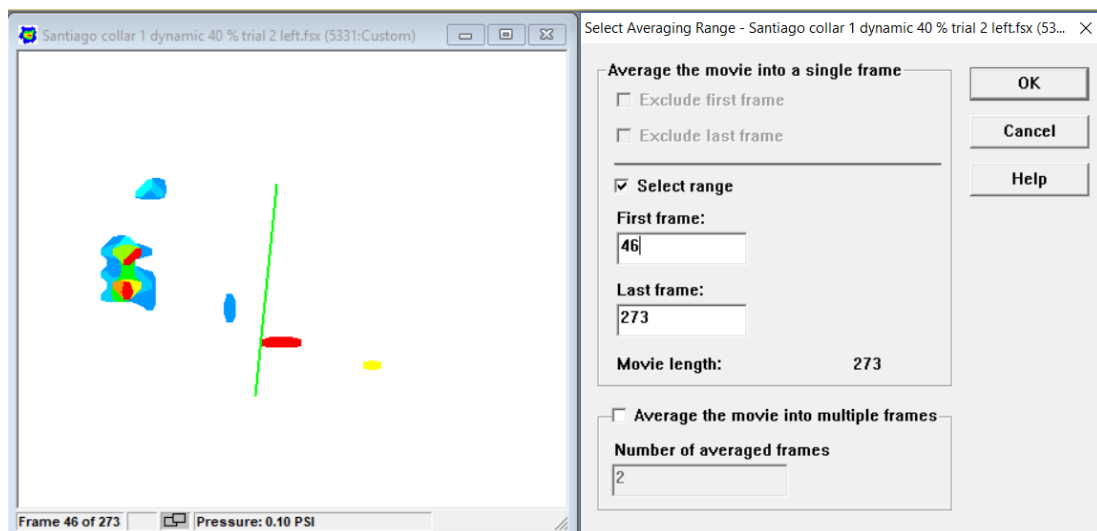


Figura 54 - Seleção dos quadros referentes ao ensaio

Depois disso, o software da Tekscan® cria a imagem de contato média, que consiste na realização de uma média entre todos os quadros selecionados do ensaio (Figura 54). A imagem de contato média para o ensaio escolhido é, então, salva para posterior análise no Photoshop® (Figura 55).

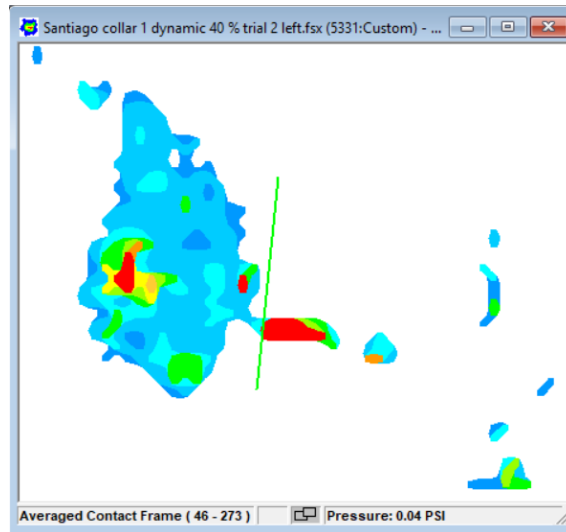


Figura 55 - Exemplo de criação de imagem de contato média

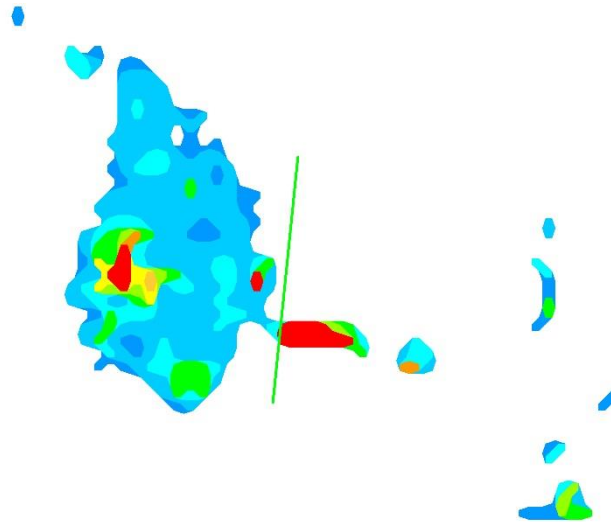


Figura 56 – Imagem de contato média do Santiago collar 1 dynamic 40 % trial 2 left

4.2.3 Collar 6 - criação da imagem de contato média

Para a criação da imagem de contato média para o Collar 6, de forma semelhante ao exposto na secção anterior para o Collar 1 e o Collar 5, seleciona-se o arquivo a ser analisado e marca-se o ombro esquerdo como um dos pontos da linha de referência que une ombro esquerdo ao externo. Em sequência, marca-se o externo para definir a primeira linha de referência. O mesmo processo é feito para a definição da linha de referência ombro direito-externo.

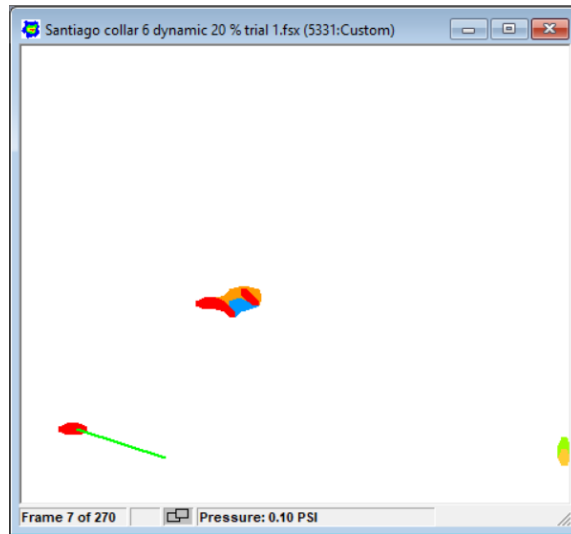


Figura 57 - Ombro esquerdo

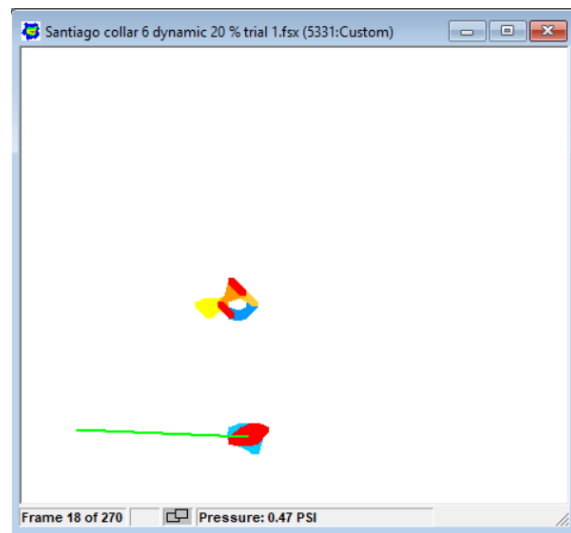


Figura 58 - Linha ombro esquerdo externo

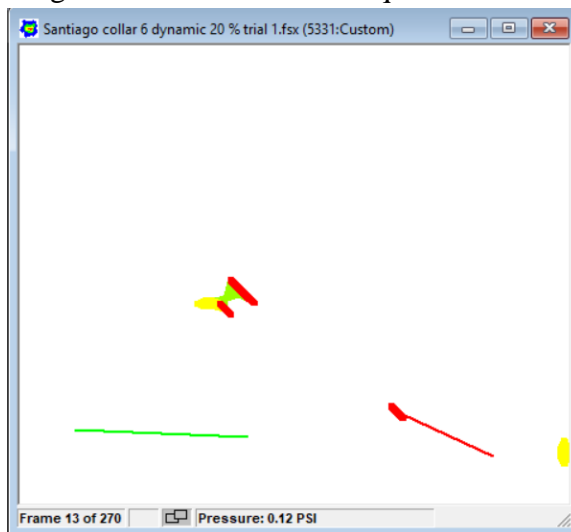


Figura 59 - Ponto ombro direito

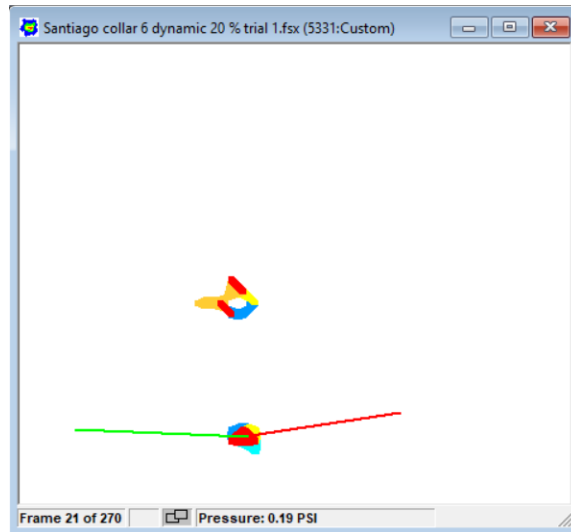


Figura 60 - Linha ombro direito – externo

Uma vez definidas as linhas de referência “ombro esquerdo – externo” e “ombro direito – externo”, selecionam-se apenas os quadros que não têm interferência das pressões exercidas para a marcação das referências, permitindo a criação da imagem de contato média (Figura 61). Assim como descrito no item 4.2.2, o software da Tekscan®, então, cria a imagem de contato média com base nos pontos em que a manta foi pressionada de fato durante os ensaios (Figura 61), e a imagem é salva para posterior análise no Photoshop® (Figura 63).

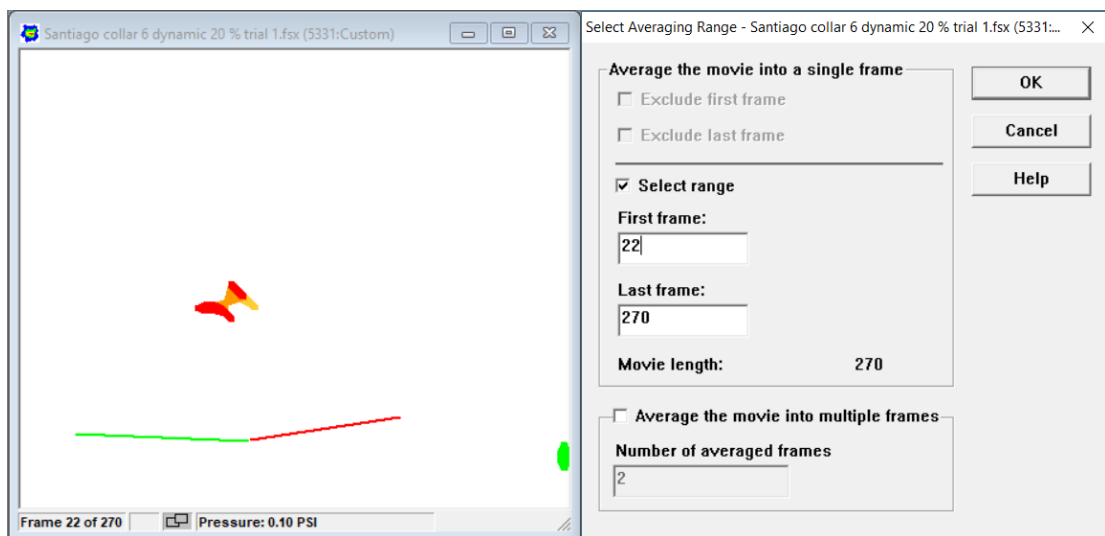


Figura 61 - Seleção dos quadros referentes ao ensaio

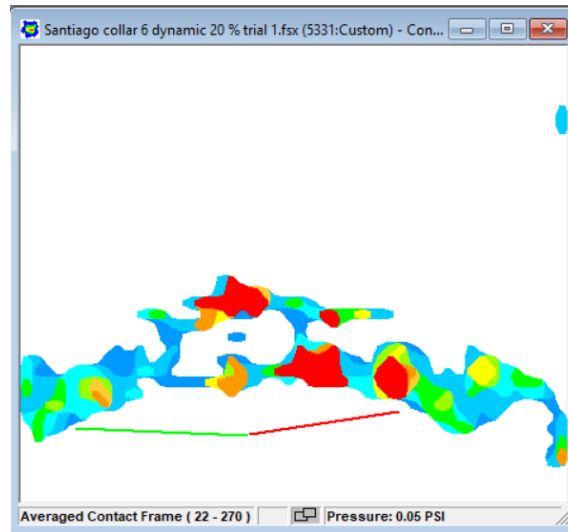


Figura 62 - Exemplo de imagem de contato média gerada para o collar 6

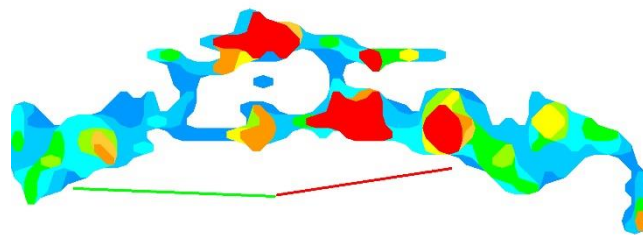


Figura 63 - Imagem de contato média para Santiago Collar 6 dynamic 20 % trial 1

4.3 Ruídos nas imagens de contato média

Além dos pontos de pressão que surgiram como forma de referenciar as imagens, também é preciso abordar a presença de elementos de fixação, como molas e cordas, que foram utilizados para fixar as mantas de pressão e mantê-las na posição durante todos os ensaios. Esse fato, porém, gerou ruídos nas imagens de contato médias criadas pelo software da Tekscan®. A seguir, portanto, serão detalhados os ruídos gerados durante a criação das imagens de contatos médias.

4.3.1 Collar 1

No caso do Collar 1, o ruído estava presente nas regiões próximas às bordas das mantas de pressão, como pode ser verificado na Figura 64.

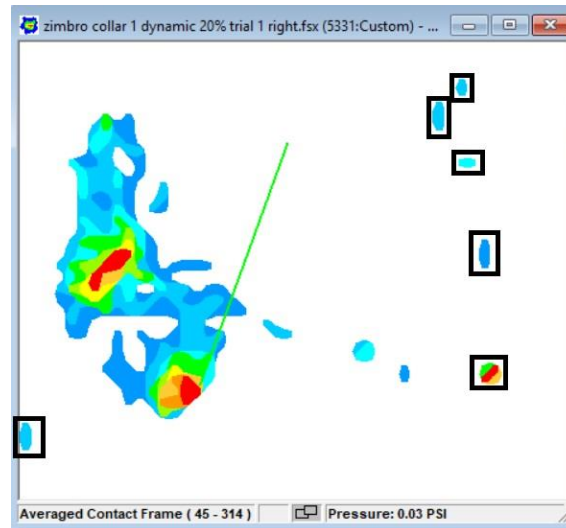


Figura 64 - Imagem de contato média do Collar 1 com ruído

Para evitar a interferência dos ruídos nas análises do Photoshop®, excluíram-se da imagem de contato média final tais pontos de pressão gerados pelos elementos de fixação. A imagem, então, passou a ter a seguinte forma:

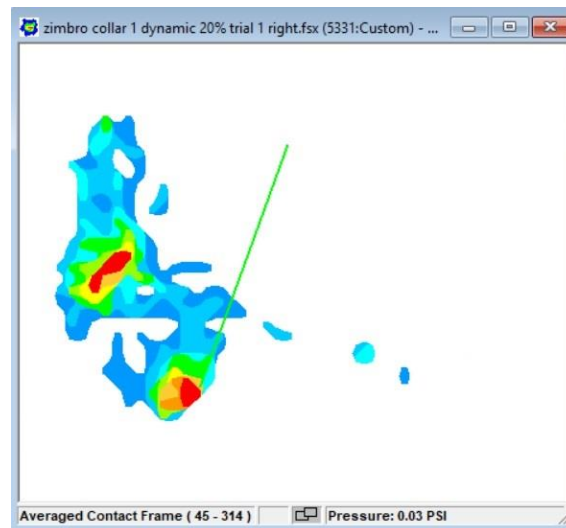


Figura 65 - Imagem de contato média do Collar 1 sem ruído

4.3.2 Collar 5

Os ruídos gerados pelos elementos de fixação também estavam presentes na imagem de contato média do Collar 5, como pode ser verificado no exemplo a seguir:

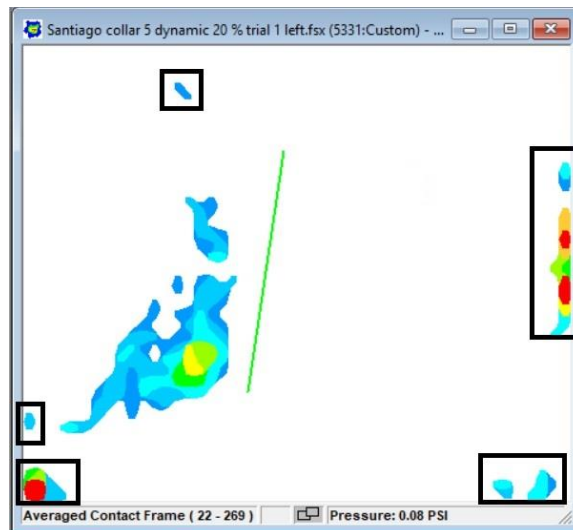


Figura 66 – Imagem de contato média do Collar 5 com ruído

Mais uma vez, a imagem de contato média gerada pelo software da Tekscan® foi editada, a fim de excluir os pontos gerados pelos elementos de fixação na borda da manta de pressão.

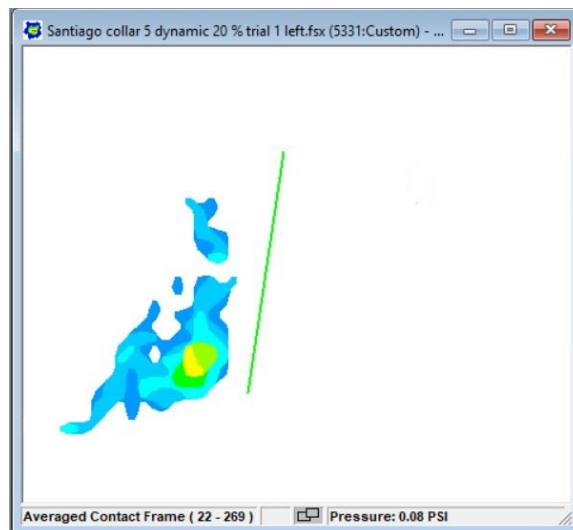


Figura 67 – Imagem de contato média do Collar 5 sem ruído

A imagem final gerada para análise no Photoshop® é ilustrada no exemplo da Figura 67.

4.3.3 Collar 6

Os ruídos gerados para a fixação das mantas na utilização do Collar 6 estavam presentes nas bordas, como pode ser verificado a seguir.

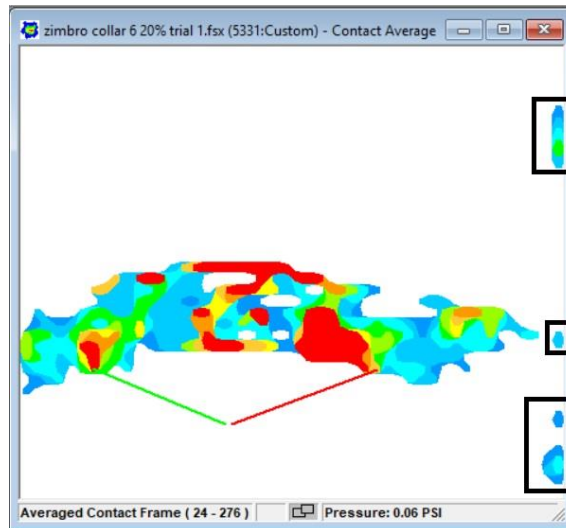


Figura 68 - Imagem de contato média do Collar 6 com ruído

Novamente, as imagens foram editadas para serem analisadas no Photoshop®, exemplificado na figura abaixo:

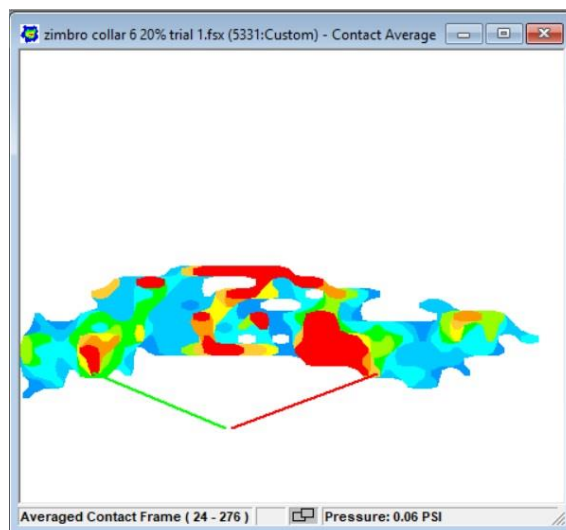


Figura 69 - Imagem de contato média do Collar 6 sem ruído

Todas as imagens de contato médias separadas para análise no Photoshop® (inclusive as exemplificadas nessa parte do capítulo) estão disponíveis nos anexos:

- Anexo XII - Imagens de contato média Collar 1;
- Anexo XIII – Imagens de contato média Collar 5;
- Anexo XIV – Imagens de contato média Collar 6.

Inicialmente, as imagens de contato média geradas pelo software da Tekscan® seriam encaminhadas para uma análise no Photoshop®. Visava-se a utilizar as linhas de referência geradas para uma interpolação dos pixels gerando uma imagem mesclada com os ensaios pertinentes; no entanto foram encontradas dificuldades durante esse processo. Limitações de hardware interferiram na capacidade de processamento das imagens, fato que levou à decisão de descontinuar a sobreposição das imagens no Photoshop®. Portanto, as discussões das imagens geradas nos ensaios levam em consideração a análise em conjunto das imagens encontradas nos anexos anteriormente citados.

4.4 Discussão das imagens de contato médias

Ao se comparar as imagens de contato médias, pode-se inferir certos fatos em relação às pressões que são feitas nos burros durante o carregamento de cargas e pensar em possíveis ações para corrigir problemas e melhorar o bem-estar dos animais.

Relativamente à comparação do Collar 1 e do Collar 5, percebe-se que, no primeiro caso, há uma região de contato entre as amarras do arreio e o dorso do animal, podendo provocar desconforto devido às pressões na região. Entretanto, isso pode ser corrigido com a produção manual de um arreio mais adequado à anatomia do animal. Já para o Collar 5, não se verifica a presença do contato acima descrito.

Além disso, a região de contato entre o arreio e a pele do animal para o Collar 1 é maior que a percebida no Collar 5. Esse fato pode, por sua vez, proporcionar maior conforto para o animal, visto que a força por ele exercida se distribui por uma área maior. Ao mesmo tempo, o Collar 1, por ser confeccionado de modo artesanal, pode nem sempre se adequar à anatomia do animal. Uma das vantagens do Collar 5 é exatamente a de ele ser regulável e poder adequar ao animal, devendo, no entanto, ser ajustado com cautela na sua utilização. Por último, ao se analisar as imagens de contato médias para a legenda de 1,35 psi, foi possível observar que nem o Collar 1 nem o Collar 5 se aproximam desse valor, diferentemente do que é constatado na observação das imagens de contato médias para o Collar 6.

O Collar 6 toca nas regiões dos ombros, o que traz condições reais de proporcionar o início de lesões. Trata-se de áreas mais suscetíveis, pois não apresentam musculatura ou tecido adiposo na região de apoio do arreio para proteção do animal. Quando se analisam as imagens de contato médias de 1,35 psi para o Collar 6, nota-se ainda que, na região da traqueia, a pressão

média ultrapassa o valor limítrofe de 1,35 psi, fato que não só prejudica o rendimento do animal de tração, como também, em casos extremos, pode ocasionar o sufocamento dos burros.

4.5 Dinamômetros

Com os dados gerados nos testes realizados no IPB e na Galiza (conforme descrito em 3.1.1 e 3.1.2 respectivamente), utilizou-se a programação descrita no Anexo IV para gerar os gráficos presentes no Anexo XV – Gráficos dinamômetro testes no IPB.

Ainda em relação aos testes na Galiza, utilizou-se o programa Anexo IX – Programa em VBA Swingle tree 1 para a criação dos gráficos dos ensaios tanto para o método de tiro direto (Direct pull) quanto para aquele de trenó (Sled). Por último, utilizou-se o programa em VBA do Anexo X – Calibração 80cm Swingle tree para a elaboração dos gráficos dos ensaios feitos no veículo (Vehicle). Nesta secção, serão incluídas observações sobre os gráficos gerados.

4.5.1 Testes no IPB

A partir dos dados que geraram os gráficos dos testes no IPB (presentes no Anexo XV), calcularam-se os valores de força média para os três tipos de arreios, ao se variar a carga de transporte em 20% e 40% do peso vivo do animal. Seguem-se os valores médios da força média para cada ensaio e tipo de arreio (Collar 1, Collar 5 e Collar 6).

Tabela 1 - Força média Testes no IPB – Collar 1

Collar 1	Força média (N)
Zimbro collar 1 dynamic 20% trial 1	191
Zimbro collar 1 dynamic 20% trial 2	213
Zimbro collar 1 dynamic 40% trial 1	430
Zimbro collar 1 dynamic 40% trial 2	356
Santiago collar 1 dynamic 20 % trial 1	250
Santiago collar 1 dynamic 20 % trial 2	277
Santiago collar 1 dynamic 40 % trial 1	525
Santiago collar 1 dynamic 40 % trial 2	520

Tabela 2 - Força média Testes no IPB – Collar 5

Collar 5	Força média (N)
Santiago collar 5 dynamic 20 % trial 1	283
Santiago collar 5 dynamic 20 % trial 2	258
Santiago collar 5 dynamic 40 % trial 1	538
Santiago collar 5 dynamic 40 % trial 2	536
Zimbro collar 5 dynamic 20% trial 1	172
Zimbro collar 5 dynamic 20% trial 2	352

Zimbro collar 5 dynamic 40% trial 1	609
Zimbro collar 5 dynamic 40% trial 2	623

Tabela 3 - Força média Testes no IPB – Collar 6

Collar 6	Força média (N)
Zimbro collar 6 20% trial 1	353
Zimbro collar 6 20% trial 2	265
Zimbro collar 6 40% trial 1	482
Zimbro collar 6 40% trial 2	449
Santiago collar 6 dynamic 20 % trial 1	254
Santiago collar 6 dynamic 20 % trial 2	306
Santiago collar 6 dynamic 40 % trial 1	576
Santiago collar 6 dynamic 40 % trial 2	613

4.5.2 Testes na Galiza

Os gráficos gerados para os arreios 1, 5 e 6 estão descritos nos seguintes anexos:

- Anexo XVI – Gráficos dinamômetro testes na Galiza para Collar 1;
- Anexo XVII – Gráficos dinamômetro testes na Galiza para Collar 5;
- Anexo XVIII – Gráficos dinamômetro testes na Galiza para Collar 6.

A partir desses gráficos, calcularam-se os valores de força média para os 3 tipos de arreios, considerando-se os 3 tipos de métodos de transporte - tiro direto, trenó e veículo.

Para o Collar 1, tem-se os seguintes valores:

Tabela 4 - Força média para Collar 1 - Tiro direto

Collar 1 – Tiro direto	Força média (N)
Santiago Collar 1 direct Pull 0,1m ³	551
Santiago Collar 1 direct Pull 0,03m ³	153
Santiago Collar 1 direct Pull 0,05m ³ Trial 1	241
Santiago Collar 1 direct Pull 0,05m ³ Trial 2	272
Santiago Collar 1 direct Pull 0,07m ³	323
Zimbro Collar 1 Direct pull 0,1 m ³	617
Zimbro Collar 1 Direct pull 0,03 m ³	171
Zimbro Collar 1 Direct pull 0,05 m ³ Trial 1	238
Zimbro Collar 1 Direct pull 0,05 m ³ Trial 2	267
Zimbro Collar 1 Direct pull 0,07 m ³	360

Tabela 5 - Força média para Collar 1 - Trenó

Collar 1 – Trenó	Força média (N)
Santiago Collar 1 Sled 0,1m ³	441
Santiago Collar 1 Sled 0,07m ³	290

Santiago Collar 1 Sled 0,05m ³ Trial 2	253
Santiago Collar 1 Sled 0,05m ³ Trial 1	254
Santiago Collar 1 Sled 0,03m ³	202
Zimbro Collar 1 Sled 0,1m ³	419
Zimbro Collar 1 Sled 0,07m ³	299
Zimbro Collar 1 Sled 0,05m ³ Trial 2	257
Zimbro Collar 1 Sled 0,05m ³ Trial 1	256
Zimbro Collar 1 Sled 0,03m ³	205

Tabela 6 - Força média para Collar 1 - Veículo

Collar 1 – Veículo	Força média (N)
Santiago Collar 1 Vehicle 0,1m ³	77
Santiago Collar 1 Vehicle 0,03m ³	67
Santiago Collar 1 Vehicle 0,05m ³ Trial 1	65
Santiago Collar 1 Vehicle 0,05m ³ Trial 2	68
Santiago Collar 1 Vehicle 0,07m ³	67
Santiago Collar 1 Vehicle No Load	64
Zimbro Collar 1 Vehicle 0,1m ³	69
Zimbro Collar 1 Vehicle 0,03m ³	66
Zimbro Collar 1 Vehicle 0,05m ³ Trial 1	63
Zimbro Collar 1 Vehicle 0,05m ³ Trial 2	67
Zimbro Collar 1 Vehicle 0,07m ³	68
Zimbro Collar 1 Vehicle No Load	65

Do Collar 5, extraíram-se as seguintes tabelas:

Tabela 7- Força média para Collar 5 - Tiro direto

Collar 5 - Tiro direto	Força média (N)
Santiago Collar 5 Direct Pull 0,1m ³	505
Santiago Collar 5 Direct Pull 0,07m ³	333
Santiago Collar 5 Direct Pull 0,05m ³ Trial 2	279
Santiago Collar 5 Direct Pull 0,05m ³ Trial 1	291
Santiago Collar 5 Direct Pull 0,03m ³	185
Zimbro Collar 5 Direct Pull 0,1m ³	516
Zimbro Collar 5 Direct Pull 0,07m ³	303
Zimbro Collar 5 Direct Pull 0,05m ³ Trial 2	260
Zimbro Collar 5 Direct Pull 0,05m ³ Trial 1	253
Zimbro Collar 5 Direct Pull 0,03m ³	173

Tabela 8 - Força média para Collar 5 - Trenó

Collar 5 – Trenó	Força média (N)
Santiago Collar 5 Sled 0,1m ³	421
Santiago Collar 5 Sled 0,07m ³	271
Santiago Collar 5 Sled 0,05m ³ Trial 2	251

Santiago Collar 5 Sled 0,05m ³ Trial 1	245
Santiago Collar 5 Sled 0,03m ³	206
Zimbro Collar 5 Sled 0,1m ³	383
Zimbro Collar 5 Sled 0,07m ³	295
Zimbro Collar 5 Sled 0,05m ³ Trial 2	256
Zimbro Collar 5 Sled 0,05m ³ Trial 1	263
Zimbro Collar 5 Sled 0,03m ³	190

Tabela 9 - Força média para Collar 5 - Veículo

Collar 5 – Veículo	Força média (N)
Santiago Collar 5 Vehicle 0,1m ³	134
Santiago Collar 5 Vehicle 0,03m ³	78
Santiago Collar 5 Vehicle 0,05m ³ Trial 1	109
Santiago Collar 5 Vehicle 0,05m ³ Trial 2	95
Santiago Collar 5 Vehicle 0,07m ³	119
Santiago Collar 5 Vehicle No Load	105
Zimbro Collar 5 Vehicle 0,1m ³	77
Zimbro Collar 5 Vehicle 0,03m ³	86
Zimbro Collar 5 Vehicle 0,05m ³ Trial 1	81
Zimbro Collar 5 Vehicle 0,05m ³ Trial 2	77
Zimbro Collar 5 Vehicle 0,07m ³	87
Zimbro Collar 5 Vehicle No Load	92

Por último, para o Collar 6, obtiveram-se as tabelas a seguir:

Tabela 10 - Força média para Collar 6 - Tiro direto

Collar 6 - Tiro direto	Força média (N)
Santiago Collar 6 Direct Pull 0,1m ³	517
Santiago Collar 6 Direct Pull 0,07m ³	330
Santiago Collar 6 Direct Pull 0,05m ³ Trial 2	278
Santiago Collar 6 Direct Pull 0,05m ³ Trial 1	272
Santiago Collar 6 Direct Pull 0,03m ³	174
Zimbro Collar 6 Direct Pull 0,1m ³	489
Zimbro Collar 6 Direct Pull 0,07m ³	322
Zimbro Collar 6 Direct Pull 0,05m ³ Trial 2	290
Zimbro Collar 6 Direct Pull 0,05m ³ Trial 1	265
Zimbro Collar 6 Direct Pull 0,03m ³	201

Tabela 11- Força média para Collar 6 - Trenó

Collar 6 - Trenó	Força média (N)
Santiago Collar 6 Sled 0,1m ³	335
Santiago Collar 6 Sled 0,03m ³	132
Santiago Collar 6 Sled 0,05m ³ Trial 1	160
Santiago Collar 6 Sled 0,05m ³ Trial 2	167

Santiago Collar 6 Sled 0,07m ³	198
Zimbro Collar 6 Sled 0,1m ³	297
Zimbro Collar 6 Sled 0,03m ³	138
Zimbro Collar 6 Sled 0,05m ³ Trial 1	159
Zimbro Collar 6 Sled 0,05m ³ Trial 2	156
Zimbro Collar 6 Sled 0,07m ³	186

Tabela 12- Força média para Collar 6 - Veículo

Collar 6 - Veículo	Força média (N)
Santiago Collar 6 Vehicle 0,1m ³	81
Santiago Collar 6 Vehicle 0,03m ³	91
Santiago Collar 6 Vehicle 0,05m ³ Trial 1	81
Santiago Collar 6 Vehicle 0,05m ³ Trial 2	94
Santiago Collar 6 Vehicle 0,07m ³	131
Santiago Collar 6 Vehicle No Load	90
Zimbro Collar 6 Vehicle 0,1m ³	89
Zimbro Collar 6 Vehicle 0,03m ³	70
Zimbro Collar 6 Vehicle 0,05m ³ Trial 1	74
Zimbro Collar 6 Vehicle 0,05m ³ Trial 2	74
Zimbro Collar 6 Vehicle 0,07m ³	74
Zimbro Collar 6 Vehicle No Load	70

4.6 Discussão de resultados dinamômetro

Uma vez obtidas as forças médias tanto para os ensaios florestais na Galiza quanto para aqueles realizados nas pistas de testes do IPB, calculou-se um valor de força média por ensaio que relaciona a carga transportada com o tipo de arreo e o método de transporte, conforme apresentado nesta secção.

4.6.1 Ensaios no IPB:

Tabela 13 - Média da força exercida nos ensaios por arreo

Testes IPB			
Collar 1	Collar 5	Collar 6	Carga
Média da força (N)			
232,75	266,25	294,5	20%
457,75	576,5	530	40%

A partir da tabela, constatou-se que o valor da carga varia pouco em função do arreo. A maior variação observada na comparação, por exemplo, entre o Collar 1 e o Collar 6, é de cerca de 72N para cargas de 20%, o que é considerado um valor ínfimo na realidade da tração

animal. Para as cargas de 40%, por exemplo, a maior variação constatada é entre o Collar 1 e o Collar 5, que chega a cerca de 120 N. Pôde-se concluir, então, que o valor da força realizado pelo equino varia pouco em relação aos tipos de arreo. Sendo que nesses ensaios da pista no IPB o Collar 1 teve uma pequena vantagem, pois apresenta os menores valores de força média para as cargas de 20 e 40%.

4.6.2 Ensaios na Galiza:

Conforme a Tabela 14 abaixo, o método de transporte de tiro direto foi o que apresentou os valores de força média mais altos em comparação com o trenó e o veículo. O tiro direto, afinal, é o método que tem a maior área de contato entre a carga transportada (no caso, um tronco) e o solo, fato que aumenta as forças resistivas ao movimento.

Tabela 14 - Força média nos ensaios para tiro direto

Tiro Direto			
Collar 1	Collar 5	Collar 6	Volume da carga (m ³)
Força média para tiro direto (N)			
584	510,5	503	0,1
341,5	318	326	0,07
254,5	270,75	276,25	0,05
162	179	187,5	0,03

Ainda quanto ao método de tiro direto, não houve variação na força média que garantisse a escolha de determinado arreo como a melhor combinação para esse tipo de transporte, já que, para os volumes transportados de 0,03 m³ e 0,05 m³, a força média mais baixa apresentada foi a do Collar 1, seguida daquela do Collar 5 e, por último, a do Collar 6.

Não obstante, isso não se repetiu em todos os ensaios. Para o volume de 0,07 m³, a menor força média encontrada foi para o Collar 5, seguido do Collar 6 e, só então, do Collar 1. Considerando-se a magnitude da força média envolvida, apresentou-se maior diferença entre o transporte da carga com o maior volume (0,1 m³) na comparação entre os arreios 6 e 1, porém esse valor é de cerca de 80 N, não interferindo significativamente em termos de tração animal.

Para o método de transporte de trenó, como demonstrado na Tabela 15, ficou mais evidente a vantagem do Collar 6. Também já não se percebe uma diferença muito grande entre o Collar 1 e Collar 5 para esse método de transporte de cargas.

Tabela 15 - Força média nos ensaios para trenó

Trenó			
Collar 1	Collar 5	Collar 6	Volume da carga (m ³)
Força média para trenó (N)			
430	402	316	0,1
294,5	283	192	0,07
255	253,75	160,5	0,05
203,5	198	135	0,03

Já segundo a Tabela 16, elaborada para o método de transporte por meio de veículo, notou-se uma grande diferença na magnitude da força média realizada pelos animais de tração ao puxarem as diferentes cargas durante os diversos ensaios. Percebeu-se uma vantagem do Collar 1, seguindo-se do Collar 6 e, depois, do Collar 5. Outro ponto importante é que o veículo confirmou a expectativa de menor valor de força média dentre todos os métodos analisados durante os ensaios florestais, pois é um método de transporte que se adapta melhor ao terreno, além de suspender a carga, consequentemente, limitando as forças resistivas da dinâmica longitudinal, que acabam dependendo apenas das superfícies de contato entre as rodas e a pista de teste.

Tabela 16 - Força média nos ensaios para veículo

Veículo			
Collar 1	Collar 5	Collar 6	Volume da carga (m ³)
Força média para veículo (N)			
73	105,5	85	0,1
67,5	103	102,5	0,07
65,75	90,5	80,75	0,05
66,5	82	80,5	0,03
64,5	98,5	80	sem carga

Por fim, como conclusão parcial, pode-se afirmar que, em termos de bem-estar animal, a contribuição para a redução da energia envolvida no movimento de transporte de carga seria potencializada com um maior investimento nos métodos de transporte. No tiro direto, é necessário apenas correntes. Já o trenó é um método um pouco mais especializado, pois precisa de correntes e de uma estrutura metálica para suportar a carga. Por último, o veículo poderia ser considerado o suprassumo da tração animal, tratando-se de um equipamento bem mais especializado, com rodas, rolamentos e até um sistema de engrenagens que reduz a força necessária para o transporte das cargas realizadas pelos animais de tração.

Há que se salientar, ainda, fatores como o estresse do animal devido ao reconhecimento das pistas de testes, os terrenos acidentados e mesmo o choque dos componentes de transporte com as árvores presentes nos ensaios florestais realizados na Galiza, os quais podem ser considerados elementos de interferência na leitura média das forças.

Quando se considera a presença dos animais em campo, outro ponto relevante para a análise é a sujeição às intempéries, as quais podem influenciar a variação de fatores físicos das pistas de testes (diminuição do atrito, aumento da umidade) e dificultar a coleta de dados. Foi devido a esse motivo que se decidiu iniciar o projeto de uma Esteira (Passadeira/Treadmill) que permitisse a coleta de dados sob condições controladas em laboratório.

Capítulo 5

Neste capítulo, será contextualizada a necessidade de desenvolver um método que permita a realização de ensaios com animais de grande porte para coleta de dados em um ambiente controlado. Decidiu-se, nesse sentido, pelo desenvolvimento de uma passareira. Ainda que o cronograma da pesquisa não tenha possibilitado a completa construção do dispositivo, o presente capítulo detalha seus requisitos, o projeto e os desenhos realizados.

5.1 Esteira de carga - contextualização e requisitos do projeto

Como discutido nos capítulos anteriores, diante dos testes com burros realizados em campo e dos ruídos presentes no material de análise, verificou-se a necessidade de desenvolver um método que possibilite a coleta de dados com maior rigor e controle. Dessa forma, iniciou-se o projeto de uma passareira que fosse capaz de simular as situações de terreno e atender especificamente ao estudo de animais de grande porte.

Atualmente, muitas fazendas especializadas e centros de reabilitação já incluem em sua estrutura passareiras para equinos. Esse tipo de equipamento reduz a necessidade de contínuo acompanhamento humano enquanto o animal realiza atividades com intuito de reabilitação ou de realização de exercícios aeróbicos, para a construção de um diagnóstico muscular, ou, ainda, como é o caso deste estudo, para a coleta de dados através de instrumentações [42].

Há passareiras que permitem o controle da velocidade e da inclinação às quais o animal é submetido. Outros tipos funcionam como um tanque de água que reduz o impacto da passada do animal em contacto com o solo devido ao empuxo, sendo esses, portanto, os mais utilizados para reabilitação e condicionamento [42].

De forma a alinhar a presente realidade tecnológica às necessidades de aplicação veterinária encontradas ao longo da pesquisa, decidiu-se iniciar o projeto de uma passareira com as seguintes características:

- Capacidade de suportar um animal de grande porte, tendo como parâmetro Lola, uma égua da raça *Ardennais* com massa aproximada de 500 kg;
- Capacidade de regulação da inclinação para a simulação de terrenos inclinados;
- Velocidade controlável;
- Sistema de inclinação variável;
- Fácil montagem;
- Ajuste regulável ao tamanho do animal.



Figura 70 - Lola no veículo e Zimbro ao fundo

Visando-se ao atendimento dos requisitos citados, o capítulo é organizado em seções que apresentam a esteira de carga (estrutura rolante presente na passadeira), o sistema regulável à largura do animal e o sistema de inclinação.

5.1.1 Esteira de carga

Um dos requisitos do projeto da passadeira era a presença de uma esteira rolante de fácil montagem, com o propósito, por exemplo, de a deslocar para feiras de animais (montagem e desmontagem rápida e intuitiva) e de promover sua reprodução e uso entre criadores de animais de grande porte. Buscou-se, assim, no mercado, empresas que fornecessem esse tipo de tecnologia.

A empresa Intralox® não só atende aos pré-requisitos, como também apresenta um valioso material de referência sobre esteiras de carga, o Manual de Engenharia para Esteiras de Transporte [43], o qual contribuiu para a organização dessa parte do projeto. Além do manual de engenharia, a empresa também disponibiliza um programa que auxilia na decisão da esteira rolante a ser escolhida e projetada. O programa, que pode ser baixado no site da empresa, é conhecido como “Metric Engineering Program™”, para utilização conforme as unidades do sistema internacional (SI). As duas ferramentas oferecidas pela Intralox® serviram de orientação para o projeto da passadeira.

Dessa maneira, o processo de seleção da esteira rolante seguiu o fluxograma sugerido pelo catálogo da empresa que, aplicado ao projeto, levou à escolha de um sistema de esteira em percurso reto. Em seguida, escolheu-se também um material que apresentasse resistência

compatível com as necessidades de alta resistência, o composto de polipropileno, chegando-se, então, à superfície de esteira da série 1200, a qual possui acionamento central e articulação fechada.

A próxima etapa da seleção consistiu em determinar uma esteira com resistência suficiente para suportar uma animal de grande porte, considerando-se os oito itens mencionados a seguir [43].

1. A carga do produto aplicada à esteira em quilogramas-força por metro quadrado;
2. O comprimento do transportador proposto em metros;
3. Existência de mudanças de elevação no transportador em metros;
4. A velocidade operacional desejada em metros por minuto;
5. A porcentagem da área da carga estática acumulada na esteira;
6. A temperatura máxima operacional que a esteira experimentará em graus Celsius;
7. O tipo de material no qual será feito o percurso da esteira na estrutura do transportador;
8. A carga de trabalho, ou seja, as frequentes partidas suportadas pelo dispositivo sob carga;

5.1.2. Cálculos do Metrical Engineering Program™

A fim de estabelecer os números adequados a animais de grande porte a serem inseridos no software da Intralox®, os pontos informados acima foram determinados segundo as considerações que se seguem.

Para encontrar o primeiro ponto, a carga do produto aplicada à esteira em quilogramas-força por metro quadrado, é preciso apontar que a empresa escolhida para suprir a construção da passadeira fabrica esteiras para transporte de carga estática, tal como garrafas. Nesse contexto, em termos de cálculos estruturais realizados pelo programa, considerou-se um animal com massa de 1.500 kg, assumindo-se uma aplicação de carga estática de fato. Como a massa do animal é de 500 kg, o fator de ampliação dinâmica é igual a 3.

A área de aplicação de carga da esteira rolante é de 1,2 m de largura e 2,8 m de comprimento, gerando uma área de 3,36 m². Percebe-se que haveria uma pressão de 446,42 kgf/m² exercida pela carga de produto. Aplicou-se, no software, então, um valor de carga de produto de 450 kgf/m². De toda forma, os cálculos presumem a aplicação de uma carga estática, o que não reflete a real representação da dinâmica de um animal em cima de uma passadeira, ainda que os burros apresentem baixa aceleração. Por isso, para trabalhos futuros, recomenda-se entrar em contato com a Intralox®, com objetivo de encontrar uma esteira mais aplicável à utilização pretendida.

Quanto à existência de mudanças de elevação no transportador em metros, apesar da capacidade de inclinação da passadeira, o sistema de inclinação é independente da esteira rolante, logo não existem alterações para o cálculo com o software.

Já em relação à velocidade operacional desejada em metros por minuto, constatando-se a velocidade média de um burro de 1,5 m/s, para os cálculos da esteira através do software, foi considerada uma velocidade máxima de 3 m/s ou 180 m/min.

O cálculo da percentagem da área da esteira ocupada levou em conta uma área por pata de 0,03 m². Como se consideraram em condições de marcha do animal, duas patas apoiadas na diagonal, gerou-se uma área de apoio de 0,06 m². Uma vez que a área do transportador é de 3,36 m², a percentagem acumulada da área da esteira considerada foi de 2%.

A temperatura operacional máxima experimentada pela esteira foi determinada em 40 °C. Para os dois coeficientes de atrito entre a soleira e a esteira rolante, considerou-se o valor de 0,26 entre o polipropileno e aço carbono informado pelo catálogo. Entre as patas do animal e a esteira, observou-se o valor de 0,4, o maior existente no catálogo. Entretanto, para um cálculo mais exato, recomenda-se contactar o fornecedor, pois os coeficientes de atrito dependem muito das condições do ambiente de operação e são calculados de forma experimental. Além disso, desconsiderou-se que a esteira rolante funcionasse em regime de carga de trabalho com frequentes partidas.

Por fim, considerou-se, para efeito de simulação no software, a esteira Nonskid Raised Rib, cujas especificações encontram-se no Anexo XIX – Esteira de carga Non Skid Raised Rib.

Com os dados de entrada discutidos anteriormente, utilizou-se o software Metric Engineering Program™ da seguinte maneira:

Programa Combinado de Engenharia Intralox 18.02.01

Arquivo Editar Dados do Cliente Opções Sobre

Esteiras de Corrida Reta | Correntes com Largura sob Medi |

Dados da Esteira	Nonskid Raised Rib, Série 1200, Composto de Polipropileno Eletro Preto	
Largura (mm)	1200	
Comprimento (m)	2,8	
Carga Linear (Kg/ms)	450,0	
Velocidade (m/min)	180,0	
Engrenagem	Diâmetro do Passo 259 furo 90 redondo	
Eixo Metálico	Aço Inoxidável 303	
Temperatura operacional em ° C	40	
Diâmetro do Mancal Condutor	40,00	
Atrito na Soleira de Ida	0,26	
Atrito entre o Produto e a Esteira	0,4	
Porcentagem de Esteira Acumulada	2	
Diferença de Elevação (m)	0,0	
	<input checked="" type="radio"/> Acionamento Padrão <input type="radio"/> Transportadora de Impulsão <input type="radio"/> Acionada pelo Centro <input type="checkbox"/> Partidas Frequentes <input type="checkbox"/> Barra Frontal	

Figura 71 - Dados para simulação Metric Engineering Program™

Ao final da inserção dos dados, o programa permite a criação de um arquivo com os resultados. O documento gerado, que pode ser verificado no Anexo XX – Simulação Software Intralox®, retornou informações pertinentes para a escolha do sistema de componentes da esteira rolante, os quais serão tratados a seguir.

Com os dados fornecidos pelo programa, a próxima etapa consistiu em verificar a resistência do eixo motriz. Convertendo-se o valor informado de 692 N.m para kgf.mm, chegou-se a um valor de $70,5 \times 10^3$ kgf.mm, o qual foi comparado à tabela existente no catálogo de referência quanto ao torque máximo recomendado no eixo motriz.

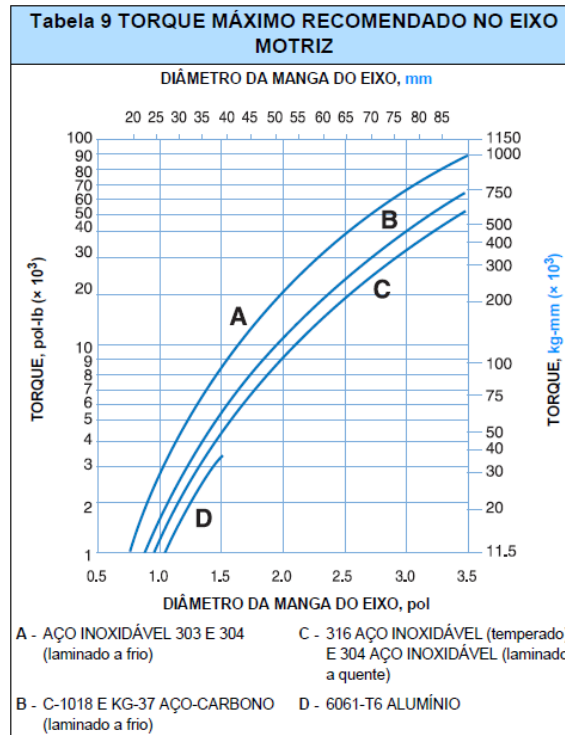


Figura 72 - Torque eixo motriz da esteira rolante [43]

A tabela recomenda, com base no torque aplicado, que o material escolhido para a construção do eixo deve ser o aço inoxidável AISI 303. É também indicado um diâmetro mínimo de eixo motor de cerca de 35 mm. Como o simulado foi de 40 mm, constatou-se que o tamanho da dimensão da manga de eixo suporta um torque dessa magnitude.

Para garantir a rotação do eixo motriz, incluiu-se no projeto da esteira rolante um mancal entre os perfis de apoio da esteira um mancal de diâmetro de eixo de 40 mm. Os desenhos técnicos deste mancal estão disponíveis em: Anexo XXII – Mancais SKF: Flanged Y-TECH d 40 mm.

Outro fator a ser pensado é a deflexão do eixo devido à ação combinada das cargas de tensão na esteira (ABP) e da própria massa do eixo (w), que pode ser calculado a partir da seguinte equação:

$$w = (ABP + Q) \times B$$

em que:

- Q** = PESO DO EIXO, lb/pé (kg/m), da tabela de DADOS DO EIXO
- B** = LARGURA DA ESTEIRA, pés (m)

Figura 73 - Determinação massa do eixo [43]

Realizando-se os cálculos necessários, chegou-se a um valor de massa do eixo de 559,86 kg. Já o cálculo da deflexão (D) num eixo apoiado por dois mancais é dado por:

$$D = \frac{5}{384} \times \frac{w \times L_s^3}{E \times I}$$

em que:

Ls = COMPRIMENTO DO EIXO entre os mancais em pol (mm)

E = MÓDULO DE ELASTICIDADE de "Tabela 8 DADOS DO EIXO" (página 419).

I = MOMENTO DE INÉRCIA de "Tabela 8 DADOS DO EIXO" (página 419).

Figura 74 - Determinação da Deflexão [43]

Para a distância entre os mancais, foi escolhido um valor de 1500 mm. Tanto o módulo de elasticidade quanto o momento de inércia do eixo foram retirados da tabela de Dados do eixo (Tabela 17), sendo respectivamente 19.700 kg/mm² e 213,3 mm⁴. Após a efetuação das contas, encontrou-se o valor de deflexão do eixo de 2,39 mm, que é menor do que o recomendado segundo o catálogo do fabricante (2,5 mm).

Tabela 17 - Dados do eixo [43]

Tabela 8 DADOS DO EIXO				
B-DADOS DO EIXO	(Q) PESO DO EIXO, lb/pé (kg/m)			I MOMENTO DE INÉRCIA pol ⁴ (mm ⁴)
TAMANHO	ALUMÍNIO	AÇO CARBONO	Engrenagens bipartidas em AÇO INOXIDÁVEL	
5/8 pol QUADRADO	0,46	1,33 ^a	1,33 ^a	0,013
1 pol QUADRADO	1,17 ^a	3,40 ^a	3,40 ^a	0,083
1,5 pol QUADRADO	2,64 ^a	7,65 ^a	7,65 ^a	0,42
2,5 pol QUADRADO	7,34	21,25 ^a	21,25 ^a	3,25
3,5 pol QUADRADO	14,39	41,60 ^a	41,60	12,50
25 mm QUADRADO	(1,699)	(4,920) ^b	(4,920) ^b	(32,550)
40 mm QUADRADO	(4,335)	(12,55) ^b	(12,55) ^b	(213,300)
60 mm QUADRADO	(10,05)	(29,11) ^b	(29,11) ^b	(1,080,000)
65 mm QUADRADO	(11,79)	(34,16) ^b	(34,16) ^b	(1,487,600)
E MÓDULO DE ELASTICIDADE lb/pol ² (kg/mm ²)	10,000,000 (7000)	30,000,000 (21,100)	28,000,000 (19,700)	

Também se usou o dado do percentual da resistência admissível da esteira utilizável de 59% para encontrar o espaçamento entre as engrenagens motoras segundo o Gráfico 2, chegando-se a um valor de 50 mm para varetas de polipileno.

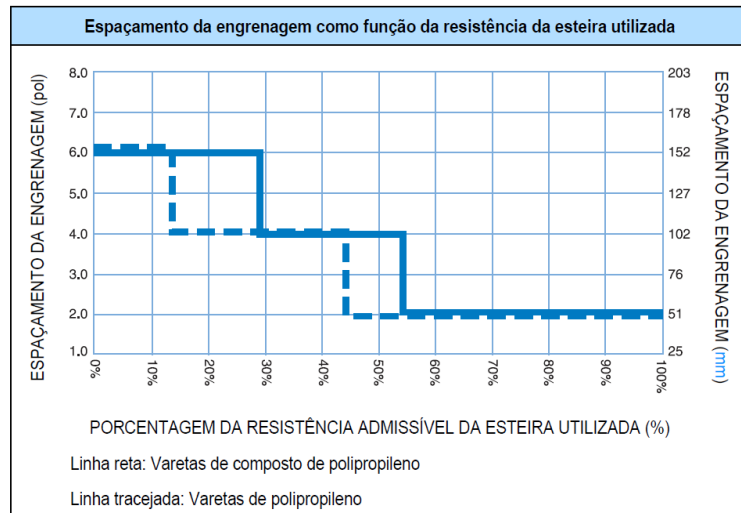


Figura 75 - Espaçamento da engrenagem

Por fim, calculou-se a potência requerida para o motor de acionamento da esteira, que é dada pela seguinte equação:

A **POTÊNCIA** em **WATTS** é obtida a partir de:

$$\text{WATTS} = \frac{\text{ABP} \times \text{B} \times \text{V}}{6,12}$$

$$1 \text{ HP} = 745,7 \text{ WATTS}$$

em que:

ABP = TRAÇÃO AJUSTADA DA ESTEIRA em lb/pé de largura de esteira

B = LARGURA DA ESTEIRA, pés

V = VELOCIDADE DA ESTEIRA, m/min

Figura 76 - Determinação da potência do motor de acionamento [43]

Mais uma vez, considerou-se o ABP como 454 kg/m, a largura da esteira como 1,2 m e a velocidade de operação como a velocidade máxima de 180 m/min. Dessa maneira, verificou-se um valor de potência mínima para o motor de 16 kW.

A partir da potência calculada para a operação, o catálogo da Intralox® recomenda, ainda, motores de partida, pois permitem que a esteira rolante acelere gradualmente até atingir a velocidade de operação desejada, sendo eficiente para todos os componentes do transportador. Além disso, o dispositivo permite a utilização da esteira com velocidades inferiores à velocidade de operação de 3 m/s, adequando-se a ensaios em laboratório em que os animais podem variar sua velocidade.

Uma vez determinados a esteira adequada, a distância entre as engrenagens motoras, a dimensão do eixo motriz e os requisitos de potência, os passos consecutivos foram a seleção dos acessórios e a determinação do esquema de montagem da esteira rolante a ser projetada.

5.1.3 Desenhos a partir da simulação

A esteira apresentada a seguir é baseada no catálogo da Intralox® e nas informações pertinentes aos cálculos anteriores. De forma a simplificar o desenho, serão omitidas as engrenagens motoras, a esteira rolante e os elementos de fixação (parafusos). No entanto, pode-se considerar que o eixo motor da esteira rolante seria semelhante ao da Figura 77 e apresentaria um total de 22 engrenagens espaçadas em 50 mm.

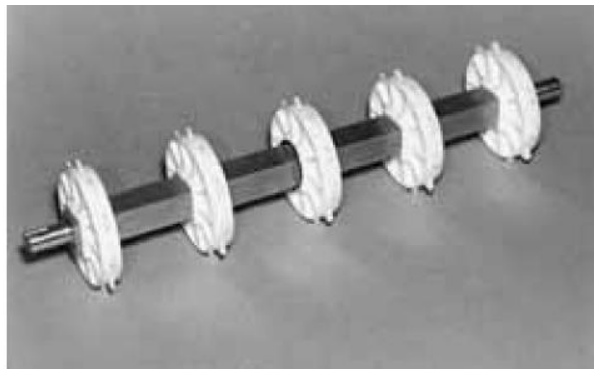


Figura 77 - Eixo motor com engrenagens [43]

Já as engrenagens motoras, que são responsáveis pela transmissão do movimento do eixo acionado pelo motor à esteira rolante, funcionariam de forma semelhante ao mostrado no catálogo.

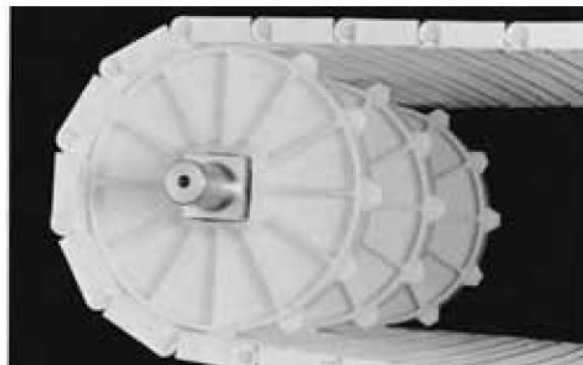


Figura 78 - Transmissão de movimento entre engrenagens motoras e a esteira rolante [43]

Outro componente indicado pelo fabricante a ser incluído no projeto de uma esteira de carga é a soleira. Como a carga é alta na aplicação pretendida, esse componente permite um apoio contínuo à esteira. Na projeção da soleira, foi usada uma chapa de aço AISI 1020 com 5 mm de espessura, 2,8 m de comprimento e 1,2 m de largura; e foram atribuídos apoios de tubos quadrados de 30 mm por 30 mm e parede de 3 mm, feitos do mesmo aço.

A soleira foi simulada no Ansys® nas as mesmas condições de contorno presentes na simulação com o software da Intralox® - com uma carga de 1500 kgf (14710N) apoiada em toda a superfície da soleira. Os resultados estão disponíveis no Anexo XXI – Simulação soleira, e retornou valores de tensão máxima de 55 MPa e deformação de 0,5 mm. Como o aço AISI 1020 tem tensão de escoamento de 350 MPa, considerou-se que a soleira simulada resistiria à aplicação da carga.

Por fim, o catálogo também define requisitos básicos para a instalação das esteiras, que podem ser verificados na figura a seguir:

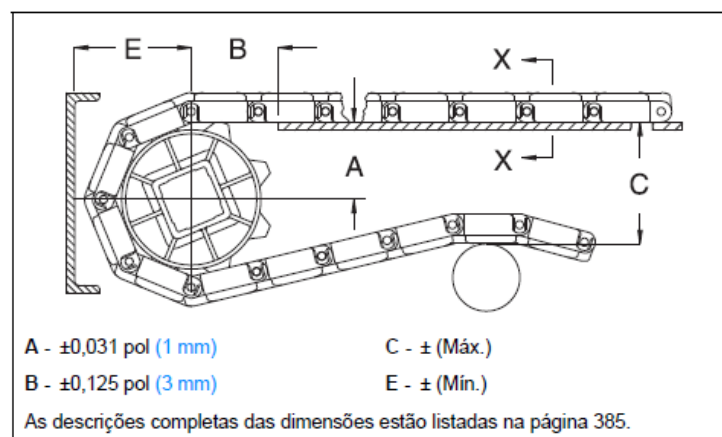


Figura 79 - Requisitos mínimos soleira proteções e roletes

Em relação à configuração da esteira projetada, as dimensões de A, B, C e E são de 259, 77, 208 e 151 mm respectivamente. Ainda de acordo com a Figura 79, a letra A representa a distância vertical entre o eixo motriz e a superfície de soleira, enquanto B seria a distância horizontal. Já a letra E informa a distância mínima para a proteção da parte rotativa da esteira. O catálogo também orienta a distância vertical do centro dos roletes de retorno à soleira.

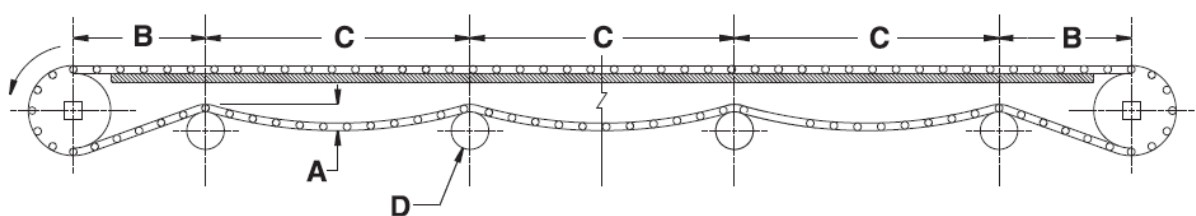


Figura 80 - Requisitos mínimos roletes

Os roletes têm a função de apoiar a esteira durante o seu retorno sem carga. A Figura 80 indica que a distância horizontal entre os roletes de cabeceira e os eixos motrizes e conduzidos (B) deve ser entre 228 e 457 mm. Já a distância entre cada rolete (C) deve ser de 0,9 a 1,22 m.

Dessa forma, escolheu-se uma distância dos roletes aos eixos motores e conduzidos de 350 mm e, entre roletes, de 1.127 mm, chegando a uma configuração de 3 roletes com diâmetros (D) de 102 mm. Tais distâncias garantiriam um tamanho de curvatura para a catenária (A) entre 25,4 mm e 102 mm. A catenária, nesse sentido, tem por função a acomodação da esteira, permitindo que ela se curve, além de possibilitar a diminuição do espaço vertical necessário para armazenar o excesso de comprimento da esteira rolante.

Os seguintes desenhos (Figuras 81 e 82), como resultado, ilustram as especificações e considerações delineadas anteriormente.

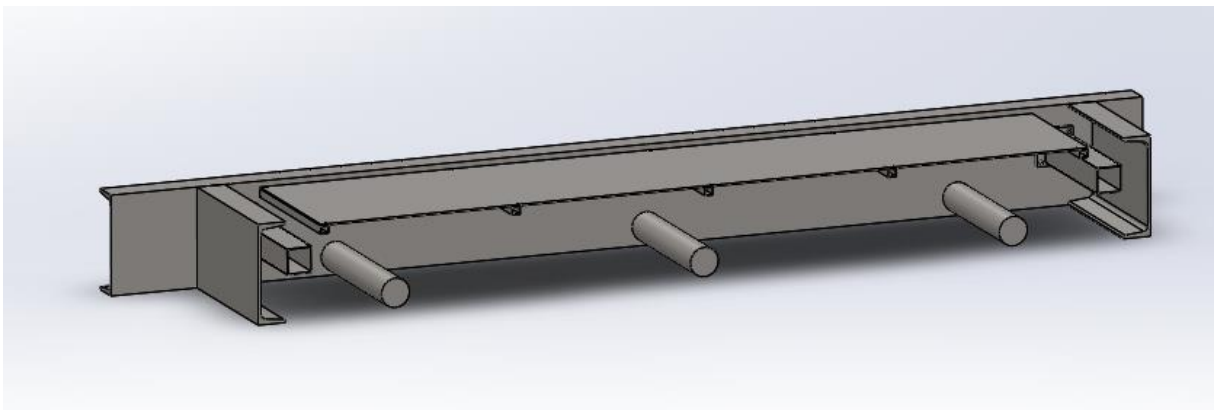


Figura 81 - Vista em corte esteira

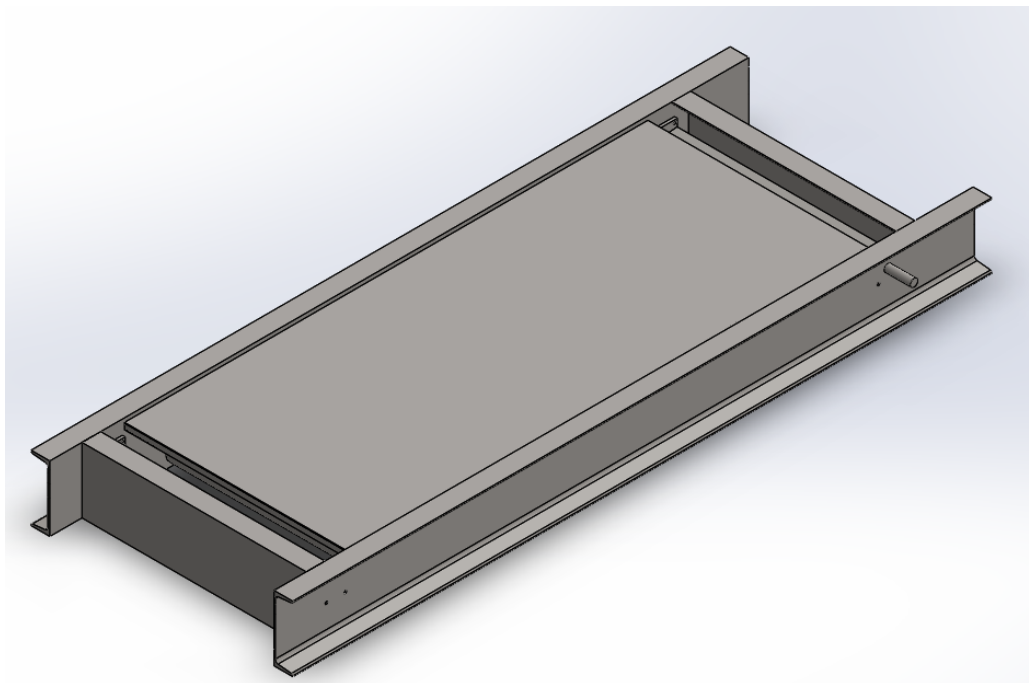


Figura 82 - Esteira completa

5.2 Gaiola de proteção - ajuste regulável

Um dos requisitos da equipe veterinária para a realização de testes com animais de grande porte foi a existência de uma gaiola de proteção nas laterais da passadeira que impedisse a movimentação lateral dos animais. Tal gaiola deveria, ainda, ajustar-se à anatomia do animal.

A fim de permitir o ajuste da gaiola de proteção, pensou-se no mecanismo de uma dobradiça, formado por um casquilho e uma cavilha.



Figura 83 – Dobradiça

O casquilho seria um tubo de diâmetro 28 mm e parede de 3 mm que sustentaria a gaiola na base com comprimento de 3,7 m. Já a cavilha seria um tubo soldado na esteira com 34 mm de diâmetro, parede de 4 mm e comprimento de 100 mm. A diferença de 2 mm entre o diâmetro externo do casquilho e o interno da cavilha proporcionaria facilidade na rotação do mecanismo da dobradiça. Ademais, a base do casquilho tem uma ponta mais comprida que a outra, defasagem de 140 mm que permite a montagem da gaiola na passadeira ou sua desmontagem.

Assim, a gaiola de proteção projetada é formada por dois tubos com diâmetro de 28 mm, parede de 3 mm e 3,7 m de comprimento; além de um corrimão com 60 mm de diâmetro, parede de 4 mm e comprimento de 3,7 m. Para a sustentação da gaiola, pensou-se em tubos de 22 mm de diâmetro, 2 mm de parede e 1,2 m de comprimento. Chegou-se, então, à configuração da passadeira com a gaiola como mostrado na Figura 84.



Figura 84 – Vista isométrica gaiola de proteção

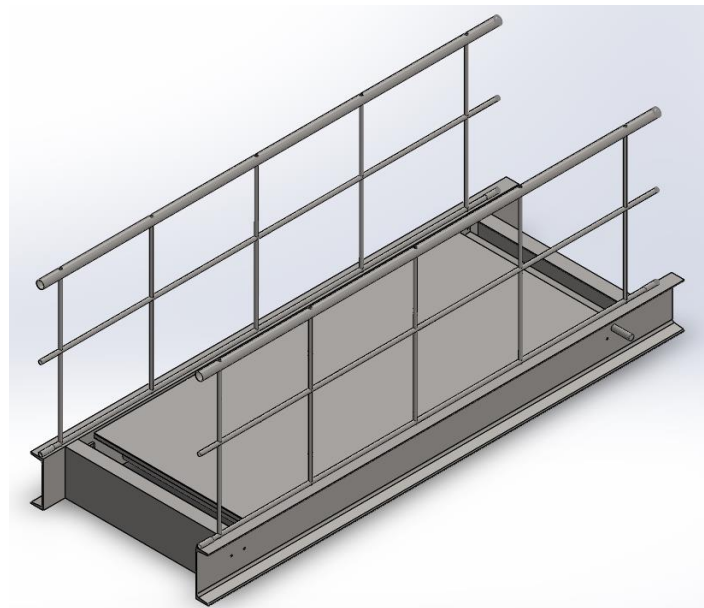


Figura 85 - Esteira e gaiola de proteção

Quando as gaiolas são colocadas na posição vertical, a distância entre elas é de cerca de 1250 mm, como pode ser verificado na figura a seguir:

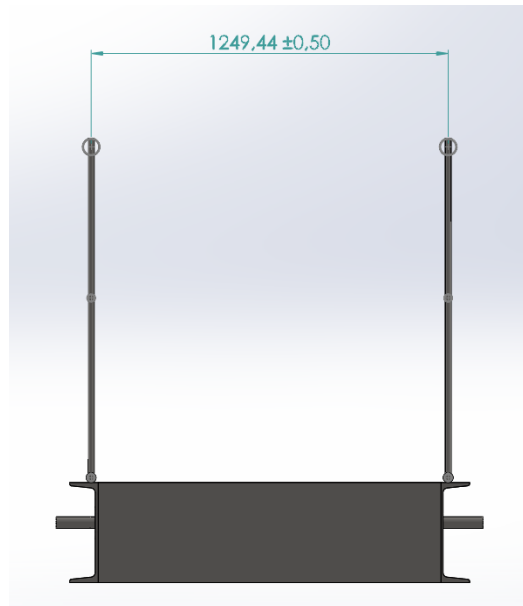


Figura 86 - Vista frontal passadeira

Por fim, o mecanismo casquilho-cavilha projetado permite travar as gaiolas em posições que contenham determinada angulação, aproximando a distância entre os corrimãos superiores. No caso escolhido para exemplificar a rotação do tubo base da gaiola em relação à cavilha, a distância é de cerca de 600 mm.

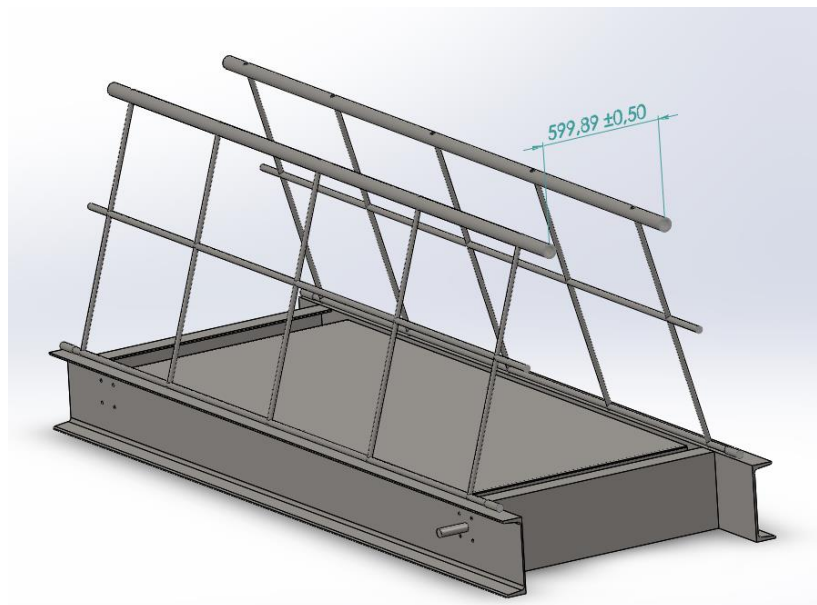


Figura 87 - Redução da distância entre os corrimãos

O mecanismo desenvolvido, portanto, atende aos requisitos da equipe veterinária de ajuste à anatomia dos animais de grande porte e de proteção lateral.

5.3 Sistema de inclinação

No desenvolvimento do projeto do sistema de inclinação, buscou-se inspiração em mecanismos capazes de transformar um movimento retilíneo em um movimento de rotação. Aproveitando a geometria da passadeira, decidiu-se usar o eixo motriz da esteira rolante como pivô do mecanismo de inclinação. Já em relação ao movimento retilíneo, devido ao direcionamento da passadeira a animais de grande porte, optou-se pela utilização de um parafuso sem fim e uma porca.

O mecanismo de inclinação foi desenhado com as medidas principais pertencentes ao movimento, de forma a atender aos requisitos da equipe veterinária. O desenho serviu também como ponto de partida para os cálculos das reações envolvidas no sistema de inclinação da passadeira. A partir desses cálculos, foi possível definir os parâmetros dos componentes do sistema de inclinação e do sistema motriz (composto por um moto redutor) mais adequados à realização do movimento de rotação do parafuso sem fim.

O sistema de inclinação está presente nos dois lados da passadeira, de maneira a manter a simetria do projeto e dividir a carga aplicada de 14710 N - descrita no item 5.1.2 (simulação da soleira) - por dois, fato que reduz os esforços sobre os componentes do sistema.

5.3.1 Componentes do sistema de inclinação

O sistema de inclinação, em cada lado, é formado por:

- Um perfil tipo C com 350 mm de altura, aba de 100 mm e 2800 mm de comprimento para servir de suporte ao sistema de inclinação;
- Um mancal conectando o eixo motriz da esteira ao suporte do sistema de inclinação. Os desenhos técnicos do mancal estão disponíveis em: Anexo XXII – Mancais SKF: SY 40 TF d 40 mm;
- Um perfil em C com 350 mm de altura, aba de 100 mm e comprimento de 1580 mm para comportar o motoredutor, o parafuso sem fim e a porca;
- Um parafuso sem fim com diâmetro externo de 30 mm, diâmetro interno de 24 mm e comprimento de 1090 mm, sendo o comprimento de porção não rosqueado de 520 mm; e uma rosca trapezoidal no sentido horário com altura de dente de 3 mm e passo de 3 mm; sendo o comprimento de porção útil não rosqueado de 570 mm;
- Uma porca sextavada com rosca no sentido anti-horário do tipo trapezoidal, com diâmetro interno de 24 mm e externo de 30 mm, altura de dente 3 mm e passo de 3 mm;

- Uma haste conectada por pinos em ambas as pontas para permitir a transferência de movimento entre a porca e a base do sistema de inclinação;
- Um motoredutor para a realização do movimento de rotação do parafuso, o qual, para fins de simplificação do desenho, é representado por um paralelepípedo.

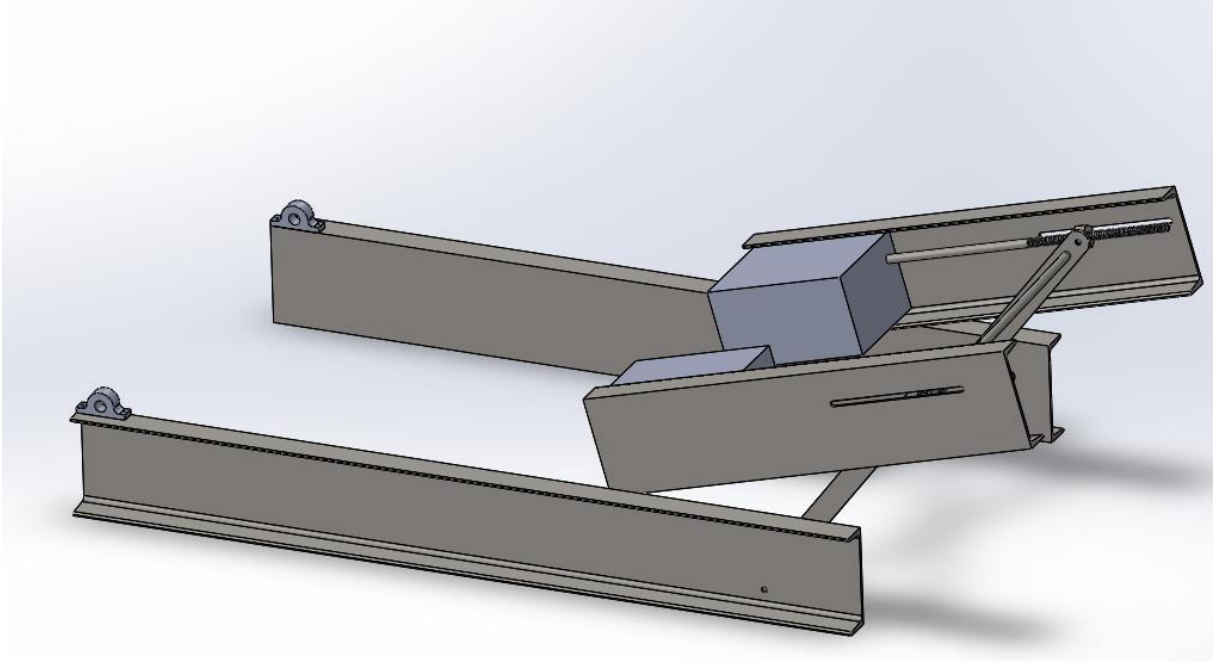


Figura 88 - Componentes do sistema de inclinação

5.3.2 Funcionamento do mecanismo

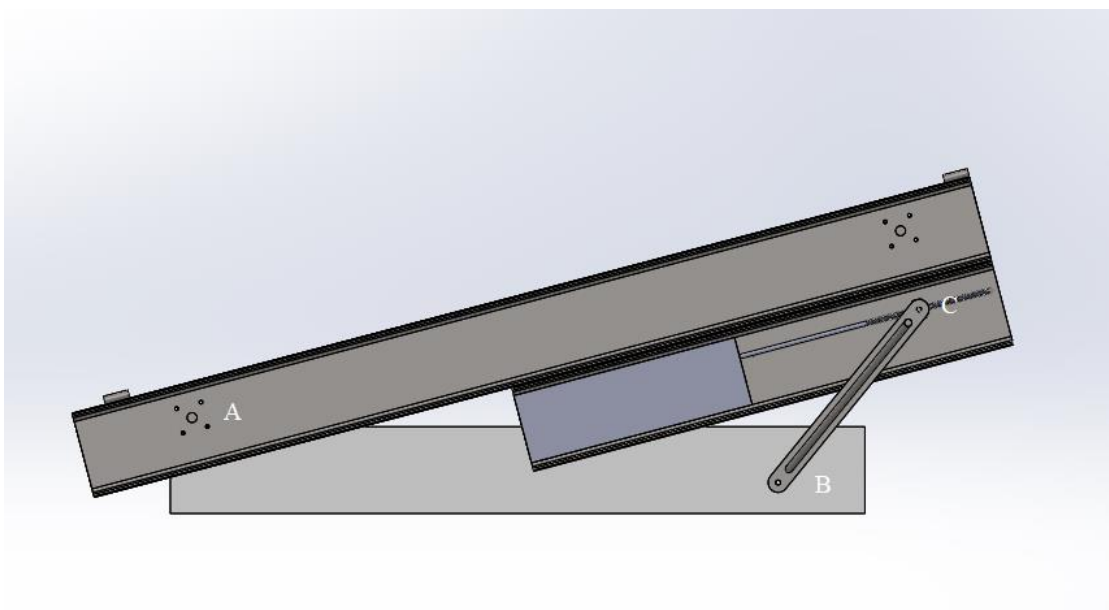


Figura 89 - Mecanismo de inclinação simplificado

Quanto ao funcionamento do mecanismo, conforme ilustrado pela Figura 89, no ponto A, o eixo motor da esteira conecta-se a um mancal, permitindo o movimento de rotação. Dessa maneira, o ponto A comporta-se como um pivô. O ponto B é fixado por um pino, tendo liberdade para rotacionar. Já o ponto C representa a conexão entre o parafuso sem fim e a porca, a qual tem liberdade para realizar um movimento retilíneo paralelo ao eixo do parafuso sem fim.

Quando o motor é acionado no sentido anti-horário, o parafuso se movimenta no mesmo sentido, pois é considerado um sistema motriz de acoplamento direto. Como a porca está fixa, a haste que liga os pontos B e C gira no sentido horário, fazendo com que a passadeira diminua sua inclinação. Analogamente, quando o motor é acionado no sentido horário, a haste que liga os pontos B e C rotaciona no sentido anti-horário, levando a um aumento da inclinação da passadeira.

Segundo o mecanismo apresentado na figura anterior, foi possível chegar a uma inclinação mínima de 5° e máxima de $19,5^\circ$ da passadeira. Os ângulos e as distâncias retiradas do desenho feito no SolidWorks® possibilitaram a realização de um diagrama de corpo livre para encontrar as reações envolvidas no sistema de inclinação.

5.3.3 Cálculo das reações envolvidas

Pela geometria do mecanismo, percebe-se que o maior esforço acontece quando a esteira está com inclinação mínima, pois a distância entre o centro de massa e o ponto A é maximizada. Aumentando essa distância, o momento gerado pela carga também é maximizado.

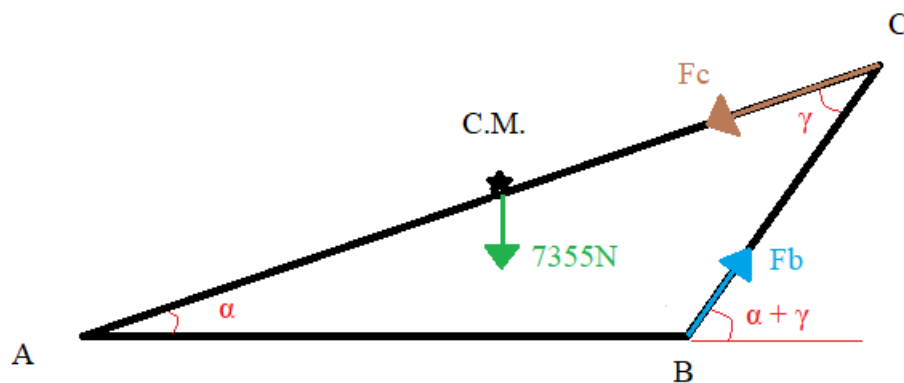


Figura 90 - Diagrama de corpo livre do sistema de inclinação

Em relação ao ponto A, apenas F_b e a carga de 7355N realizam momento, já que F_c não causa torque em A. Dessa forma, chega-se à seguinte equação:

$$F_b = \frac{7355 \cdot ACM \cdot \cos \alpha}{AB \cdot \sin(\alpha + \gamma)}$$

Além disso, pela geometria da figura, nota-se que:

$$F_c = F_b \cos \gamma$$

Os valores dos ângulos (α e γ), as distâncias do centro de massa até A (ACM) e a distância de A até B (AB) são:

- $AB = 2392,3$ mm;
- $ACM = 1483,4$ mm;
- $\alpha = 5^\circ$;
- $\gamma = 7^\circ$.

Substituindo-se os valores nas equações, encontram-se F_b e F_c , que têm valores de 21,9 kN e 21,7 kN respectivamente. Com esses valores, é possível calcular os esforços sobre o parafuso sem fim e sobre a haste representada pelos pontos B e C.

Para os cálculos de flambagem tanto do parafuso sem fim quanto da haste, foi considerado um fator de amplificação dinâmica de 1,3.

5.3.4 Análise teórica do parafuso sem fim

De forma a simplificar as análises no parafuso sem fim, decidiu-se considerar os casos mais desfavoráveis para os cálculos teóricos. O primeiro ponto foi considerar que o parafuso é apoiado por pinos ($K=1$) ao invés de se considerar a situação real de engastado tanto na porca quanto no motor ($K=0,5$). Em segundo lugar, só foi considerado a tração normal ao eixo do parafuso, desconsiderando: o cisalhamento do filete e desgaste superficial. Além disso para reduzir os custos e facilitar a usinagem do parafuso sem fim, o material escolhido foi o aço AISI 1020. O parafuso tem diâmetro interno de 12 mm e corpo de 1 m. Devido à carga F_c , buscou-se mostrar os cálculos teóricos da força máxima que o parafuso pode suportar e verificar se ocorre o fenômeno da flambagem.

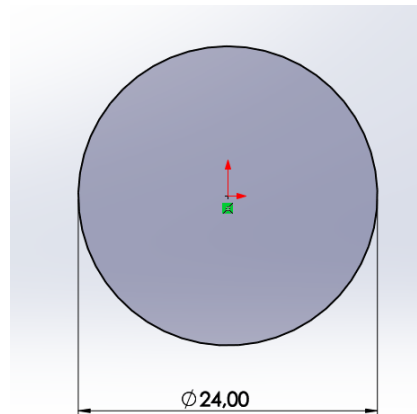


Figura 91 - Diâmetro interno do parafuso sem fim em milímetros

A força máxima que um parafuso suporta é encontrada da seguinte forma:

$$F = \sigma \cdot A \quad [44]$$

Sendo σ o limite de resistência à tração do parafuso, e A , a área efetiva de contato, ou seja, o próprio diâmetro interno do parafuso, escolheu-se como material para o parafuso o aço AISI 1020. Para o cálculo da força desse componente, utilizou-se o limite de escoamento no lugar da resistência à tração. Ainda, de modo que o parafuso funcionasse no regime elástico, utilizou-se o valor de 350 N/mm². Já o diâmetro interno considerado foi de 24 mm. Logo:

$$F = \frac{350 \cdot \pi \cdot 24^2}{4} N \Rightarrow F = 158,3 \text{ kN}$$

O parafuso está sujeito a uma força de 21,7 kN (F_c). Como essa força é inferior ao valor de F , o parafuso sem fim adequa-se à aplicação pretendida.

Outra análise teórica importante para a aplicação do parafuso sem fim é a verificação da ocorrência ou não do fenômeno da flambagem. O cálculo da força crítica para a flambagem é determinado pela equação de Euler [44], que é feito da seguinte forma:

$$P_{cr} = \frac{\pi^2 \cdot E \cdot I}{(K \cdot L)^2}$$

Sendo:

P_{cr} : Carga crítica;

E : Módulo de elasticidade para o AISI 1020 (205 GPa);

I : Momento de inércia;

L : Comprimento da coluna sem apoio (1050 mm);

K : Fator que depende dos apoios.

O momento de inércia para o parafuso é calculado a partir da equação apresentada na figura a seguir:

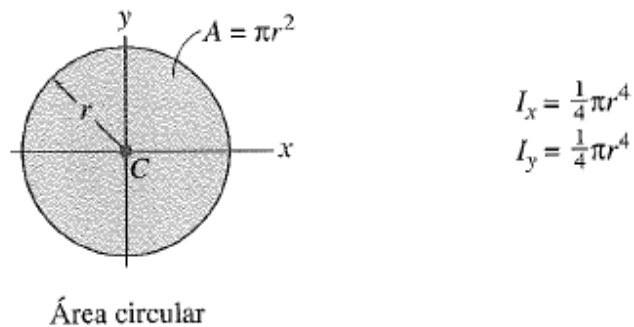
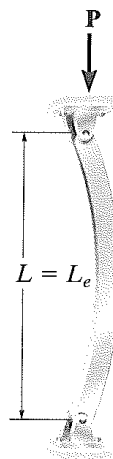


Figura 92 - Momento de inércia para o cilindro [44]

Já para a determinação do fator K, escolheu-se uma viga ideal apoiada por pinos com valor de 1, como mostrado na Figura 93.



Extremidades presas por pinos

$$K = 1$$

Figura 93 - Fator K extremidades fixadas por pinos [44]

$$P_{cr} = \frac{\pi^2 \cdot 205 \times 10^9 \cdot \frac{\pi \cdot 12^4}{4} \times 10^{-12}}{(1,05)^2} \text{ N} \Rightarrow P_{cr} = 29,9 \text{ kN}$$

Como a força aplicada F_c (21,7 kN) é menor que a carga crítica (29,9 kN), determina-se que o parafuso não sofre flambagem.

5.3.5 Análise teórica da haste

Em relação à haste, o material escolhido para ligar os pontos B e C (Figura 88) foi o aço AISI 1020, tendo a haste tem como perfil 80 mm de largura e 20 mm de espessura. Devido aos

esforços envolvidos, foi calculada também a possível existência de uma deformação aceitável, bem como a ocorrência ou não de flambagem.

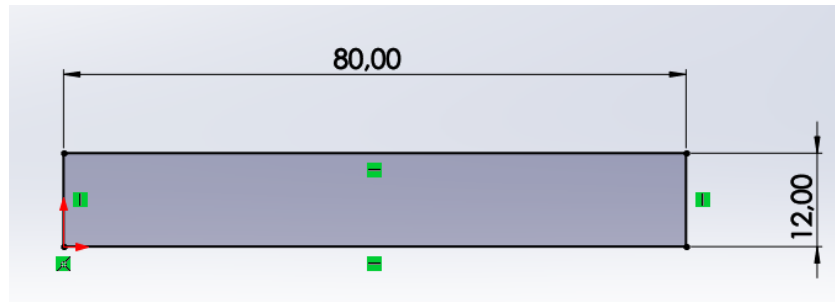


Figura 94 - perfil da haste do inclinado em mm

Através do princípio de Saint-Venant [44], calcula-se a deformação a partir da seguinte equação:

$$\gamma = \frac{P \cdot L}{A \cdot E}$$

Sendo:

γ : Deformação;

P: Carga aplicada (21,9 kN);

L: Comprimento da coluna sem apoio (880 mm);

A: Área da seção transversal;

E: Módulo de elasticidade para o AISI 1020 (205 GPa);

$$\gamma = \frac{21,9 \cdot 0,9 \times 10^6}{1600 \cdot 205 \times 10^3} \text{ mm} \Rightarrow \gamma = 0,06 \text{ mm}$$

Calcula-se, em seguida, o valor da tensão a que a haste está sujeita:

$$\sigma = \frac{P}{A} \Rightarrow \sigma = \frac{21,9 \times 10^3}{1600 \times 10^{-6}} \text{ Pa} \Rightarrow \sigma = 13,7 \text{ MPa}$$

Encontrou-se como resultado que a tensão a que a haste está sujeita é menor do que a tensão de escoamento do aço AISI 1020, que é de 350 Mpa; portanto o efeito da carga axial na haste é desprezível, uma vez que ela estará no regime elástico.

Considerando-se a haste como uma coluna ideal de perfil retangular apoiada por pinos, pode-se realizar o cálculo da flambagem. Para isso, determina-se primeiro o menor momento de inércia I_x ou I_y , como mostrado na figura a seguir:

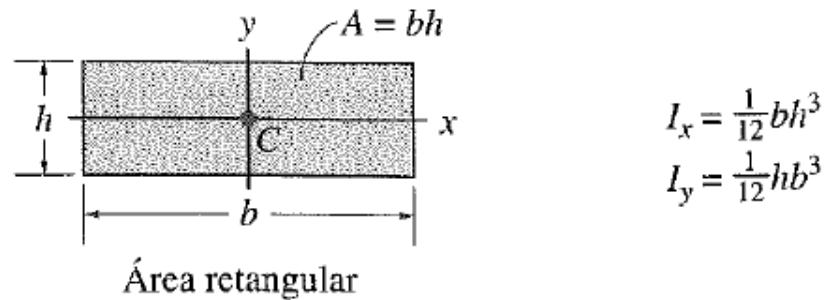


Figura 95 - Momento de inércia para uma área retangular [44]

Com a geometria do perfil, b tem valor de 80mm e h tem valor de 12mm, o que resulta em:

$$I_x = 1,15 \times 10^{-8} \text{ m}^4 \text{ e } I_y = 5,1 \times 10^{-7} \text{ m}^4$$

Assim, o cálculo da flambagem deve ser realizado em função ao eixo I_x .

$$P_{cr} = \frac{\pi^2 \cdot E \cdot I_x}{(K \cdot L)^2} \Rightarrow P_{cr} = \frac{\pi^2 \cdot 250 \times 10^9 \cdot 1,15 \times 10^{-8}}{(1,088)^2} \text{ kN} \Rightarrow P_{cr} = 30,1 \text{ kN}$$

Como a força aplicada F_b (21,9kN) é menor que a carga crítica (30,1 kN), determina-se que a haste não sofre flambagem.

Por fim, a haste que conecta a porca ao perfil em C que apoia o sistema de inclinação, tem um tubo estabilizador soldado na face interna, de modo a resistir aos esforços dinâmicos causados pela passada do animal. O tubo tem um diâmetro externo arbitrário de 30 mm e parede de 3 mm, e a simetria deve ser mantida para anular as reações em relação à passada do animal.

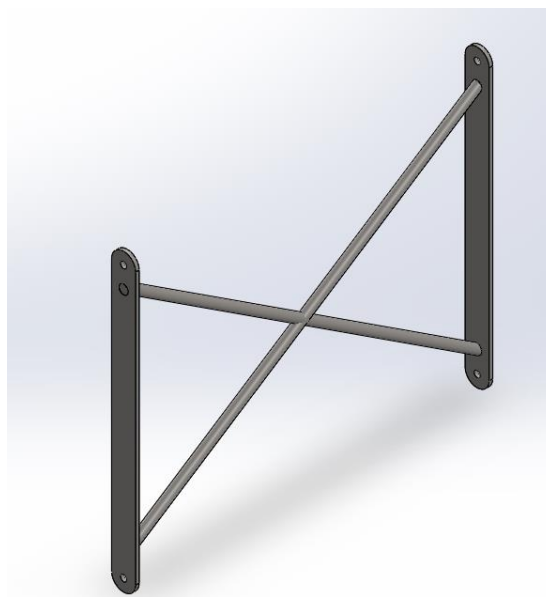


Figura 96 - Vista isométrica da montagem das hastes

5.3.6 Escolha do motor

Pensando-se no fornecimento de energia mecânica necessária ao sistema de inclinação da passareira, foi escolhido um moto redutor - mecanismo que permite a redução da rotação do motor e que aumenta o torque disponível. Além disso, é um componente que apresenta grande versatilidade na forma construtiva (fixação), como pode ser verificado na figura seguir:

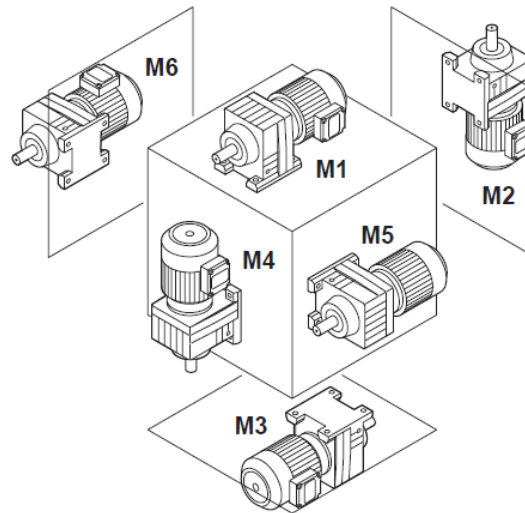


Figura 97 – Possíveis fixação de motoredutores [45]

O moto redutor seria fixado no perfil em C, segundo a forma M5. O eixo de saída do moto redutor estaria conectado ao corpo do parafuso sem fim através de um acoplador de transmissão, de maneira a ficarem conectados diretamente. A fim de simplificar o desenho, o acoplador é omitido na montagem dos componentes do sistema de inclinação.

A fim de definir o moto redutor necessário para a realização do movimento de rotação do parafuso, é preciso determinar o torque, a potência e a rotação requerida, conforme os cálculos expostos a seguir.

- Cálculo do torque mínimo no eixo de saída:

Considerando um sistema de transmissão de forças ideal, pode-se definir o torque ao se encontrar a vantagem mecânica de um sistema de transmissão de potência que transforma movimento circular em retilíneo. Esse sistema funciona como um sistema de engrenagem e coroa sem fim, como mostrado na figura abaixo:



Figura 98 – Sistema de transmissão sem fim [46]

Nesse tipo de sistema de transmissão, a razão de transmissão pode ser definida por [46]:

$$i = \frac{\varphi}{S}$$

Sendo,

i: Razão de transmissão do sistema;

φ : Deslocamento angular;

S: Deslocamento linear.

Quando o eixo motor completa uma volta ($\varphi=2\pi$), o parafuso sem fim se desloca 3mm devido ao passo. Assim:

$$i = \frac{2\pi}{0,03} \Rightarrow i = 2094$$

Relativamente a um sistema de transmissão de potência ideal, o torque do sistema de transmissão entre o eixo do moto redutor e o parafuso sem fim pode ser definido por [46]:

$$T_m = \frac{F_c}{i} \Rightarrow T_m = \frac{21700}{2094} \Rightarrow 10,4 \text{ Nm}$$

Chega-se, portanto, ao torque mínimo do motor de 10,3 N.m. A partir de então, determina-se a rotação desejada do motor e a potência.

- Rotação do motor e potência:

Para a geometria do parafuso sem fim, com uma rosca de 500 mm para a variação da angulação mínima à angulação máxima, foi escolhido um moto redutor com uma rotação de 60 rpm. Nessas condições, o tempo para a variação total da angulação seria de dois minutos e 46

segundos, adequando-se à aplicação, a qual precisa de um sistema de inclinação robusto, mas cujo tempo de variação não precisa ser reduzido.

Por último, calcula-se a potência mínima requerida na saída do moto redutor a partir da equação abaixo:

$$P = T_m \cdot \omega_m \Rightarrow P = \frac{10,4 \cdot 60 \cdot 2\pi}{60} \Rightarrow P = 65,3 \text{ W}$$

Encontrou-se no mercado um moto redutor compatível, com as seguintes características:

- Torque mínimo: 10,4 Nm
- Rotação: 60 rpm
- Potência mínima: 65,3 W



Características Técnicas

Tamanho da Caixa	25
i - Relação de Transmissão	26
Tamanho do Motor (IEC)	80
RPM - Rotação Nominal Saída (@1400 RPM entrada)	54
Potência kW	0.55
Tn - Binário Nominal Saída (Nm)	101-500
Dvs - Diâmetro Veio/Cubo Saída	25
Configuração Entrada	Flange IEC
Material	Ferro Fundido
Incluir Motor	Sim-3
Cor / Acabamento	RAL 5010

Figura 99 - Motoredutor MNHL 25/2 26,05/1 P80 B5 0,55KW/4 [47]

5.4. Versão final da passadeira

Definidos os componentes da esteira de carga, da gaiola de proteção e do sistema de inclinação, foi possível chegar na configuração final da passadeira apresentada na figura 100:

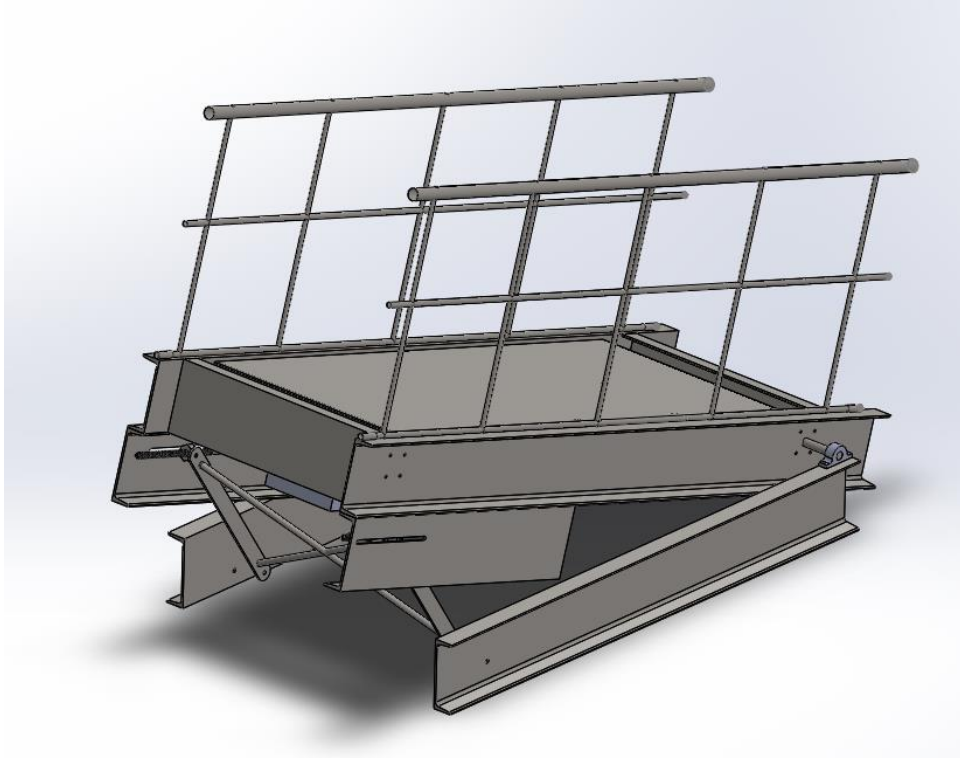


Figura 100 - Versão final da passadeira

Os desenhos técnicos referentes aos componentes da passadeira (esteira, gaiola de proteção e sistema de inclinação) estão disponíveis nos respectivos anexos:

- Anexo XXIII - Passadeira Completa;
- Anexo XXIV – Componentes da Esteira;
- Anexo XXV – Componentes da gaiola de proteção;
- Anexo XXVI – Componentes do sistema de inclinação.

As projeções de perfis normalizados dos canais C, bem como os pinos de 20 mm de diâmetro, esteira rolante da Intralox® e os motores de acionamento tanto da esteira quanto do sistema de inclinação utilizados no projeto, estão omitidas nos desenhos técnicos.

Capítulo 6

Neste capítulo, serão abordadas as conclusões da pesquisa e sugestões para trabalhos futuros a serem realizados, uma vez que as restrições de cronograma não permitiram, por exemplo, a construção da passareira.

6.1 Conclusões

O interesse pelo tema desta pesquisa e seu objetivo advêm, primeiramente, de uma questão de promover o bem-estar de animais de grande porte, mais especificamente, de burros (*Equus asinus*), animal que foi historicamente importante para a atividade econômica e a locomoção humana em muitos países do mundo.

Dessa forma, a pesquisa também adquire um viés socioeconômico, já que busca contribuir para a conscientização de criadores e estimular boas práticas no tratamento dos burros, de forma a aumentar sua longevidade e permitir que os indivíduos se beneficiem de sustentavelmente das atividades por eles conduzidas (tração animal na colheita, transporte de produtos, coleta de lixo, etc.).

Com esse propósito e com o apoio da equipe da ONG “The Donkey Sanctuary” e dos funcionários do IPB e do CEFET/RJ, foi estudado como os esforços envolvidos no transporte de carga impactam nos burros e, conseqüentemente, na saúde do animal. Foram realizados, assim, ensaios com espécimes do burro mirandês em que foram eleitos determinados dispositivos a fim de captar os esforços (balancim equipado com dinamômetro) e perceber a influência da variação do tipo de arreio na dinâmica da tração animal (mantas de pressão).

As análises realizadas com as mantas de pressão proporcionaram uma visualização dos efeitos das cargas ao se variar os tipos de arreios. Percebeu-se que o Collar 6, apesar de ter a maior área de contato dentre os três analisados, pode ser danoso ao animal de tração, visto que, dependendo de sua anatomia, o arreio pode não se encaixar da melhor maneira. Como consequência, em alguns casos, tal arreio pode mesmo estar em contato direto com a região da traqueia do animal. Isso foi demonstrado pelo fato de que, em alguns ensaios, a pressão média na região da traqueia excedeu os 1,35 psi, sendo o valor de pressão média que iniciaria lesões. Devido à aplicação da pressão nessa região, o Collar 6 poderia levar ao sufocamento do animal. Por esse motivo, a eficiência do Collar 6 foi considerada a menor dentre os demais arreios.

O Collar 5, por apresentar diversas opções de regulagem, demonstrou adequar-se bem à anatomia dos equinos, além de evitar o contato com os ombros e as escápulas. A área de contato do arreio com a pele do animal é menor se comparada com o Collar 1, mas, de maneira

positiva, não existe contato entre o tiro (cordas do arreio) e o dorso do animal. Esta característica não é observada no Collar 1, por isso conclui-se que este arreio pode ser aprimorado em sua confecção, a fim de corrigir o contato entre as cordas do arreio e o dorso do animal.

O Collar 1 demonstrou, afinal, uma pequena vantagem em comparação com os outros dois arreios, apresentando maior área de contato com o animal na região do peito, o que aumenta seu conforto durante o transporte de uma carga. Em alguns casos, até a força realizada pelo animal apresentou-se menor em comparação com os outros arreios. Tratando-se de um arreio artesanal e de baixo custo, determina-se que esse seria o arreio de maior eficiência, seguido pelo Collar 5 e, por último, o Collar 6. É importante salientar que as análises dos arreios permitem pensar no aprimoramento do Collar 1, de maneira a incluir as características mais positivas encontradas nos outros arreios.

Em seguida, realizaram-se as análises da carga transportada, começando com uma célula de carga equipada com um dispositivo de aquisição de dados, chegando-se à versão final dos dinamômetros equipados dentro de balancins, os quais se mostraram de extrema pertinência para a coleta de dados no tipo de estudo em questão. Na versão final, conseguiu-se construir um sistema que grava os dados da força exercida embarcado num balancim, com simples operação e fácil acesso aos dados gravados nos ensaios. O tamanho reduzido, a versatilidade e a robustez representam os pontos fortes desse método de medição de força na tração animal.

Por fim, como as análises iniciais tanto dos balancins quanto das mantas de pressão foram prejudicadas por ruídos relevantes provenientes de intempéries, terrenos irregulares, obstáculos nas pistas de teste, entre outras condições que podem influenciar na coleta de dados, foi pensado um mecanismo que permitisse a realização de testes em laboratório, evitando as variações proporcionadas pelos ensaios em campo.

Desenvolveu-se, portanto, um projeto de passadeira que atendesse as necessidades de realização de estudos com burros especificadas pela equipe veterinária. Os componentes estruturais da passadeira foram calculados, assim, para suportar um animal de grande porte. Sua estrutura projetada permite análises mais rigorosas, em um ambiente controlado, de burros e equinos de até 500 kg.

Chegou-se a um projeto final de passadeira cuja capacidade de inclinação atinge entre 5° e 20° graus, permitindo a coleta de dados em um ambiente controlado que simula terrenos inclinados. Da mesma forma, a velocidade do ensaio pode ser regulada, partindo do repouso até uma velocidade máxima de 3 m/s. A passadeira também pode ajustar-se ao tamanho do animal com o sistema de casquilho e cavilha desenvolvido.

O sistema da esteira rolante foi o elemento da passadeira que se mostrou de maior complexidade, devendo-se contactar o fornecedor para maiores esclarecimentos e adequações ao projeto.

Quanto ao controle de velocidades tanto da esteira rolante quanto da inclinação da passadeira, seria necessário o desenvolvimento de um sistema eletrônico capaz de realizar a operação. Esse sistema também teria a função de inverter a polaridade do motoredutor, fazendo com que a inclinação aumente ou diminua. Para isso, seria válida a contribuição da equipe de eletrônica, visando a trabalhos futuros em conjunto.

6.2 Trabalhos Futuros

Ao longo do trabalho de campo, foram analisados diversos burros, mas muitos dados gerados não foram incluídos na discussão desta tese, selecionando-se apenas aquelas mais pertinentes e coerentes ao objetivo da pesquisa. A fim de aumentar o espaço amostral das análises, seria ideal utilizar maior variedade de dados coletados durante os ensaios.

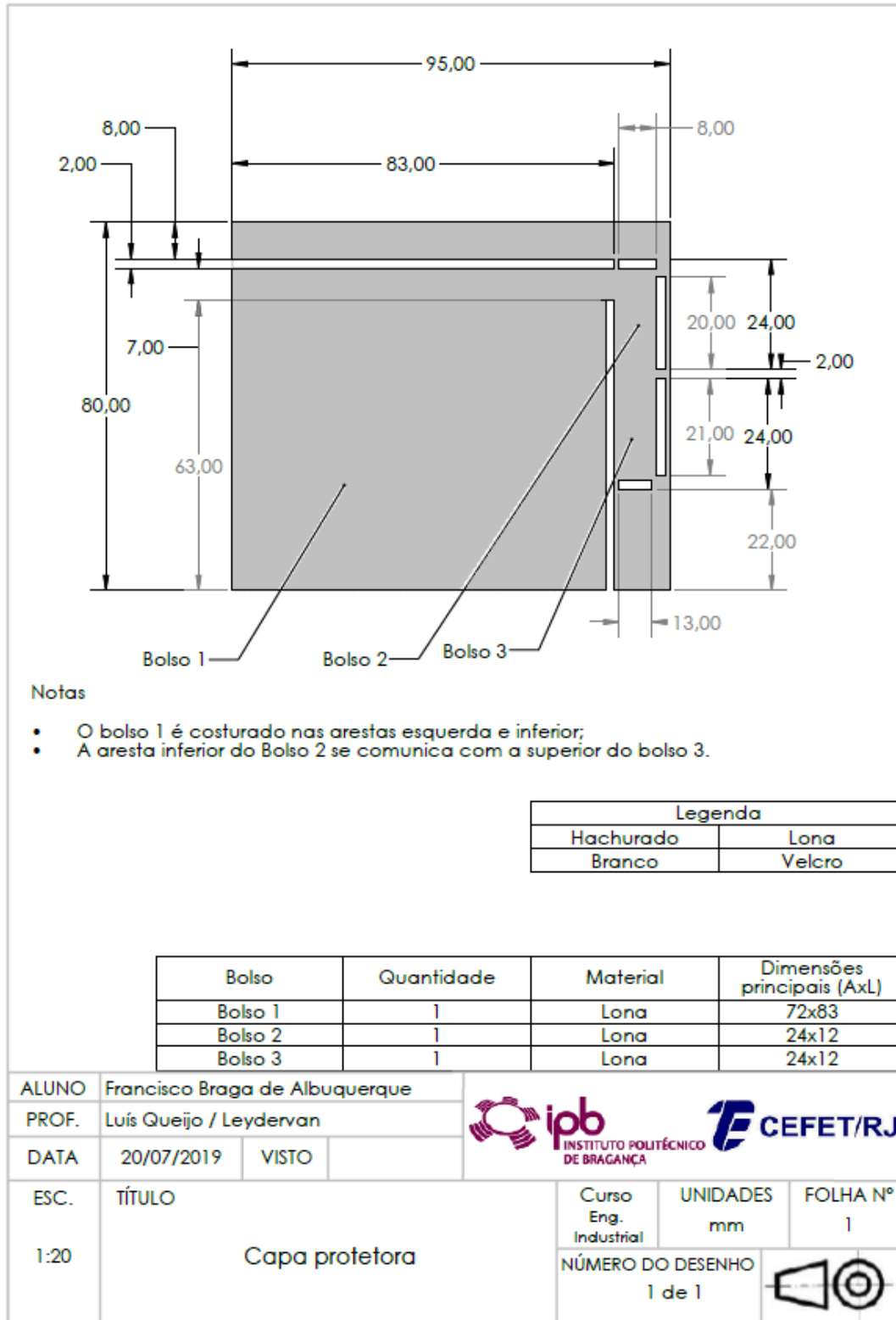
Além disso, para futuras análises, recomenda-se utilizar em associação as mantas de pressão com os balancins equipados no dinamômetro, fato que não foi possível no decorrer desta tese, pois os dinamômetros embarcados no balancim somente concluídos em junho de 2019, quando as mantas de pressão já haviam sido avariadas em novembro de 2018.

Relativamente à passadeira, admite-se que é preciso começar sua construção para que se possa encontrar possíveis alterações necessárias ao projeto, de acordo com alguma especificação construtiva. Outro ponto importante a ser aprofundado é a aplicação da carga de forma mais próxima da realidade da passada do animal. Como sugerido na seção 5.1.2., recomenda-se contactar o fornecedor da esteira rolante, no caso desta tese, a Intralox®, a fim de se encontrar uma esteira compatível para o uso pretendido.

Também seria interessante aprofundar as discussões sobre fadiga e vibrações no projeto da passadeira e, por fim, adequar a passadeira à superfície instalada com o uso de calços ajustáveis para garantir o nivelamento de toda a estrutura.

ANEXOS

Anexo I – Capa protetora



Anexo II – Single Point Load Cell

VPGTransducers

Celltron • Revere • Sensortronics • TedeA-Huntleigh

Model 1042
TedeA-Huntleigh

Low Profile Aluminum Load Cell

FEATURES

- Capacities 1–200 kg
- Aluminum construction
- Single-point 400 x 400 mm platform
- OIML R60 and NTEP approved
- IP66 protection
- Available with metric and UNC threads
- **Optional**
 - ATEX, FM, and IECEx approvals available
 - High stiffness version available for dynamic weighing applications



APPLICATIONS

- Bench scales
- Counting scales
- Grocery scales

DESCRIPTION

Model 1042 is a low profile single-point load cell designed for direct mounting in weighing platforms.

Its small physical size, combined with high accuracy and low cost, makes this load cell ideally suited for retail, bench and counting scales.

Capacities of 5 kg and above are supplied as standard in anodized aluminum. This high accuracy load cell is approved to NTEP and other stringent approval standards, including OIML R60.

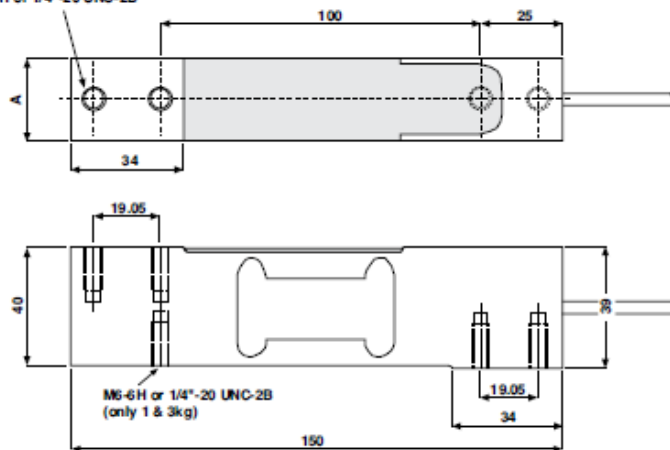
A humidity resistant protective coating assures long-term stability over the entire compensated temperature range.

The two additional sense wires feed back the voltage reaching the load cell. Complete compensation of changes in lead resistance due to temperature change and/or cable extension, is achieved by feeding this voltage into the appropriate electronics.

OUTLINE DIMENSIONS in millimeters

Capacity, kg	A
1–30	20
50–200	25.4

4 Mounting holes
M6-6H or 1/4"-20 UNC-2B



Model 1042
TedeA-Huntleigh

VPGTransducers
Celtron • Revere • Sensortronics • TedeA-Huntleigh

Low Profile Aluminum Load Cell

SPECIFICATIONS					
PARAMETER	VALUE				UNIT
Rated capacity—R.C. (E_{max})	1 ⁽¹⁾ , 3, 5, 7, 10, 15, 20, 30, 50, 75, 100, 150 ⁽¹⁾ , 200 ⁽¹⁾				kg
NTEP/OIML accuracy class	NTEP	Non-Approved	C3 ⁽²⁾	C6 ⁽²⁾	
Maximum no. of intervals (n)	5000 single	1000	3000	6000 ⁽³⁾	
$Y = E_{max}/V_{min}$	10000	1400	6000	10000	Maximum available 20000
Rated output—R.O.	2.0				mV/V
Rated output tolerance	0.2				±mV/V
Zero balance	0.2				±mV/V
Zero return, 30 min.	0.0100	0.0500	0.0170	0.0083	±% of applied load
Total error (per OIML R60)	0.0200	0.0300	0.0200	0.0100	±% of rated output
Temperature effect on zero	0.0014	0.0100	0.0023	0.0014	±% of rated output/°C
Temperature effect on output	0.0010	0.0030	0.0010	0.00058	±% of applied load/°C
Eccentric loading error	0.0042	0.0074	0.0049	0.0024	±% of rated load/cm
Temp. range, compensated	-10 to +40				°C
Temp. range, safe	-30 to +70				°C
Maximum safe central overload	150				% of R.C.
Ultimate central overload	300				% of R.C.
Excitation, recommended	10				VDC or VAC RMS
Excitation, maximum	15				VDC or VAC RMS
Input impedance	415±20				Ω
Output impedance	350±3				Ω
Insulation resistance	>2000				MΩ
Cable length	1 ⁽⁴⁾				m
Cable type	6 wire, PVC, single floating screen				Standard
Construction	Plated (anodize) aluminum				
Environmental protection	IP68				
Platform size (max)	400 x 400				mm
Recommended torque	Up to 30 kg: 7.0 35 kg and above: 10.0				N*m

⁽¹⁾ 1 kg and 200 kg not approved by OIML; 150 and 200 kg are not approved by NTEP.

⁽²⁾ 50% utilization.

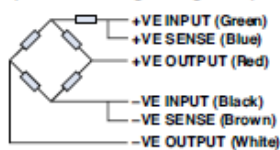
⁽³⁾ 60% utilization.

⁽⁴⁾ 6000 divisions from 20 kg to 100 kg.

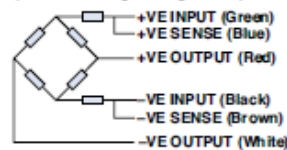
⁽⁵⁾ Options: 4-wire cable; different cable lengths; side cable entry.

All specifications subject to change without notice.

WIRING SCHEMATIC DIAGRAM
(Unbalanced bridge configuration)



WIRING SCHEMATIC DIAGRAM
(Balanced bridge configuration)



Anexo III – Tension-Compression Load Cells (615)



Capacities 50 - 1000 kg

Stainless Steel (616)
or
Ni Plated Alloy Steel (615)
or
Anodized Aluminium (614)
construction

IP67 protection

For use in tension or
compression.

6 wire (sense) circuit

Model 615 output
standardised to $\pm 0.1\%$

Model 614, 615 and 616 are tension-compression load cells which share the same dimensions. Humidity resistant coatings and shielded cables enable these load cells to be used in harsh environments while maintaining their operating specifications.

The additional sense wires compensate for changes in lead resistance due to temperature change and/or cable extension.

Ideally suited for lever conversions, hanging scales, force measurement and a wide range of other industrial applications.

The model 616 is made from stainless steel and has bonded covers for additional protection (except 50kg). Alternative lower cost versions are made from aluminium (model 614) or alloy steel (model 615), with rivetted covers.

Model 614 from 50 -300 kg and models 615/616 from 50 - 1000 kg.

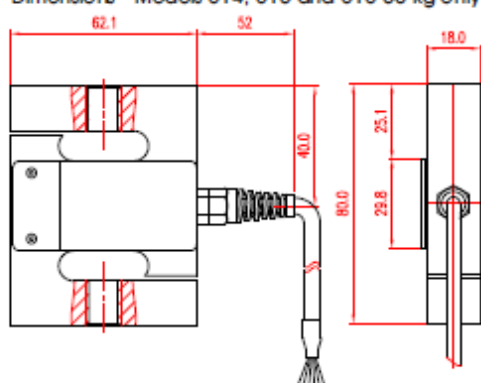
Tension-compression load cells 614 / 615 / 616

614 / 615 / 616 SPECIFICATION

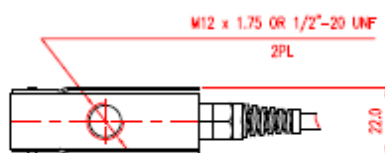
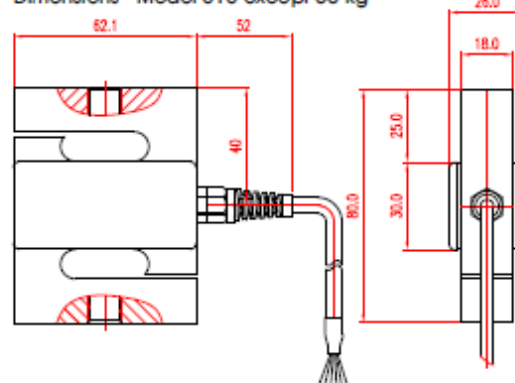
GRADE	E	F	G	UNITS
Rated Capacities :	50, 100, 150, 200, 300, 500*, 750*, 1000*			kg
Rated Output	2.0 ± 10% (2.0 ± 0.1% for Model 615)			mV/V
Total Error	0.05	0.03	0.02	±% of Rated Output
Zero Return after 30 mins	0.05	0.03	0.017	±% of Applied Load
Temperature Effect : On Output	0.003	0.0014	0.0012	±% of Applied Load/°C
: On Zero	0.01	0.006	0.004	±% of Rated Output/°C
Zero Balance	10			±% of Rated Output
Temperature Range : Operating	-30 to +70			°C
: Compensated	-10 to +45			°C
Safe Overload	150			% of Rated Capacity
Ultimate Overload	300			% of Rated Capacity
Excitation : Recommended	10			Volts AC or DC
: Maximum	15			Volts AC or DC
Input Impedance	Model 614: 415 ±20, Model 615: 400 ±20, Model 616: 385 ±15			Ohms
Output Impedance	350 ± 3			Ohms
Insulation Impedance	> 2000			MegaOhms
Deflection at Rated Capacity	< 0.4			mm
Weight	Model 614: 0.4	Model 615/616: 0.58		kg
Construction:	614: Anodised aluminium; 615: Nickel plated alloy steel; 616: Stainless steel			
Environmental Protection	IP67			
Cable	Model 614/615: 3 metres, 6-wire, 26 AWG, braid shield, PVC jacket Model 616: 3 metres, 6-wire, 26 AWG, braid shield, polyurethane jacket			

* Not available in model 614

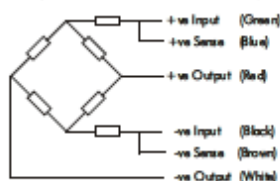
Dimensions - Models 614, 615 and 616-50 kg only



Dimensions - Model 616 except 50 kg



Wiring Schematic Diagram
(Balanced bridge configuration)



All dimensions in mm

Due to Tedeá-Huntleigh's policy of continuous development, these specifications are subject to change without notice. Tedeá-Huntleigh is the world's leading manufacturer of high quality, high accuracy load cells in volume production. Our manufacturing facilities are ISO 9000 registered. For further details please contact Tedeá-Huntleigh or your local distributor, or visit our website at:

<http://www.tedeá-huntleigh.com>

Europe

Tedeá-Huntleigh Europe Ltd
37 Portmeadow Road,
Cardiff
CF24 5HE
United Kingdom
Tel: +44(0)29-20460231
Fax: +44(0)29-20462173

International

Tedeá-Huntleigh International Ltd
5 Macrae St,
New Industrial Zone
PO Box 8881, Naurua 4256,
Ireland
Tel: +972-9-863-8888
Fax: +972-9-863-8800

China

Beijing Tedeá-Huntleigh
No. 16 HongDa, Bai Lu,
DaXing County, Beijing Economic
& Technology Development Area,
Beijing 100176, China
Tel: +86-10-6788 1604-09
Fax: +86-10-6788 1576

Germany

Tedeá-Huntleigh GmbH
Münchinger 18
D-60257
Darmstadt-Eberstadt,
Germany
Tel: +49-615 1-9446 0
Fax: +49-615 1-9446 40

USA

Tedeá-Huntleigh Incorporated
20630 Plummer Street,
Crescent
California, 91311,
USA
Tel: +1-818-701-2700
Fax: +1-818-701-2799

France

SEA s.r.l.
16 Rue Frenck, Novels
28000 Chartres,
France
Tel: +33-2-37-33-31-20
Fax: +33-2-37-33-31-29

TEDEA th
HUNTLEIGH
EXCELLENCE IN LOAD CELLS

Anexo IV – Programa em VBA Ensaios IPB

```

Private Sub CommandButton1_Click()

Dim myFile As String, text As String, textline As String, posLat As Integer, posLong As Integer, i As Integer, nome As String, lenght1 As Integer
Call GetFilePath

myFile = ActiveSheet.Range("A1")

Range("G2:H300").Clear
Range("B2:C300").Clear

Range("B2:B500").Select
Selection.NumberFormat = "[\$-x-systime]h:mm:ss AM/PM"
Range("G2:G500").Select
Range(Selection, Selection.End(xlDown)).Select
Selection.NumberFormat = "[\$-x-systime]h:mm:ss AM/PM

Open myFile For Input As #1
If ActiveSheet.Range("Z500").Value = 1 Then
    MsgBox ("File not selected")
Exit Sub
End If
i = 2

Do Until EOF(1)
    Line Input #1, textline
    If Left(textline, 4) = "Vish" Then
        GoTo x
    ElseIf Left(textline, 4) = "Seri" Then
        GoTo x
    ElseIf Left(textline, 4) = "File" Then
        GoTo x
    ElseIf Left(textline, 1) = vbTab Then
        GoTo x
    Else
        text = text + textline
        Range("G" & i).Value = TimeValue(Left(textline, 8))
        Range("H" & i).Value = Right(textline, 7)
        If Left(Right(textline, 7), 1) = "+" Or Left(Right(textline, 7), 1) = "--" Then
        Else:
            Range("H" & i).Value = Right(textline, 8)
        End If
    End If
    i = i + 1
Loop

Close #1

Call AddChartTitle

lenght1 = Len(ActiveSheet.Range("A1").Value)
nome = Left(ActiveSheet.Range("A1").Value, lenght1 - 4) + ".xlsm"

answer = MsgBox("Do you want to save the file?", vbYesNo + vbQuestion, "Empty Sheet")
If answer = vbYes Then
    ActiveWorkbook.SaveAs Filename:=nome
    MsgBox ("File saved to path:" & nome)
Else:
    GoTo y
End If

y:
End Sub

Sub AddChartTitle()
'PURPOSE: Add a title to a specific chart

Dim cht As ChartObject

Set cht = ActiveSheet.ChartObjects("Chart 1")

'Ensure chart has a title
cht.Chart.HasTitle = True

'Change chart's title
cht.Chart.ChartTitle.text = ActiveSheet.Range("A3").Value

End Sub

Sub GetFilePath()

Dim lenght As Integer
Set myFile = Application.FileDialog(msoFileDialogOpen)
With myFile
    .Title = "Choose File"
    .AllowMultiSelect = False
If .Show <> -1 Then
    ActiveSheet.Range("Z500").Value = 1
    Exit Sub
Else
    ActiveSheet.Range("Z500").Value = 2
End If
FileSelected = .SelectedItems(1)
End With

ActiveSheet.Range("A1") = FileSelected

ActiveSheet.Range("A2") = GetFilenameFromPath(FileSelected)

lenght = Len(ActiveSheet.Range("A2").Value)

ActiveSheet.Range("A3") = Left(ActiveSheet.Range("A2").Value, lenght - 4)

End Sub

Function GetFilenameFromPath(ByVal strPath As String) As String
' Returns the rightmost characters of a string upto but not including the rightmost '\'
' e.g. 'c:\winnt\win.ini' returns 'win.ini'

If Right$(strPath, 1) <> "\" And Len(strPath) > 0 Then
    GetFilenameFromPath = GetFilenameFromPath(Left$(strPath, Len(strPath) - 1)) + Right$(strPath, 1)
End If
End Function

```

Anexo V – RB-Phi-204 5000Kg S Type Load Cell

RB-Phi-204 500Kg S Type Load Cell



A load cell is a force sensing module - a carefully designed metal structure, with small elements called strain gauges mounted in precise locations on the structure. Load cells are designed to measure a specific type of force, and ignore other forces being applied. This S-Type load cell can be operated in compression or tension with up to 500 kilograms of force. The electrical signal output by the load cell is very small and requires specialized amplification. Fortunately, the 1046 PhidgetBridge will perform all the amplification and measurement of the electrical output.

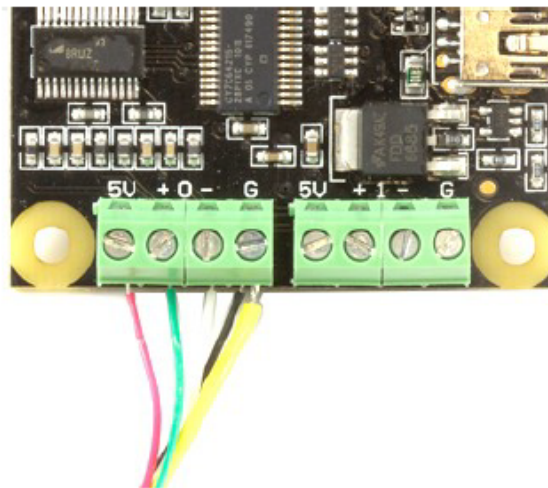
Connection

The 3140 connects to a bridge on the 4-Input



The following table shows how to connect the Load Cell Wires to the bridge connectors.

Wire Color	Red	Green	White	Black/Yellow
Bridge Connector	5V	+	-	GND



Features

Maximum Load Capacity: 500 kg
 Wheatstone Bridge Sensor
 Measures compressive or tensile force
 Plugs into the 4-Input

Specifications

Sensor Properties

Sensor Type	Compression/Tension Load Cell
Weight Capacity Max	500 kg
Maximum Overload	750 kg

Electrical Properties

Output Impedance	350 Ω
Supply Voltage Min	9 V DC
Supply Voltage Max	12 V DC

Physical Properties

Compensated Temperature Min	-10 °C
Compensated Temperature Max	40 °C
Operating Temperature Min	-20 °C
Operating Temperature Max	55 °C
Cable Length	3 m
Cable Gauge	5x 22 AWG
Material	Alloy Steel
IP Rating	IP66
Weight	603 g

Anexo VI – Calibração do primeiro protótipo

Calibração 1		Calibração 2		Calibração 3	
Força aplicada (N)	Leitura (raw)	Força aplicada (N)	Leitura (raw)	Força aplicada (N)	Leitura (raw)
0	-1	0	-1	0	-13
250	-56	250	-55	250	-70
500	-110	500	-109	500	-122
750	-163	750	-164	750	-176
1000	-220	1000	-219	1000	-231
1250	-273	1250	-274	1250	-286
1500	-326	1500	-328	1500	-340
1750	-383	1750	-383	1750	-395
2000	-438	2000	-437	2000	-449
2250	-492	2250	-492	2250	-504
2500	-547	2500	-547	2500	-559
2750	-602	2750	-602	2750	-613
3000	-656	3000	-656	3000	-668
3250	-711	3250	-710	3250	-723
3500	-765	3500	-765	3500	-777
3750	-820	3750	-820	3750	-832
4000	-875	4000	-875	4000	-887
4250	-930	4250	-929	4250	-941
4500	-984	4500	-984	4500	-996
4750	-1039	4750	-1038	4750	-1050

Força aplicada (N)	Raw Data		Valor estimado	Erro Absoluto	Erro Relativo (VFE)
	Média	Desvio Padrão			
0	-5	7	2	1,8	0,04
250	-60	9	255	5,1	0,11
500	-114	8	499	0,8	0,02
750	-168	7	746	3,7	0,08
1000	-223	7	1001	1,1	0,02
1250	-278	7	1250	0,2	0,00
1500	-331	7	1495	4,6	0,10
1750	-387	7	1750	0,2	0,00
2000	-441	7	1999	1,1	0,02
2250	-496	7	2249	0,9	0,02
2500	-551	7	2501	0,8	0,02
2750	-606	6	2751	1,0	0,02
3000	-660	7	3000	0,3	0,01
3250	-715	8	3250	0,1	0,00
3500	-769	7	3499	1,4	0,03
3750	-824	7	3750	0,3	0,01
4000	-879	7	4002	2,0	0,04
4250	-933	7	4251	0,7	0,01
4500	-988	7	4501	0,9	0,02
4750	-1042	7	4750	0,4	0,01
				1,4	0,03 %

Anexo VII – Programa VBA primeiro protótipo.

```

Private Sub CommandButton1_Click()

Dim myFile As String, text As String, textline As String, posLat As Integer, posLong As Integer, i As Integer, nome As String, lenght1 As Integer
Call GetFilePath

myFile = ActiveSheet.Range("A1")

Range("G2:H300").Clear
Range("B2:C300").Clear

Open myFile For Input As #1
If ActiveSheet.Range("Z500").Value = 1 Then
    MsgBox ("File not selected")
    Exit Sub
End If
i = 2

Do Until EOF(1)
    Line Input #1, textline
    If Left(textline, 4) = "Vish" Then
        GoTo x
    ElseIf Left(textline, 4) = "Seri" Then
        GoTo x
    ElseIf Left(textline, 4) = "File" Then
        GoTo x
    ElseIf Left(textline, 1) = vbTab Then
        GoTo x
    Else
        text = text + textline
        Range("G" & i).Value = i - 2
        Range("H" & i).Value = Right(textline, Len(textline) - InStr(textline, vbTab))
        Range("B" & i).Value = Range("G" & i).Value - Range("G2").Value
        If Range("H" & i).Value = 0 Then
            Range("C" & i).Value = Range("H" & i).Value
        Else:
            Range("C" & i).Value = (Range("H" & i).Value * 4.5769) + 21.071
        End If
        i = i + 1
    End If
Loop
x:
Loop
Close #1

Call AddChartTitle

lenght1 = Len(ActiveSheet.Range("A1").Value)
nome = Left(ActiveSheet.Range("A1").Value, lenght1 - 4) + ".xslm"

answer = MsgBox("Do you want to save the file?", vbYesNo + vbQuestion, "Empty Sheet")
If answer = vbYes Then
    ActiveWorkbook.SaveAs Filename:=nome
    MsgBox ("File saved to path:" & nome)
Else:
    GoTo y
End If

y:
End Sub

```

```

Sub AddChartTitle()
'PURPOSE: Add a title to a specific chart

Dim cht As ChartObject

Set cht = ActiveSheet.ChartObjects("Chart 1")

'Ensure chart has a title
cht.Chart.HasTitle = True

'Change chart's title
cht.Chart.ChartTitle.text = ActiveSheet.Range("A3").Value

End Sub

```

```

Sub GetFilePath()

Dim lenght As Integer
Set myFile = Application.FileDialog(msoFileDialogOpen)
With myFile
    .Title = "Choose File"
    .AllowMultiSelect = False
If .Show <> -1 Then
    ActiveSheet.Range("Z500").Value = 1
    Exit Sub
Else
    ActiveSheet.Range("Z500").Value = 2
End If
FileSelected = .SelectedItems(1)
End With

ActiveSheet.Range("A1") = FileSelected

ActiveSheet.Range("A2") = GetFilenameFromPath(FileSelected)

lenght = Len(ActiveSheet.Range("A2").Value)

ActiveSheet.Range("A3") = Left(ActiveSheet.Range("A2").Value, lenght - 4)

End Sub

```

```

Function GetFilenameFromPath(ByVal strPath As String) As String
' Returns the rightmost characters of a string upto but not including the rightmost '\'
' e.g. 'c:\winnt\win.ini' returns 'win.ini'

```

Anexo VIII – Calibração Swingle tree 1

Calibração 1		Calibração 2		Calibração 3	
Força aplicada (N)	Leitura (raw)	Força aplicada (N)	Leitura (raw)	Força aplicada (N)	Leitura (raw)
0	3	0	6	0	7
250	93	250	97	250	98
500	184	500	188	500	189
750	276	750	279	750	281
1000	367	1000	371	1000	372
1250	459	1250	462	1250	463
1500	550	1500	554	1500	555
1750	642	1750	645	1750	646
2000	733	2000	737	2000	738
2250	824	2250	828	2250	829
2500	916	2500	919	2500	921
2750	1007	2750	1011	2750	1012

Força aplicada (N)	Raw Data		Valor estimado	Erro Absoluto	Erro Relativo (VFE)
	Média	Desvio Padrão			
0	5	1	2	1,9	0,04
250	96	1	250	0,1	0,00
500	187	1	499	1,2	0,02
750	279	1	750	0,4	0,01
1000	370	1	999	0,5	0,01
1250	461	1	1249	0,7	0,01
1500	553	1	1500	0,1	0,00
1750	644	1	1750	0,1	0,00
2000	736	1	2001	0,7	0,01
2250	827	1	2250	0,4	0,01
2500	919	1	2500	0,4	0,01
2750	1010	1	2750	0,2	0,01
				1,1	0,01 %

Anexo IX – Programa em VBA Swingle tree 1

```

Private Sub CommandButton1_Click()

Dim myFile As String, text As String, textline As String, posLat As Integer, posLong As Integer, i As Integer, nome As String, lenght1 As Integer
Call GetFilePath

myFile = ActiveSheet.Range("A1")

Range("G2:H1000").Clear
Range("B2:C1000").Clear

Open myFile For Input As #1
If ActiveSheet.Range("Z500").Value = 1 Then
    MsgBox ("File not selected")
    Exit Sub
End If
i = 2

Do Until EOF(1)
    Line Input #1, textline
    If Left(textline, 3) = "(c)" Then
        GoTo x
    ElseIf Left(textline, 4) = "Vish" Then
        GoTo x
    ElseIf Left(textline, 4) = "Seri" Then
        GoTo x
    ElseIf Left(textline, 4) = "File" Then
        GoTo x
    ElseIf Left(textline, 1) = vbTab Then
        GoTo x
    Else
        text = text + textline
        Range("G" & i).Value = i - 2
        Range("H" & i).Value = Right(textline, Len(textline) - InStr(textline, vbTab))
        Range("B" & i).Value = Range("G" & i).Value - Range("G2").Value
        If Range("H" & i).Value = 0 Then
            Range("C" & i).Value = Range("H" & i).Value
        Else:
            Range("C" & i).Value = (Range("H" & i).Value * 2.7356) - 12.718
        End If
        i = i + 1
    End If
Loop

x:
Close #1

Call AddChartTitle

lenght1 = Len(ActiveSheet.Range("A1").Value)
nome = Left(ActiveSheet.Range("A1").Value, lenght1 - 4) + ".xslm"

answer = MsgBox("Do you want to save the file?", vbYesNo + vbQuestion, "Empty Sheet")
If answer = vbYes Then
    ActiveWorkbook.SaveAs Filename:=nome
    MsgBox ("File saved to path:" & nome)
Else:
    GoTo y
End If

y:
End Sub

```

```

Sub AddChartTitle()
'PURPOSE: Add a title to a specific chart

Dim cht As ChartObject

Set cht = ActiveSheet.ChartObjects("Chart 1")

'Ensure chart has a title
cht.Chart.HasTitle = True

'Change chart's title
cht.Chart.ChartTitle.text = ActiveSheet.Range("A3").Value

End Sub

```

```

Sub GetFilePath()

Dim lenght As Integer
Set myFile = Application.FileDialog(msoFileDialogOpen)
With myFile
.Title = "Choose File"
.AllowMultiSelect = False
If .Show <> -1 Then
    ActiveSheet.Range("Z1000").Value = 1
    Exit Sub
Else
    ActiveSheet.Range("Z1000").Value = 2
End If
FileSelected = .SelectedItems(1)
End With

ActiveSheet.Range("A1") = FileSelected

ActiveSheet.Range("A2") = GetFilenameFromPath(FileSelected)

lenght = Len(ActiveSheet.Range("A2").Value)

ActiveSheet.Range("A3") = Left(ActiveSheet.Range("A2").Value, lenght - 4)

End Sub

```

```
Function GetFilenameFromPath(ByVal strPath As String) As String
' Returns the rightmost characters of a string upto but not including the rightmost '\'
' e.g. 'c:\winnt\win.ini' returns 'win.ini'

    If Right$(strPath, 1) <> "\" And Len(strPath) > 0 Then
        GetFilenameFromPath = GetFilenameFromPath(Left$(strPath, Len(strPath) - 1)) + Right$(strPath, 1)
    End If
End Function
```

```
Private Sub CommandButton2_Click()

If ThisWorkbook.Worksheets("Sheet1").Range("G3") = vbNullString Then
    MsgBox ("Please, generate chart first.")
    Exit Sub
Else:
    Dim MyChart As Chart
    Dim Fname As String

    ThisWorkbook.Worksheets("Sheet1").ChartObjects(1).Activate

    Set MyChart = ThisWorkbook.Worksheets("Sheet1").ChartObjects(1).Chart

    Dim lenght1 As Integer
    Dim lenght2 As Integer

    lenght1 = Len(ActiveSheet.Range("A2").Value)
    lenght2 = Len(ActiveSheet.Range("A1").Value)

    Fname = Left(ThisWorkbook.Worksheets("Sheet1").Range("A1"), lenght2 - lenght1) & ThisWorkbook.Worksheets("Sheet1").Range("A3") & ".jpg"

    MyChart.Export Filename:=Fname, FilterName:="JPG"

    ThisWorkbook.Worksheets("Sheet1").Activate

    MsgBox ("Chart succesfully saved")
End If

End Sub
```

Anexo X – Calibração 80cm Swingle tree

Calibração 1		Calibração 2		Calibração 3	
Força aplicada (N)	Leitura (raw)	Força aplicada (N)	Leitura (raw)	Força aplicada (N)	Leitura (raw)
0	10	0	7	0	13
250	65	250	61	250	68
500	120	500	116	500	123
750	174	750	170	750	177
1000	229	1000	225	1000	232
1250	284	1250	280	1250	287
1500	339	1500	335	1500	341
1750	394	1750	390	1750	396
2000	448	2000	444	2000	451
2250	503	2250	499	2250	506
2500	558	2500	554	2500	560
2750	613	2750	609	2750	615
3000	668	3000	664	3000	670
3250	723	3250	729	3250	725
3500	777	3500	773	3500	780
3750	832	3750	828	3750	838
4000	887	4000	883	4000	889
4250	942	4250	938	4250	944
4500	997	4500	993	4500	999
4750	1052	4750	1048	4750	1054

Força aplicada (N)	Raw Data			Erro Absoluto	Erro Relativo (VFE)	
	Média	Desvio Padrão	Valor estimado			
0	10	3	2	1,9	0,04	
250	65	36	251	1,1	0,02	
500	120	35	502	1,9	0,04	
750	174	36	748	1,9	0,04	
1000	229	36	999	1,1	0,02	
1250	284	35	1250	0,4	0,01	
1500	338	35	1499	1,1	0,02	
1750	393	35	1750	0,3	0,01	
2000	448	36	1997	2,6	0,05	
2250	503	35	2248	1,8	0,04	
2500	557	35	2497	2,6	0,05	
2750	612	35	2748	1,8	0,04	
3000	667	35	2999	1,0	0,02	
3250	726	29	3265	14,9	0,31	
3500	777	38	3497	2,5	0,05	
3750	833	35	3753	2,8	0,06	
4000	886	35	3998	2,5	0,05	
4250	941	35	4248	1,7	0,04	
4500	996	35	4499	1,0	0,02	
4750	1051	0	4750	0,2	0,00	
				1,8	0,07	%

Anexo XI – Programa em VBA 80cm Swingle tree

```

Private Sub CommandButton1_Click()

Dim myFile As String, text As String, textline As String, posLat As Integer, posLong As Integer, i As Integer, nome As String, lenght1 As Integer
Call GetFilePath

myFile = ActiveSheet.Range("A1")

Range("G2:H1000").Clear
Range("B2:C1000").Clear

Open myFile For Input As #1
If ActiveSheet.Range("Z500").Value = 1 Then
    MsgBox ("File not selected")
    Exit Sub
End If
i = 2

Do Until EOF(1)
    Line Input #1, textline
    If Left(textline, 3) = "(c)" Then
        GoTo x
    ElseIf Left(textline, 4) = "Vish" Then
        GoTo x
    ElseIf Left(textline, 4) = "Seri" Then
        GoTo x
    ElseIf Left(textline, 4) = "File" Then
        GoTo x
    ElseIf Left(textline, 1) = vbTab Then
        GoTo x
    Else
        text = text + textline
        Range("G" & i).Value = i - 2
        Range("H" & i).Value = Right(textline, Len(textline) - InStr(textline, vbTab))
        Range("B" & i).Value = Range("G" & i).Value - Range("G2").Value
        If Range("H" & i).Value = 0 Then
            Range("C" & i).Value = Range("H" & i).Value
        Else:
            Range("C" & i).Value = (Range("H" & i).Value * 4.5595) - 43.733
        End If
        i = i + 1
    End If
Loop

Close #1

Call AddChartTitle

lenght1 = Len(ActiveSheet.Range("A1").Value)
nome = Left(ActiveSheet.Range("A1").Value, lenght1 - 4) + ".xslm"

answer = MsgBox("Do you want to save the file?", vbYesNo + vbQuestion, "Empty Sheet")
If answer = vbYes Then
    ActiveWorkbook.SaveAs Filename:=nome
    MsgBox ("File saved to path:" & nome)
Else:
    GoTo y
End If

y:
End Sub

```

```

Sub AddChartTitle()
'PURPOSE: Add a title to a specific chart

Dim cht As ChartObject

Set cht = ActiveSheet.ChartObjects("Chart 1")

'Ensure chart has a title
cht.Chart.HasTitle = True

'Change chart's title
cht.Chart.ChartTitle.text = ActiveSheet.Range("A3").Value

End Sub

```

```

Sub GetFilePath()

Dim lenght As Integer
Set myFile = Application.FileDialog(msoFileDialogOpen)
With myFile
.Title = "Choose File"
.AllowMultiSelect = False
If .Show <> -1 Then
    ActiveSheet.Range("Z1000").Value = 1
    Exit Sub
Else
    ActiveSheet.Range("Z1000").Value = 2
End If
FileSelected = .SelectedItems(1)
End With

ActiveSheet.Range("A1") = FileSelected

ActiveSheet.Range("A2") = GetFilenameFromPath(FileSelected)

lenght = Len(ActiveSheet.Range("A2").Value)

ActiveSheet.Range("A3") = Left(ActiveSheet.Range("A2").Value, lenght - 4)

End Sub

```

```
Function GetFilenameFromPath(ByVal strPath As String) As String
' Returns the rightmost characters of a string upto but not including the rightmost '\'
' e.g. 'c:\winnt\win.ini' returns 'win.ini'

    If Right$(strPath, 1) <> "\" And Len(strPath) > 0 Then
        GetFilenameFromPath = GetFilenameFromPath(Left$(strPath, Len(strPath) - 1)) + Right$(strPath, 1)
    End If
End Function
```

```
Private Sub CommandButton2_Click()

If ThisWorkbook.Worksheets("Sheet1").Range("G3") = vbNullString Then
    MsgBox ("Please, generate chart first.")
    Exit Sub
Else:
    Dim MyChart As Chart
    Dim Fname As String

    ThisWorkbook.Worksheets("Sheet1").ChartObjects(1).Activate

    Set MyChart = ThisWorkbook.Worksheets("Sheet1").ChartObjects(1).Chart

    Dim lenght1 As Integer
    Dim lenght2 As Integer

    lenght1 = Len(ActiveSheet.Range("A2").Value)
    lenght2 = Len(ActiveSheet.Range("A1").Value)

    Fname = Left(ThisWorkbook.Worksheets("Sheet1").Range("A1"), lenght2 - lenght1) & ThisWorkbook.Worksheets("Sheet1").Range("A3") & ".jpg"

    MyChart.Export Filename:=Fname, FilterName:="JPG"

    ThisWorkbook.Worksheets("Sheet1").Activate

    MsgBox ("Chart succesfully saved")
End If

End Sub
```

Anexo XII - Imagens de contato média Collar 1

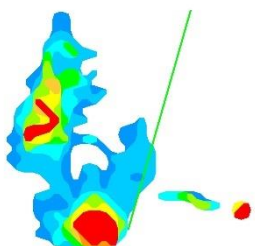


Figura 101 - zimbrow collar 1 dynamic 20% trial 1 left

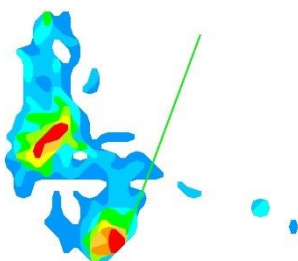


Figura 102 - zimbrow collar 1 dynamic 20% trial 1 right

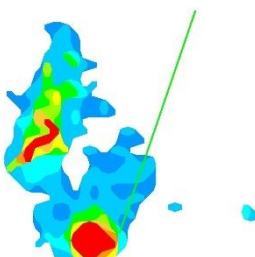


Figura 103 - zimbrow collar 1 dynamic 20% trial 2 left

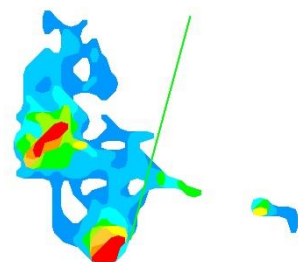


Figura 104 - zimbrow collar 1 dynamic 20% trial 2 right

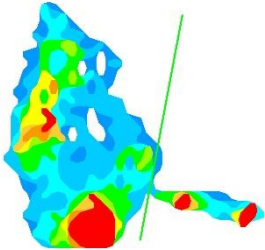


Figura 105 - zimbrow collar 1 dynamic 40% trial 1 left

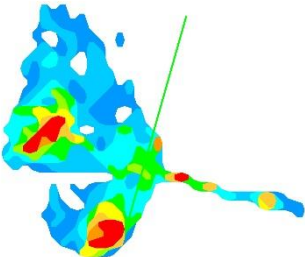


Figura 106 - zimbrow collar 1 dynamic 40% trial 1 right

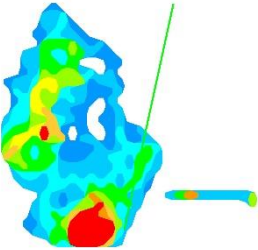


Figura 107 - zimbrow collar 1 dynamic 40% trial 2 left

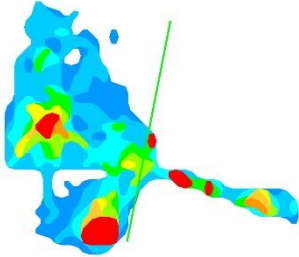


Figura 108 - zimbrow collar 1 dynamic 40% trial 2 right

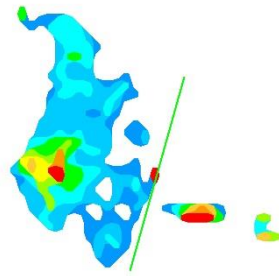


Figura 109 - Santiago collar 1 dynamic 20 % trial 1 left

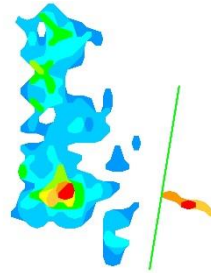


Figura 110 - Santiago collar 1 dynamic 20 % trial 1 right

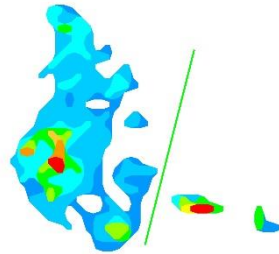


Figura 111 - Santiago collar 1 dynamic 20 % trial 2 left

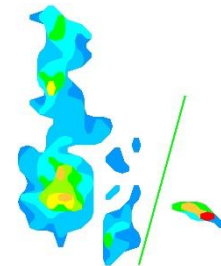


Figura 112 - Santiago collar 1 dynamic 20 % trial 2 right

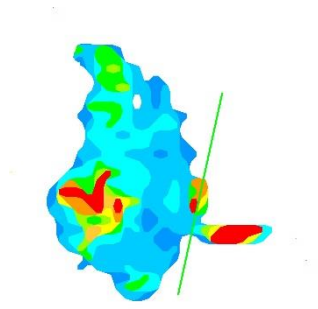


Figura 113 - Santiago collar 1 dynamic 40 % trial 1 left

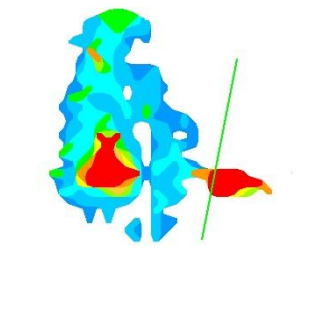


Figura 114 - Santiago collar 1 dynamic 40 % trial 1 right

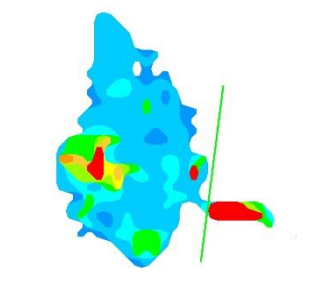


Figura 115 - Santiago collar 1 dynamic 40 % trial 2 left

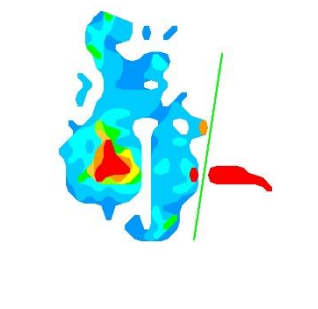


Figura 116 - Santiago collar 1 dynamic 40 % trial 2 right



Figura 117 - legenda 1.35 psi - zimbrow collar 1 dynamic 20% trial 1 left

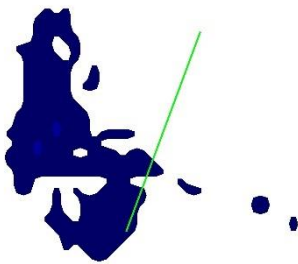


Figura 118 - legenda 1.35 psi - zimbrow collar 1 dynamic 20% trial 1 right

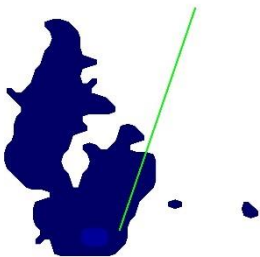


Figura 119 - legenda 1.35 psi - zimbrow collar 1 dynamic 20% trial 2 left

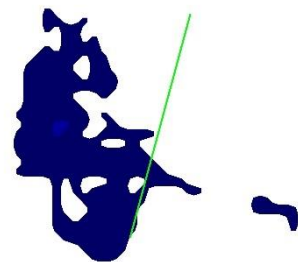


Figura 120 - legenda 1.35 psi - zimbrow collar 1 dynamic 20% trial 2 right

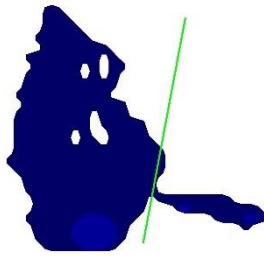


Figura 121 - legenda 1.35 psi - zimbro collar 1 dynamic 40% trial 1 left

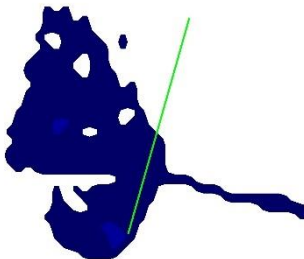


Figura 122 - legenda 1.35 psi - zimbro collar 1 dynamic 40% trial 1 right

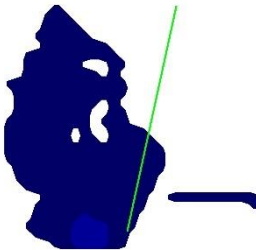


Figura 123 - legenda 1.35 psi - zimbro collar 1 dynamic 40% trial 2 left

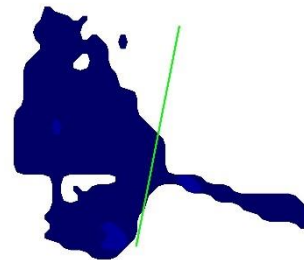


Figura 124 - legenda 1.35 psi - zimbro collar 1 dynamic 40% trial 2 right



Figura 125 - legenda 1.35 psi - Santiago collar 1 dynamic 20 % trial 1 left

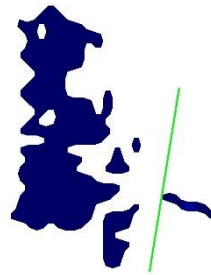


Figura 126 - legenda 1.35 psi - Santiago collar 1 dynamic 20 % trial 1 right



Figura 127 - legenda 1.35 psi - Santiago collar 1 dynamic 20 % trial 2 left

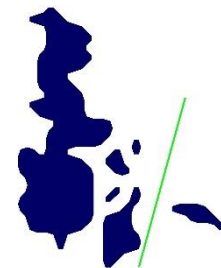


Figura 128 - legenda 1.35 psi - Santiago collar 1 dynamic 20 % trial 2 right

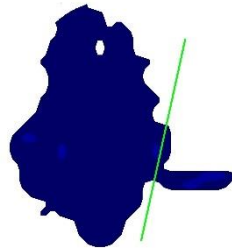


Figura 129 - legenda 1.35 psi - Santiago collar 1 dynamic 40 % trial 1 left

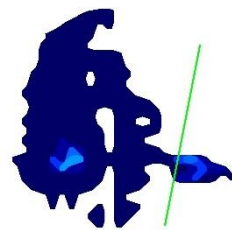


Figura 130 - legenda 1.35 psi -Santiago collar 1 dynamic 40 % trial 1 right

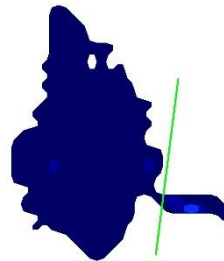


Figura 131 - legenda 1.35 psi -Santiago collar 1 dynamic 40 % trial 2 left



Figura 132 - legenda 1.35 psi -Santiago collar 1 dynamic 40 % trial 2 right

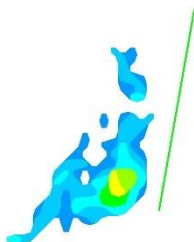
Anexo XIII – Imagens de contato média Collar 5

Figura 133 - Santiago collar 5 dynamic 20 % trial 1 left

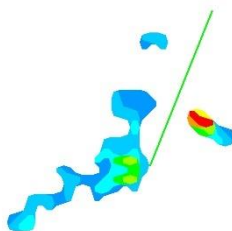


Figura 134 - Santiago collar 5 dynamic 20 % trial 1 right

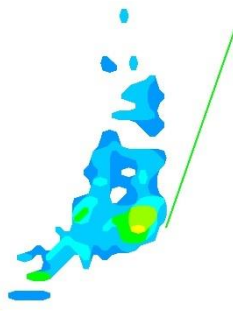


Figura 135 - Santiago collar 5 dynamic 20 % trial 2 left

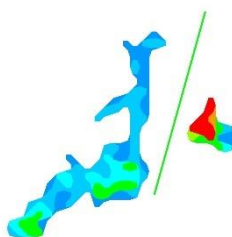


Figura 136 - Santiago collar 5 dynamic 20 % trial 2 right

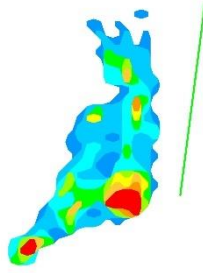


Figura 137 - Santiago collar 5 dynamic 40 % trial 1 left

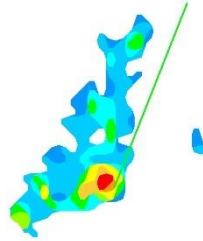


Figura 138 - Santiago collar 5 dynamic 40 % trial 1 right

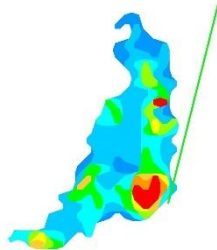


Figura 139 - Santiago collar 5 dynamic 40 % trial 2 left

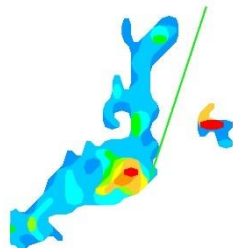


Figura 140 - Santiago collar 5 dynamic 40 % trial 2 right

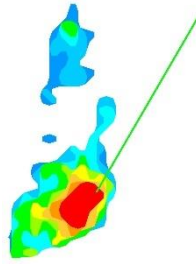


Figura 141 - zimbrow collar 5 dynamic 20% trial 1 left

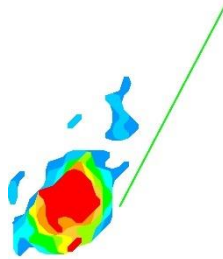


Figura 142 - zimbrow collar 5 dynamic 20% trial 1 right

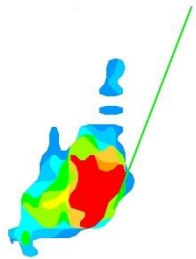


Figura 143 - zimbrow collar 5 dynamic 20% trial 2 left

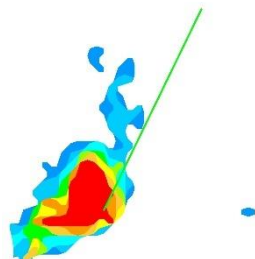


Figura 144 - zimbrow collar 5 dynamic 20% trial 2 right

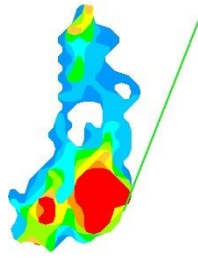


Figura 145 - zimbrow collar 5 dynamic 40% trial 1 left

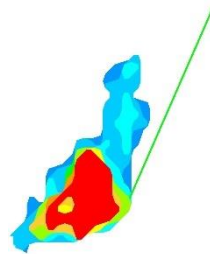


Figura 146 - zimbrow collar 5 dynamic 40% trial 1 right

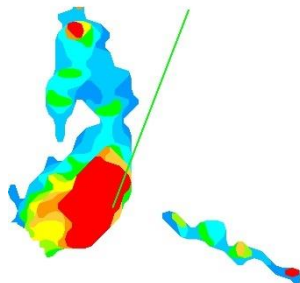


Figura 147 - zimbrow collar 5 dynamic 40% trial 2 left

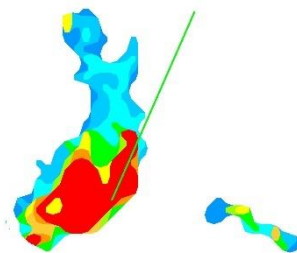


Figura 148 - zimbrow collar 5 dynamic 40% trial 2 right



Figura 149 - legenda 1.35 psi - Santiago collar 5 dynamic 20 % trial 1 left

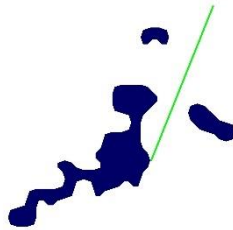


Figura 150 - legenda 1.35 psi - Santiago collar 5 dynamic 20 % trial 1 right

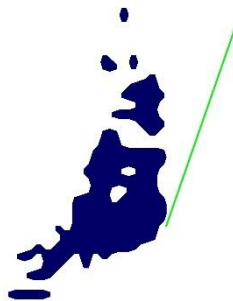


Figura 151 - legenda 1.35 psi - Santiago collar 5 dynamic 20 % trial 2 left

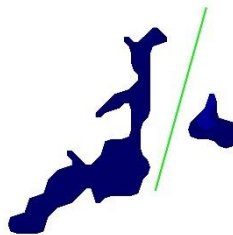


Figura 152 - legenda 1.35 psi - Santiago collar 5 dynamic 20 % trial 2 right

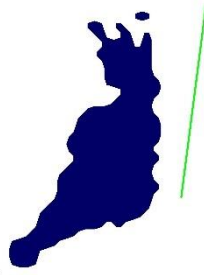


Figura 153 - legenda 1.35 psi - Santiago collar 5 dynamic 40 % trial 1 left

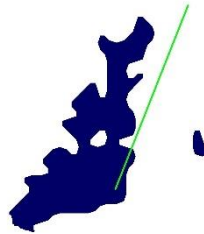


Figura 154 - legenda 1.35 psi - Santiago collar 5 dynamic 40 % trial 1 right

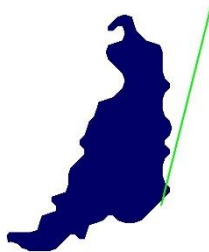


Figura 155 - legenda 1.35 psi - Santiago collar 5 dynamic 40 % trial 2 left

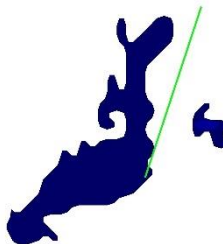


Figura 156 - legenda 1.35 psi - Santiago collar 5 dynamic 40 % trial 2 right

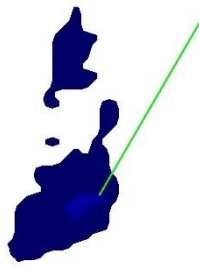


Figura 157 - legenda 1.35 psi - zimbrow collar 5 dynamic 20% trial 1 left

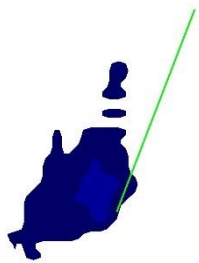


Figura 158 - legenda 1.35 psi - zimbrow collar 5 dynamic 20% trial 2 left

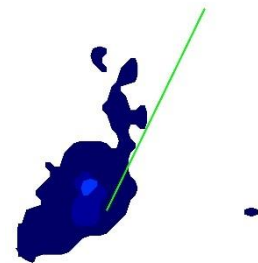


Figura 159 - legenda 1.35 psi - zimbrow collar 5 dynamic 20% trial 2 right

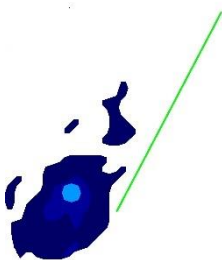


Figura 160 - legenda 1.35 psi -zimbrow collar 5 dynamic 20% trial 1 right

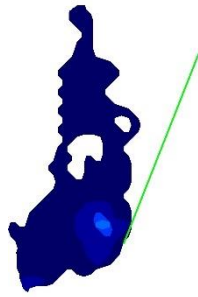


Figura 161 - legenda 1.35 psi - zimbro collar 5 dynamic 40% trial 1 left

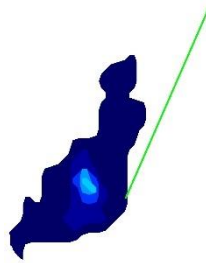


Figura 162 - legenda 1.35 psi - zimbro collar 5 dynamic 40% trial 1 right

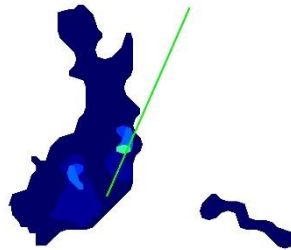


Figura 163 - legenda 1.35 psi - zimbro collar 5 dynamic 40% trial 2 right

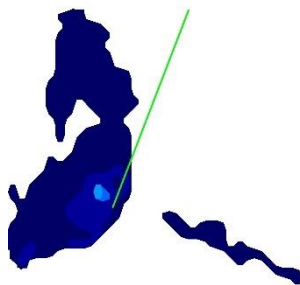


Figura 164 - legenda 1.35 psi - zimbro collar 5 dynamic 40% trial 2 left

Anexo XIV – Imagens de contato média Collar 6

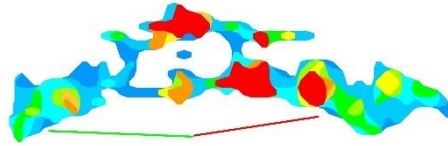


Figura 165 - Santiago collar 6 dynamic 20 % trial 1

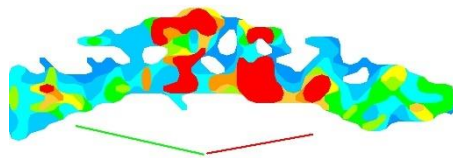


Figura 166 - Santiago collar 6 dynamic 20 % trial 2

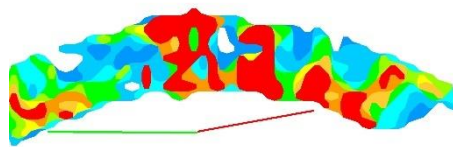


Figura 167 - Santiago collar 6 dynamic 40 % trial 1

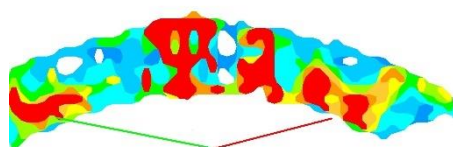


Figura 168 - Santiago collar 6 dynamic 40 % trial 2

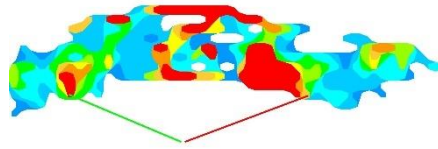


Figura 169 - zimbrow collar 6 20% trial 1

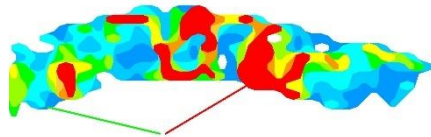


Figura 170 - zimbrow collar 6 20% trial 2

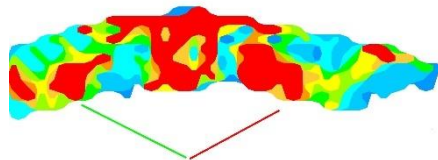


Figura 171 - zimbrow collar 6 40% trial 1

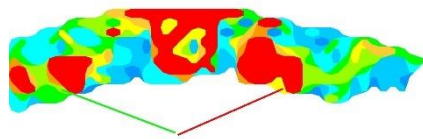


Figura 172 - zimbrow collar 6 40% trial 2

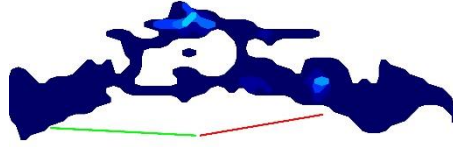


Figura 173 - legenda 1.35 psi - Santiago collar 6 dynamic 20 % trial 1

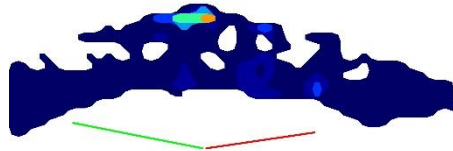


Figura 174 - legenda 1.35 psi - Santiago collar 6 dynamic 20 % trial 2

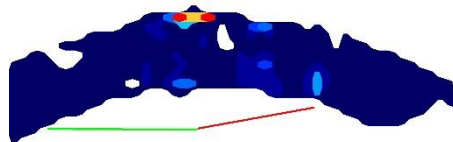


Figura 175 - legenda 1.35 psi - Santiago collar 6 dynamic 40 % trial 1

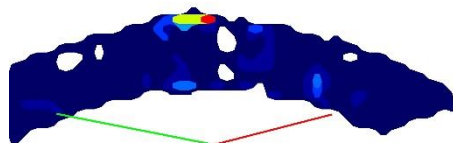


Figura 176 - legenda 1.35 psi - Santiago collar 6 dynamic 40 % trial 2

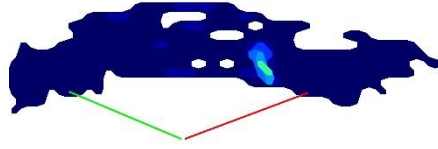


Figura 177 - legenda 1.35 psi - zimbrow collar 6 20% trial 1

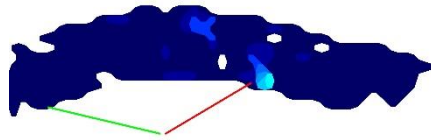


Figura 178 - legenda 1.35 psi - zimbrow collar 6 20% trial 2

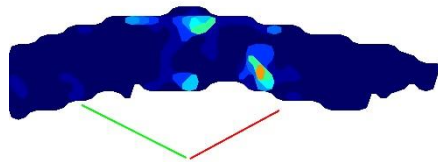


Figura 179 - legenda 1.35 psi - zimbrow collar 6 40% trial 1

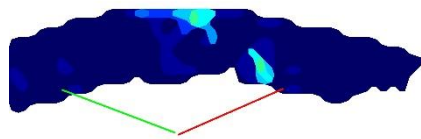


Figura 180 - legenda 1.35 psi - zimbrow collar 6 40% trial 2

Anexo XV – Gráficos dinamômetro testes no IPB

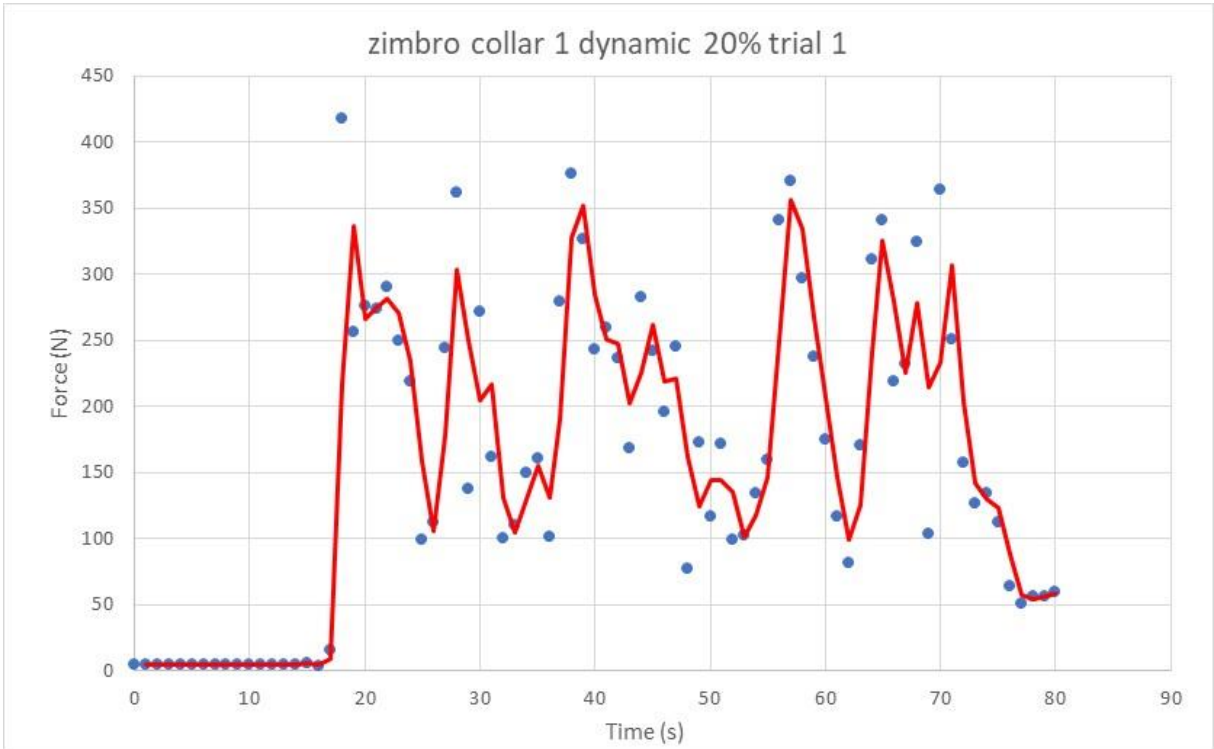


Gráfico 1 - zimbro collar 1 dynamic 20% trial 1

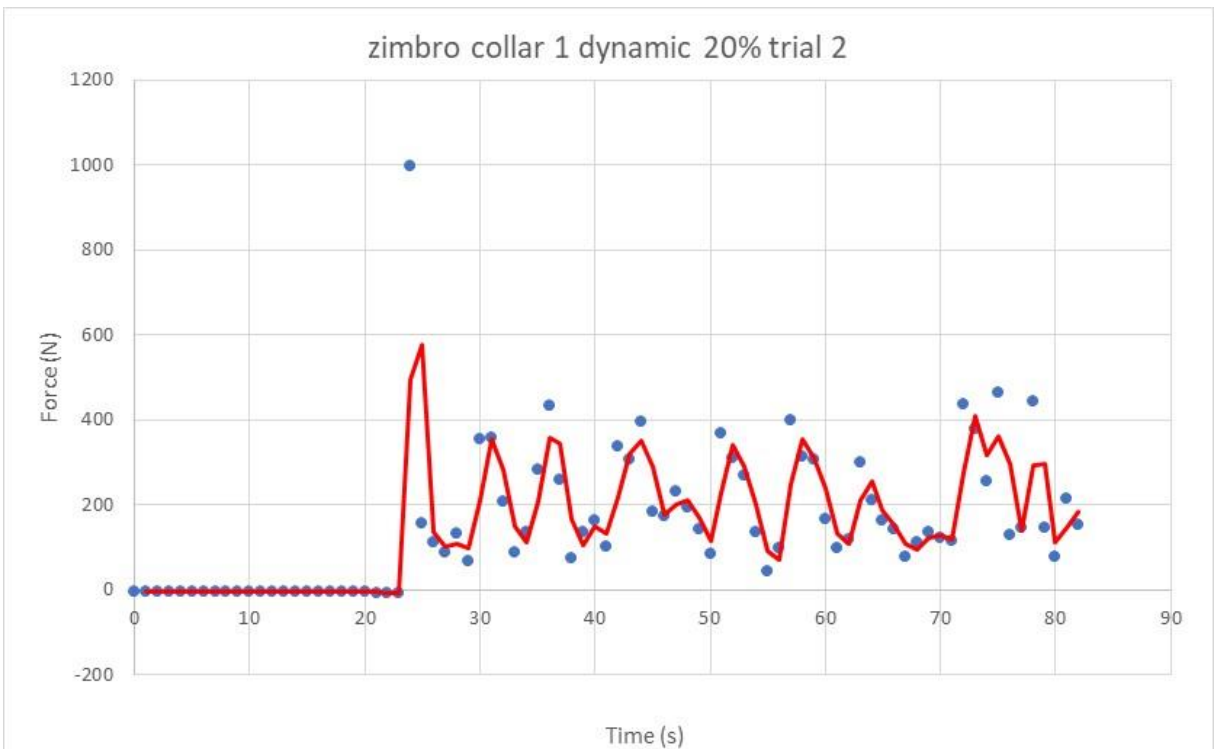


Gráfico 2 - zimbro collar 1 dynamic 20% trial 2

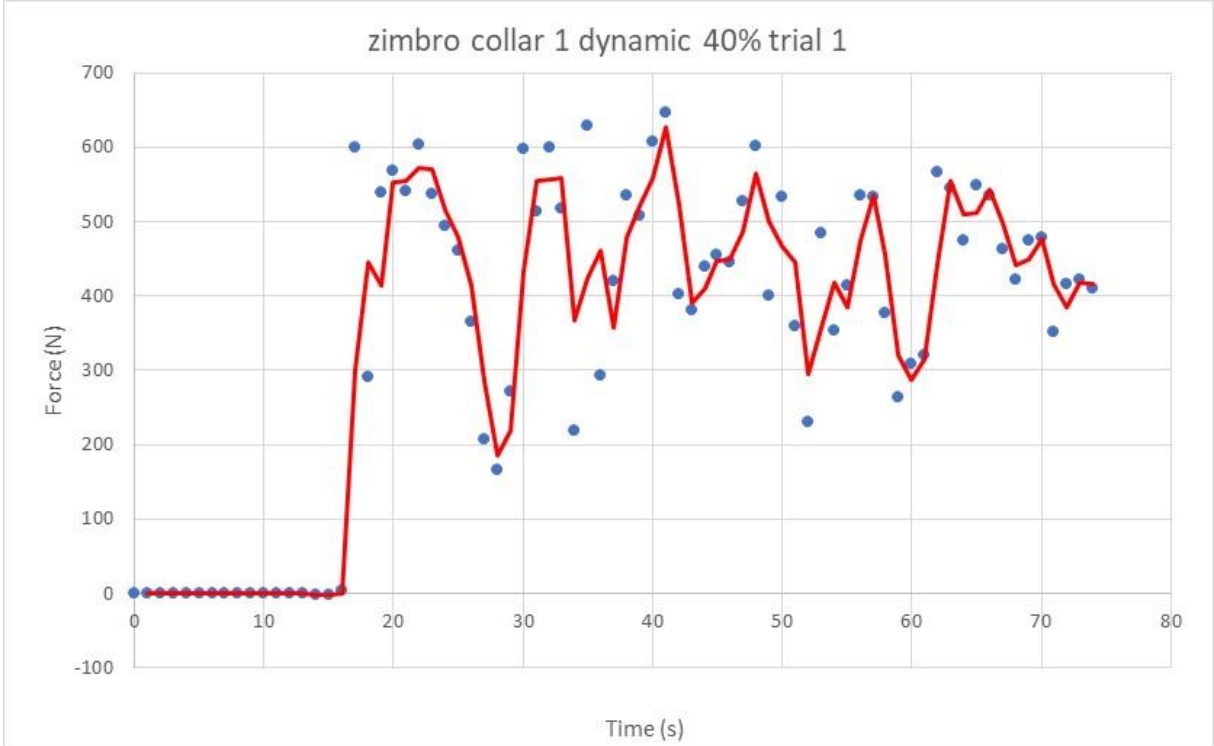


Gráfico 3 - zimbro collar 1 dynamic 40% trial 1

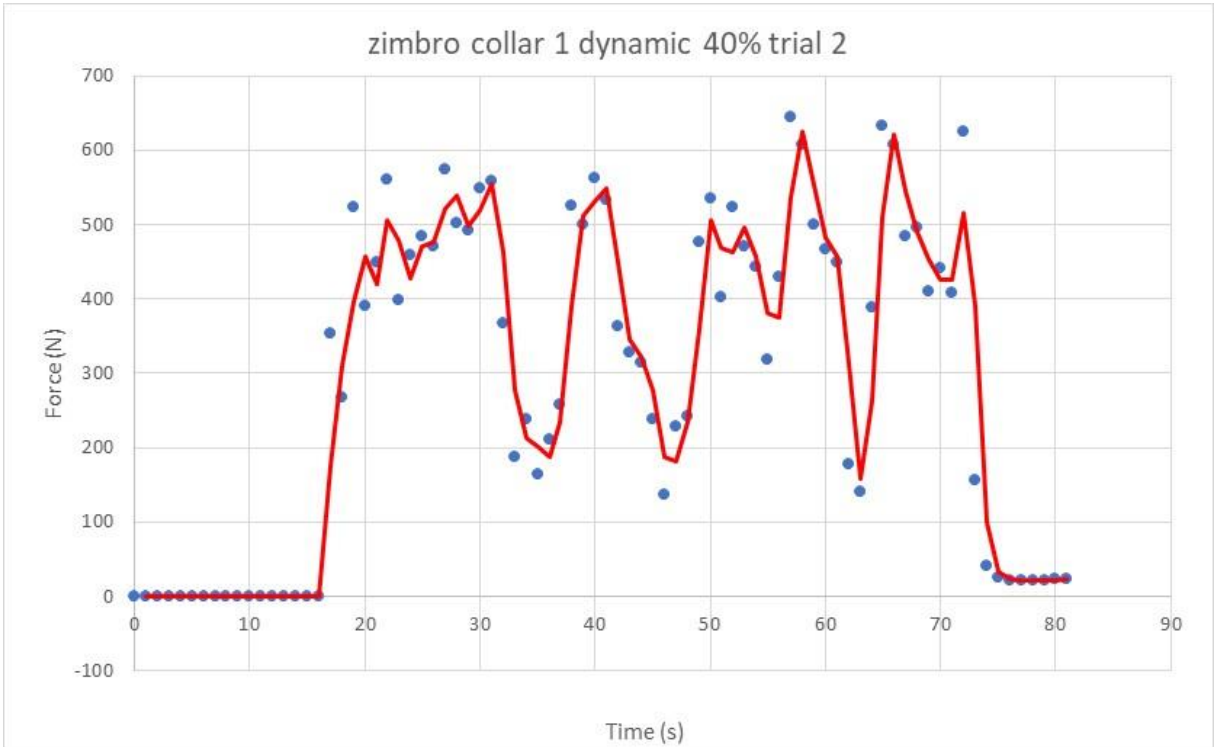


Gráfico 4 - zimbro collar 1 dynamic 40% trial 2

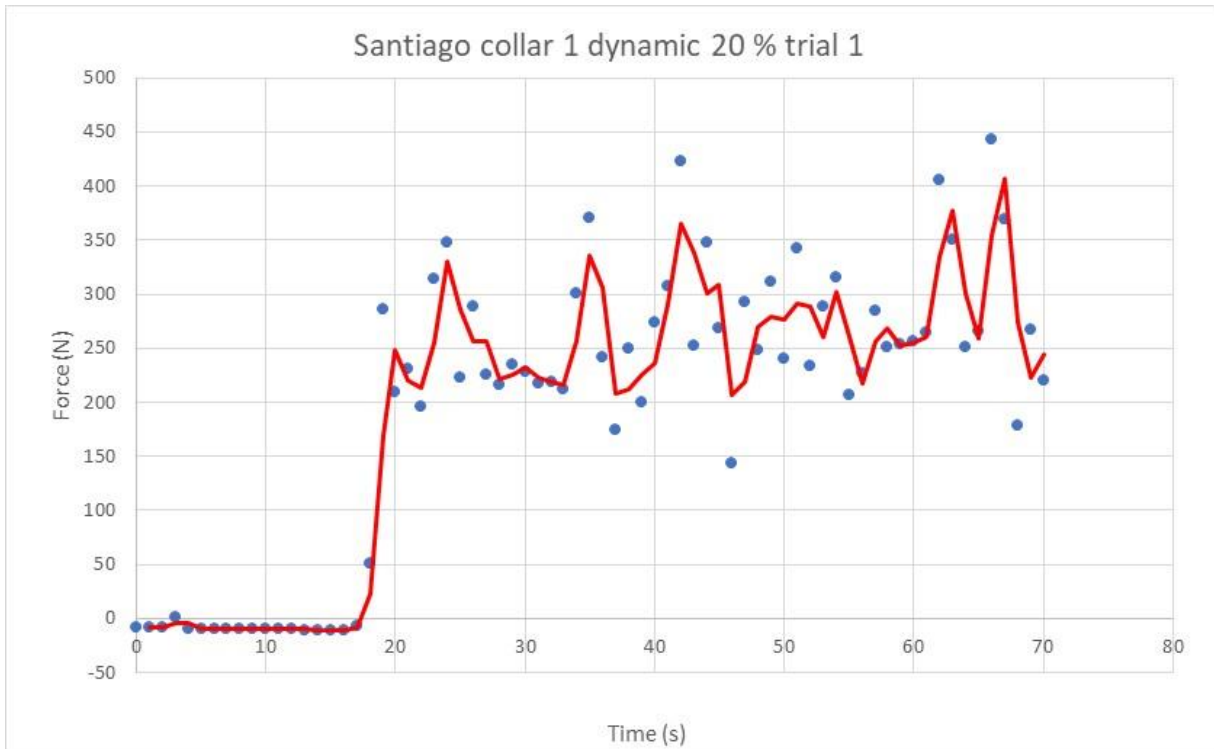


Gráfico 5 - Santiago collar 1 dynamic 20 % trial 1

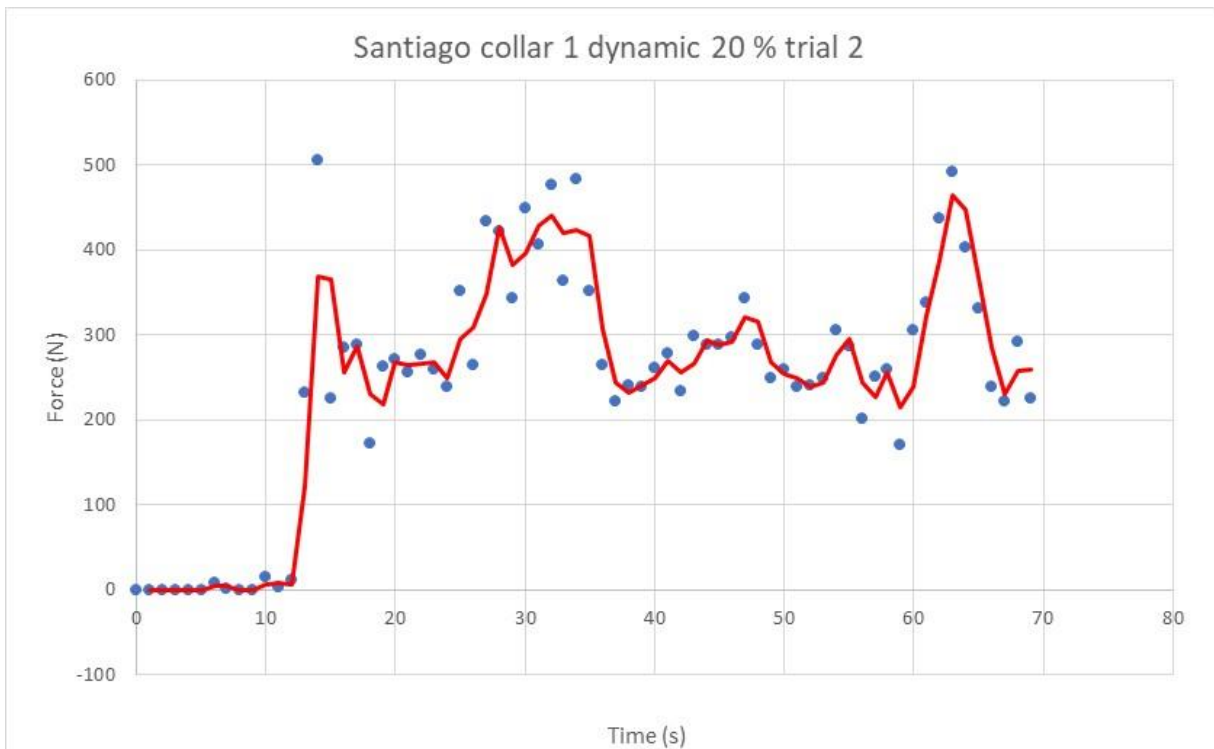


Gráfico 6 - Santiago collar 1 dynamic 20 % trial 2

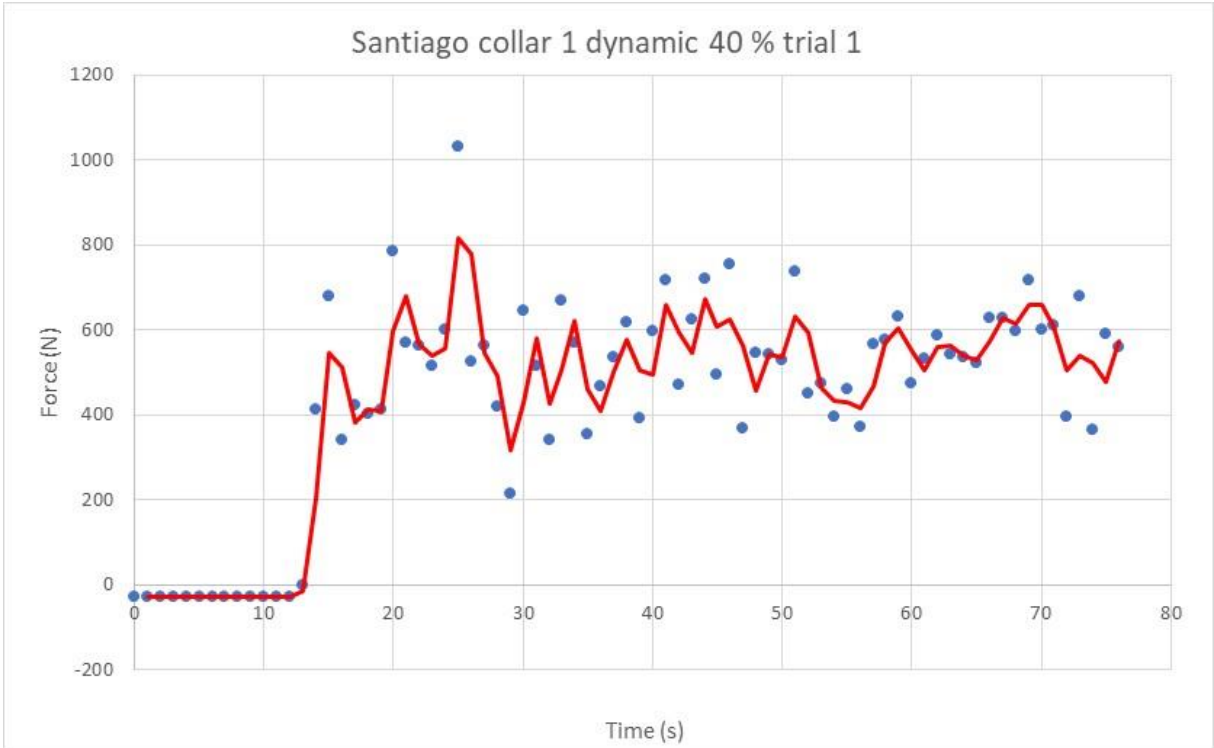
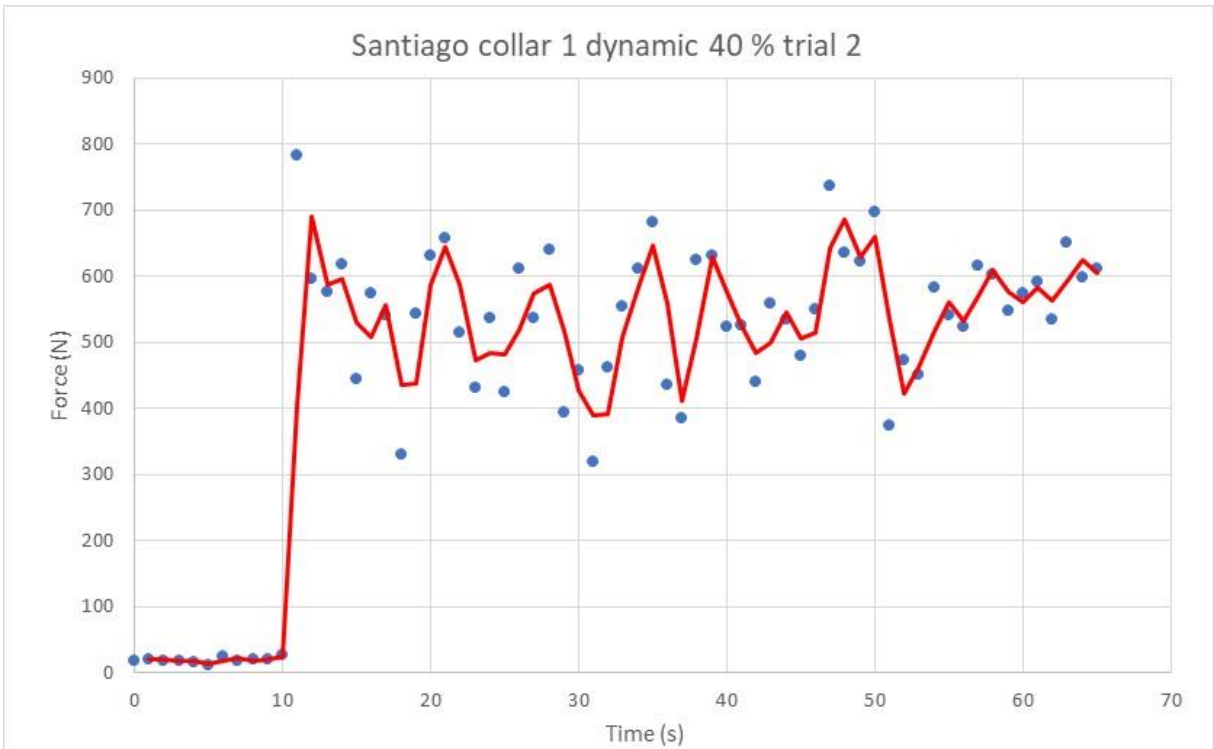


Gráfico 7 - Santiago collar 1 dynamic 40 % trial 1



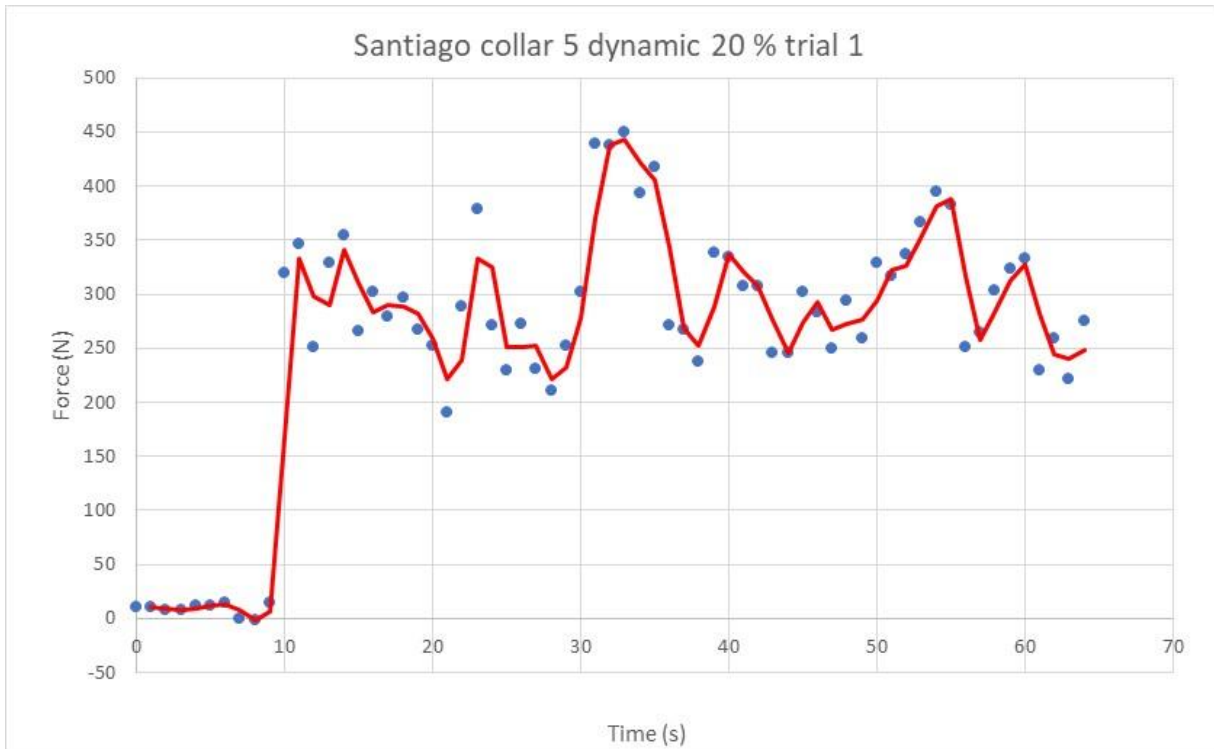


Gráfico 8 - Santiago collar 5 dynamic 20 % trial 1

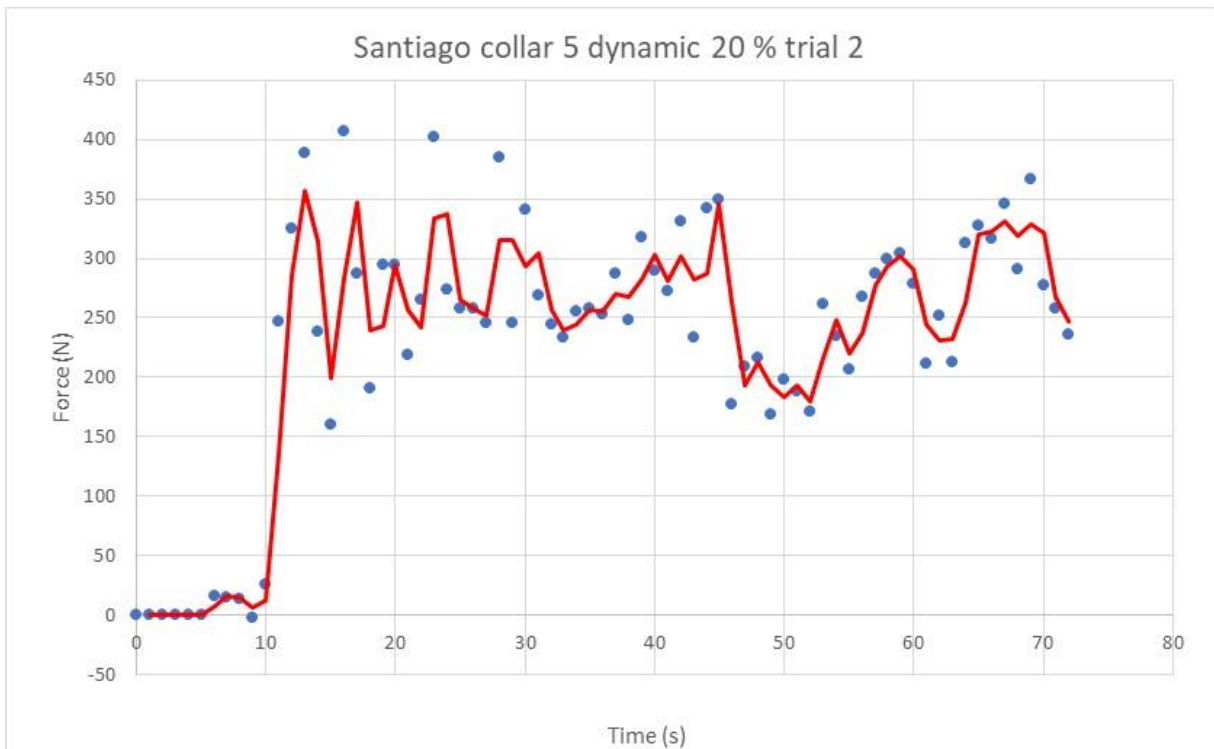


Gráfico 9 - Santiago collar 5 dynamic 20 % trial 2

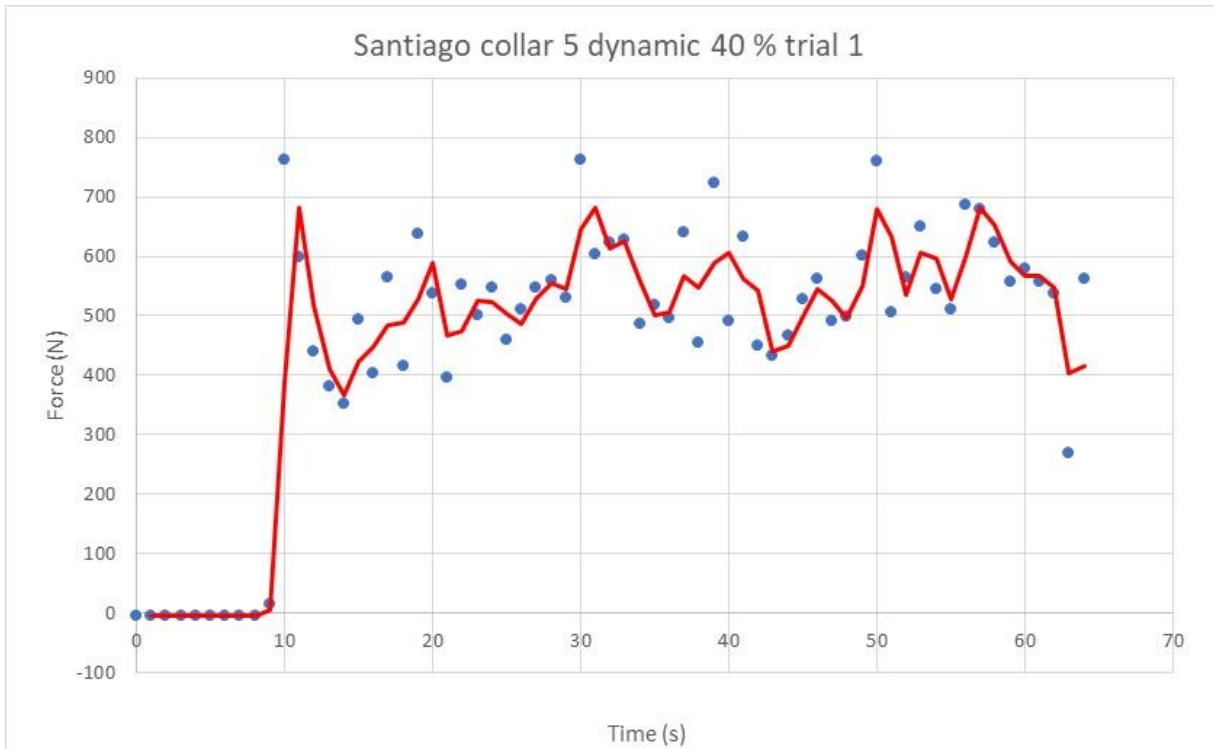


Gráfico 10 - Santiago collar 5 dynamic 40 % trial 1

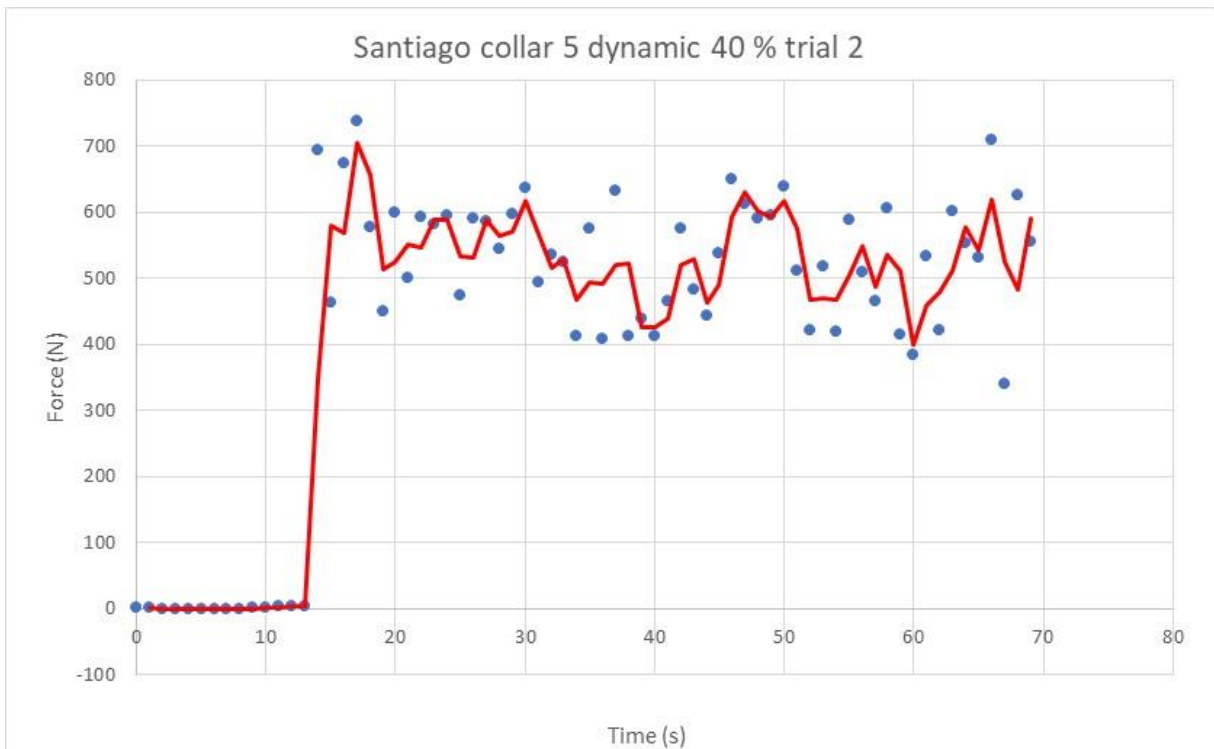


Gráfico 11 - Santiago collar 5 dynamic 40 % trial 2

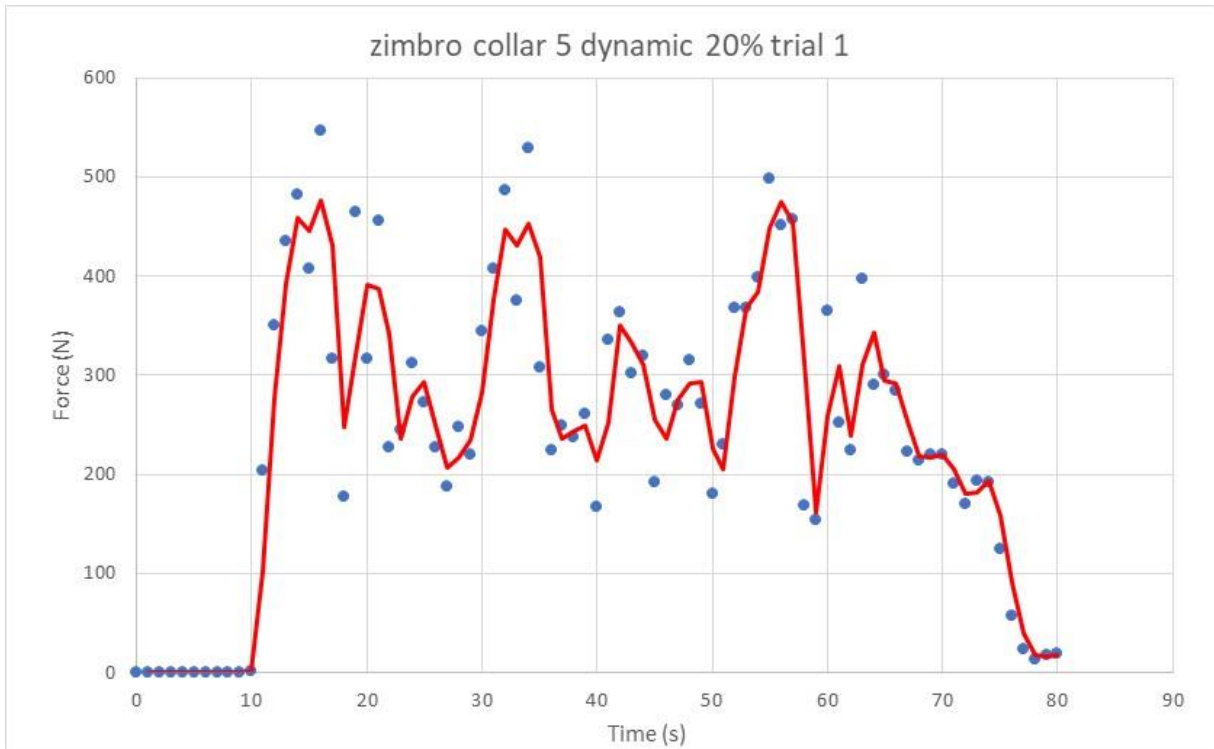


Gráfico 12 - zimbro collar 5 dynamic 20% trial 1

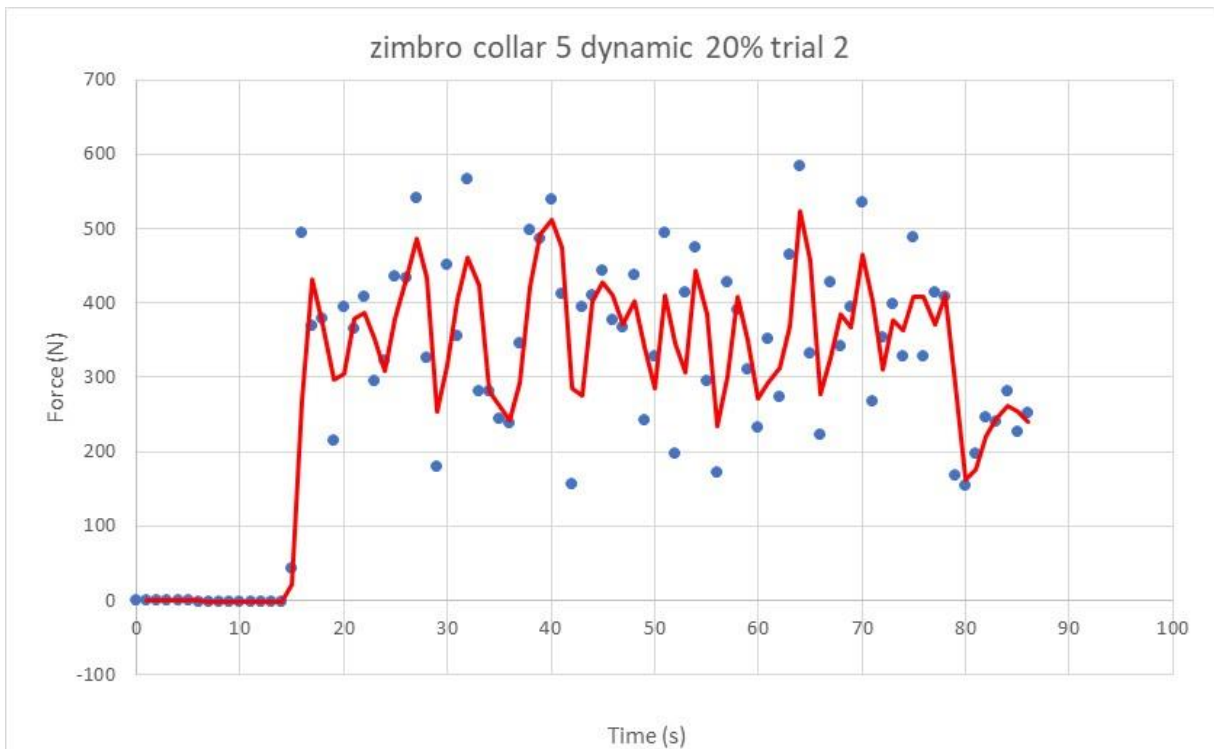


Gráfico 13 - zimbro collar 5 dynamic 20% trial 2



Gráfico 14 - zimbro collar 5 dynamic 40% trial 1

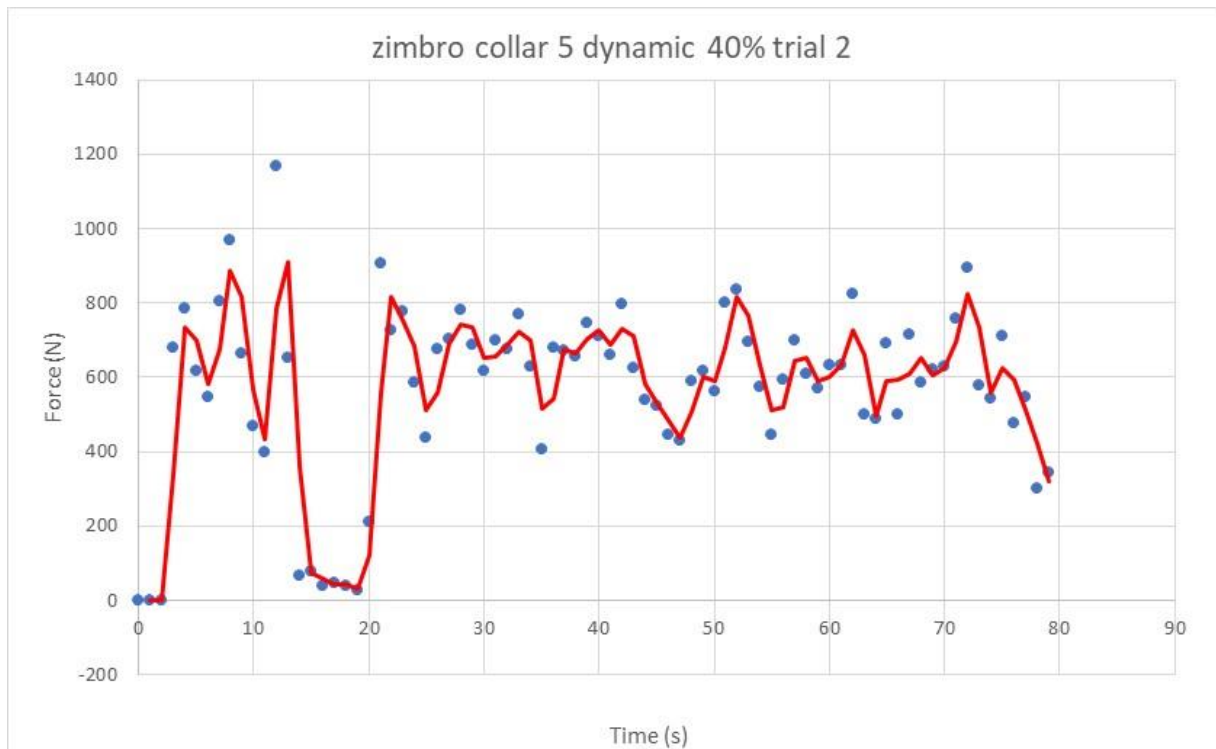


Gráfico 15 - zimbro collar 5 dynamic 40% trial 2

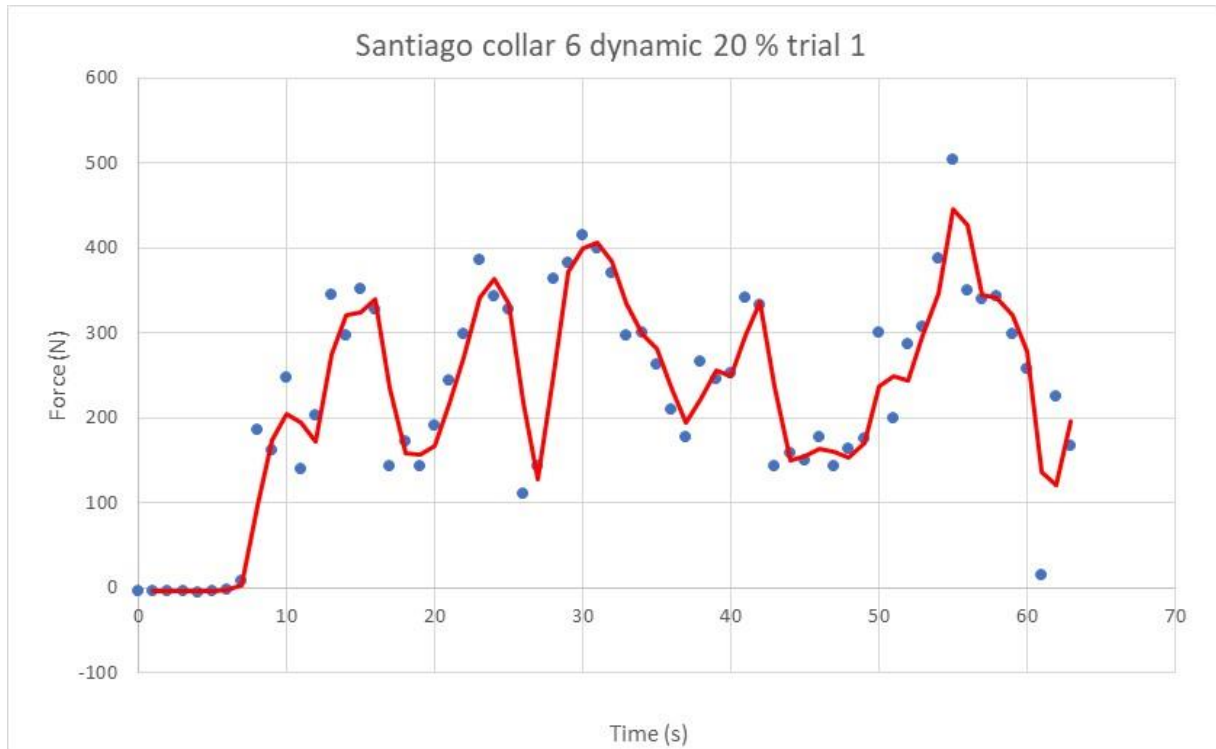


Gráfico 16 - Santiago collar 6 dynamic 20 % trial 1

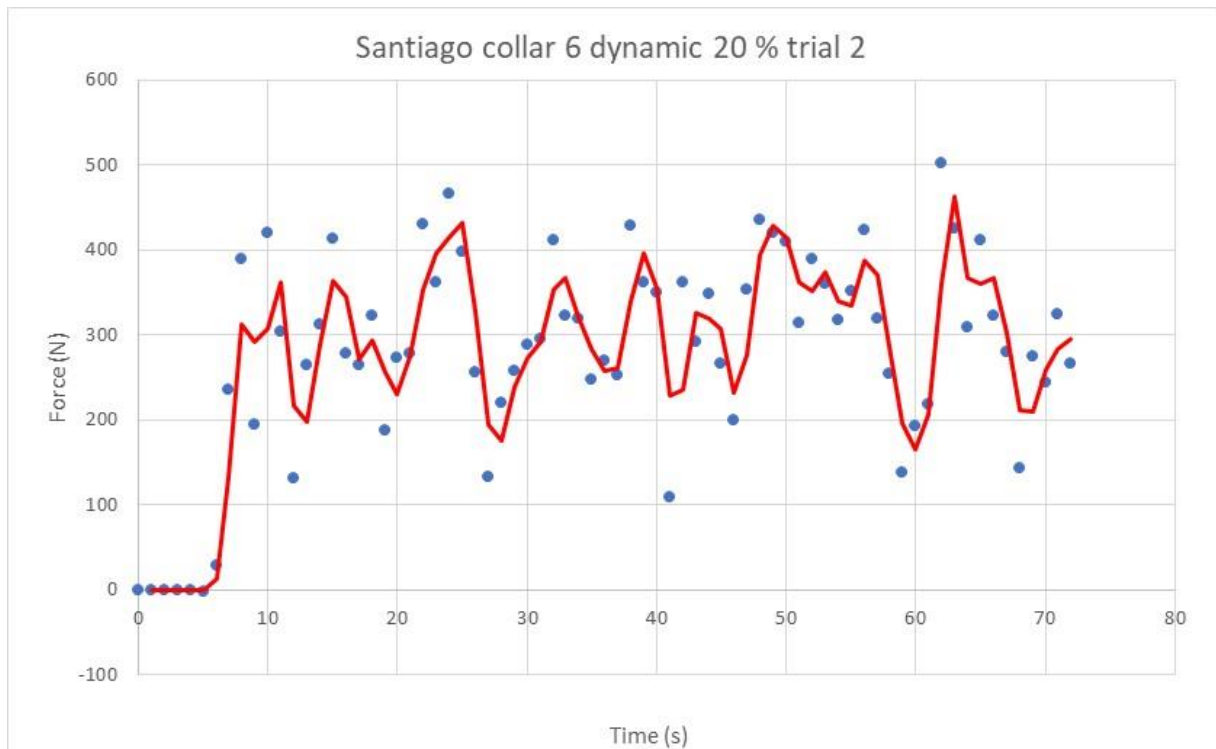


Gráfico 17 - Santiago collar 6 dynamic 20 % trial 2

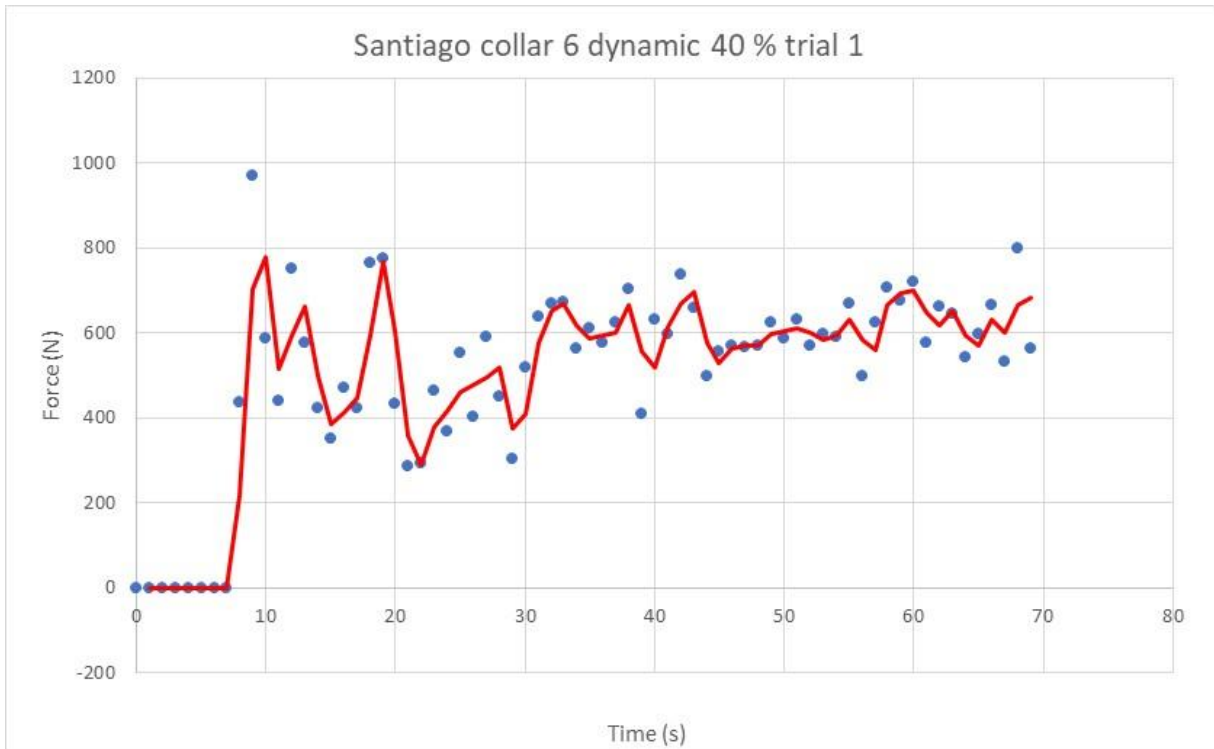


Gráfico 18 - Santiago collar 6 dynamic 40 % trial 1

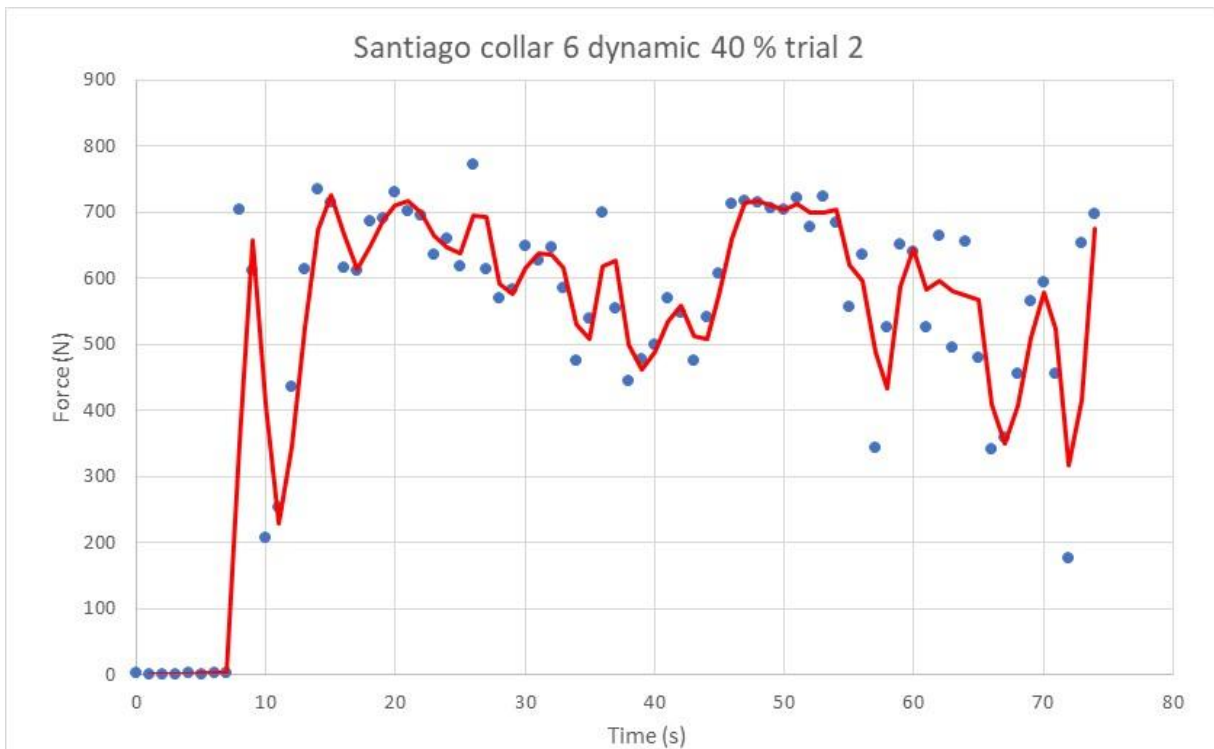


Gráfico 19 - Santiago collar 6 dynamic 40 % trial 2

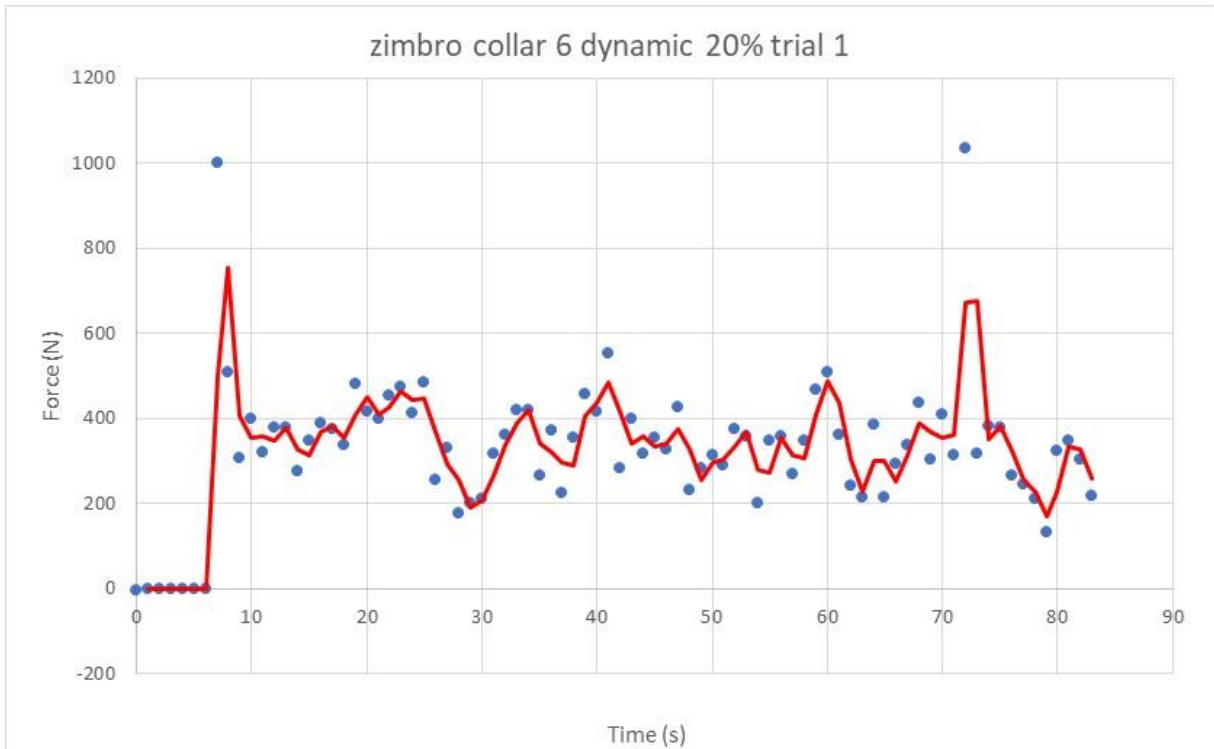


Gráfico 20 - zimbro collar 6 dynamic 20% trial 1

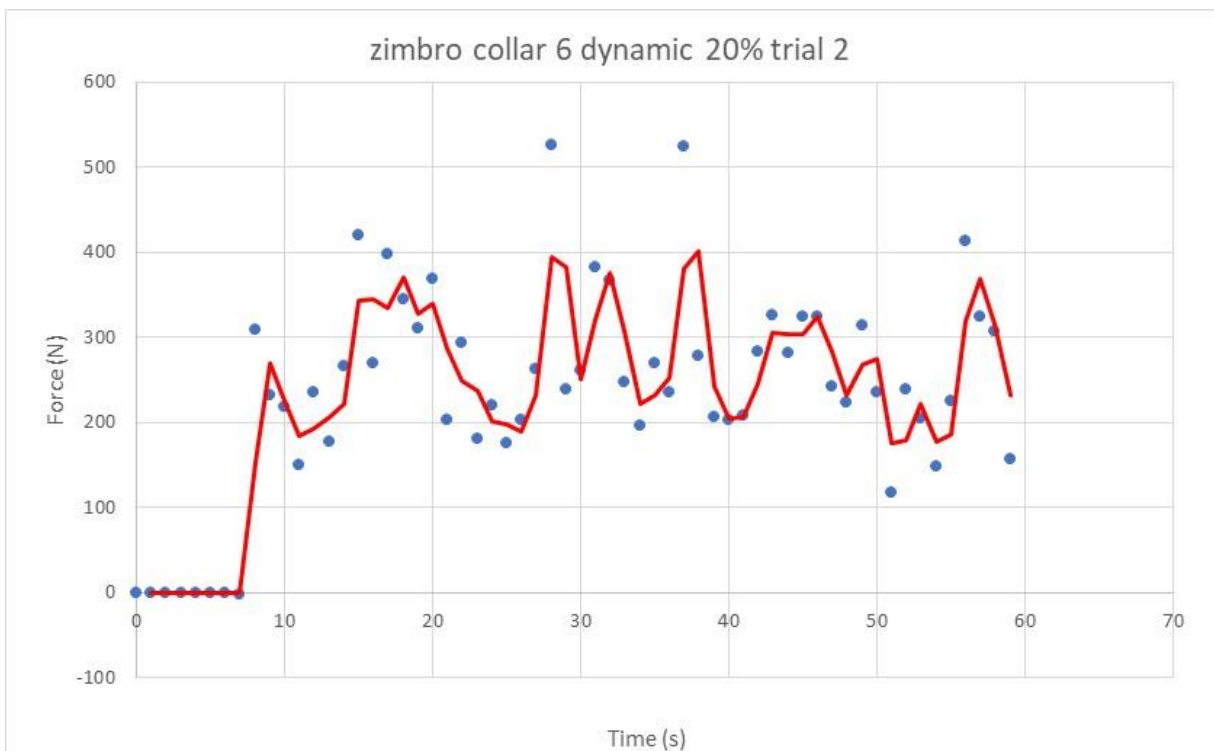


Gráfico 21 - zimbro collar 6 dynamic 20% trial 2

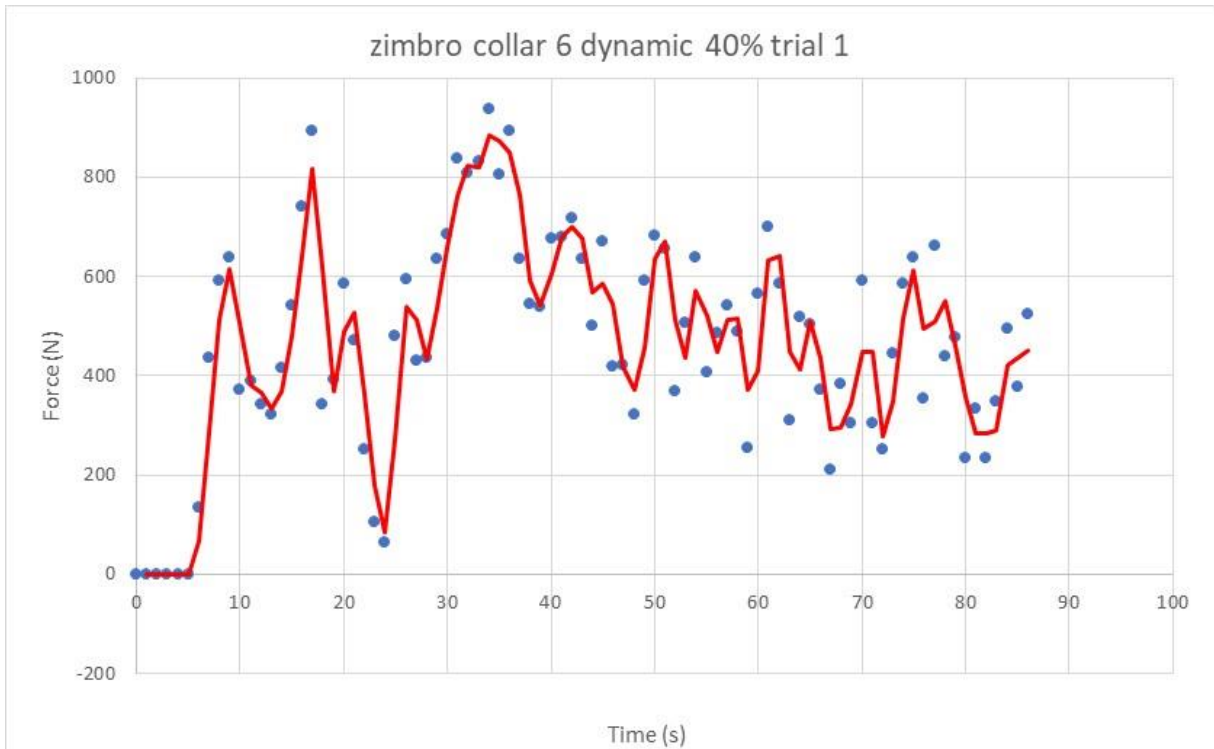


Gráfico 22 - zimbro collar 6 dynamic 40% trial 1



Gráfico 23 - zimbro collar 6 dynamic 40% trial 2

Anexo XVI – Gráficos dinamômetro testes na Galiza para Collar 1

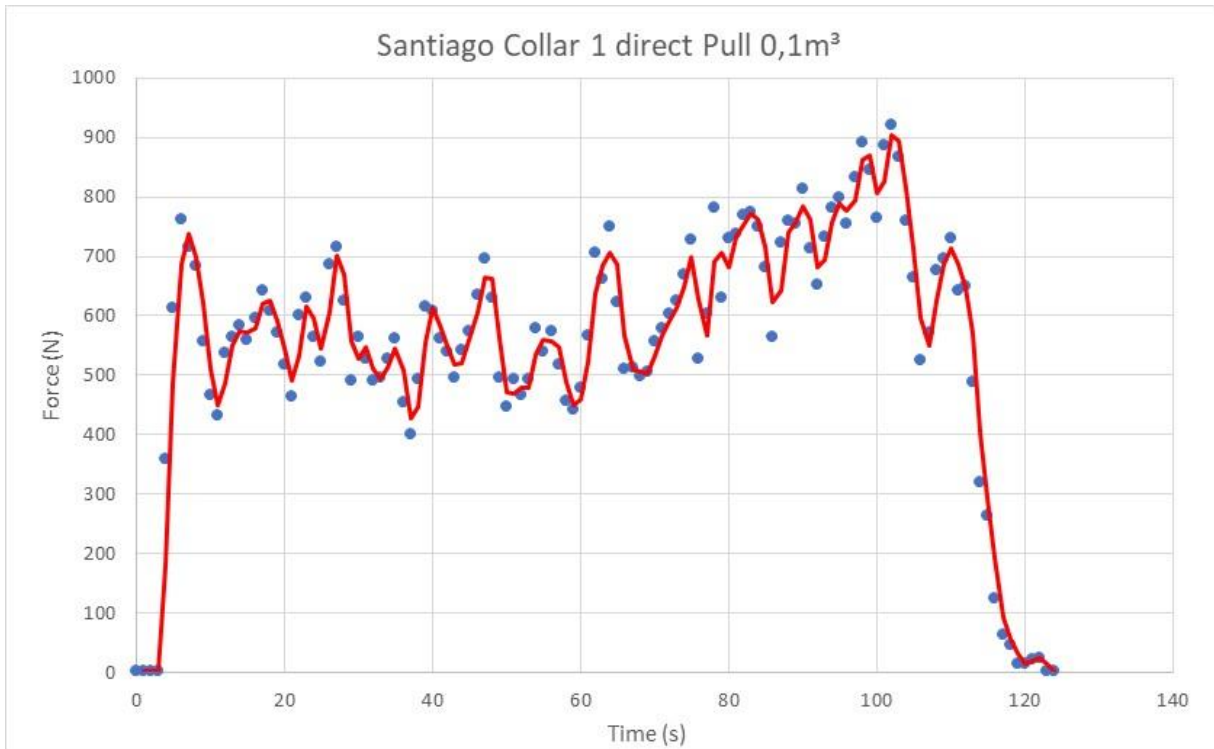


Gráfico 24 - Santiago Collar 1 direct Pull 0,1m³

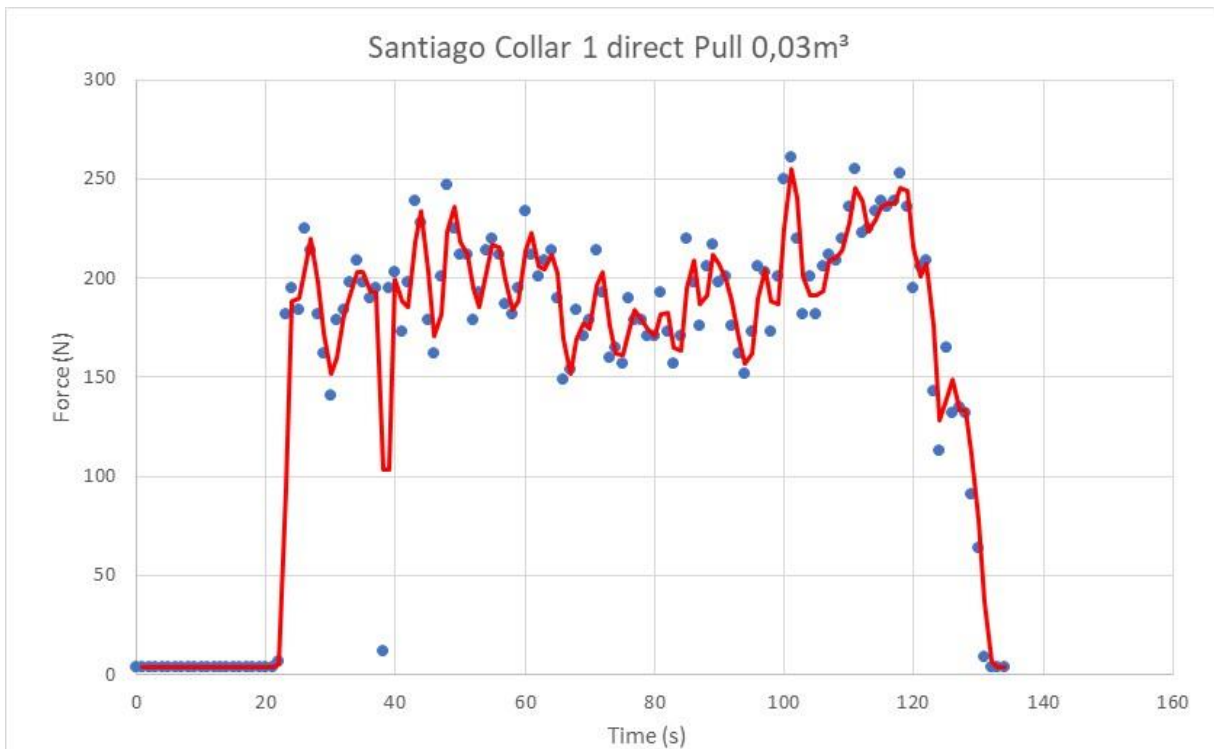
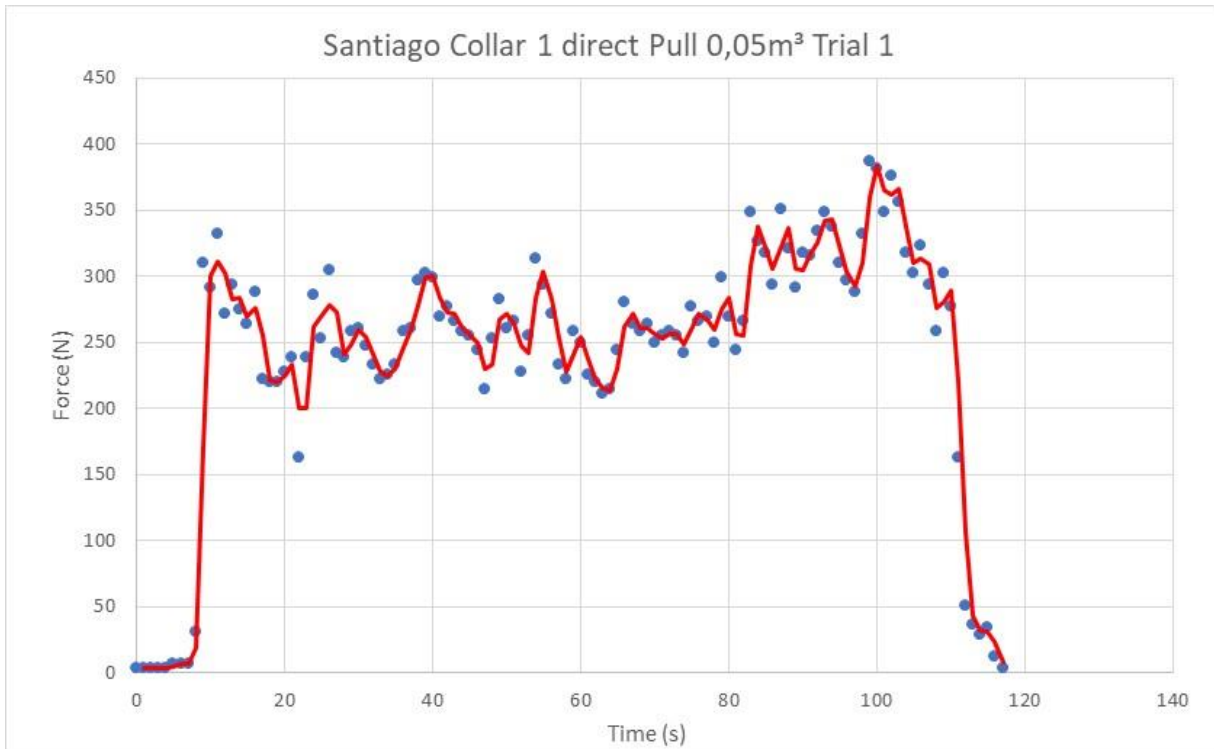
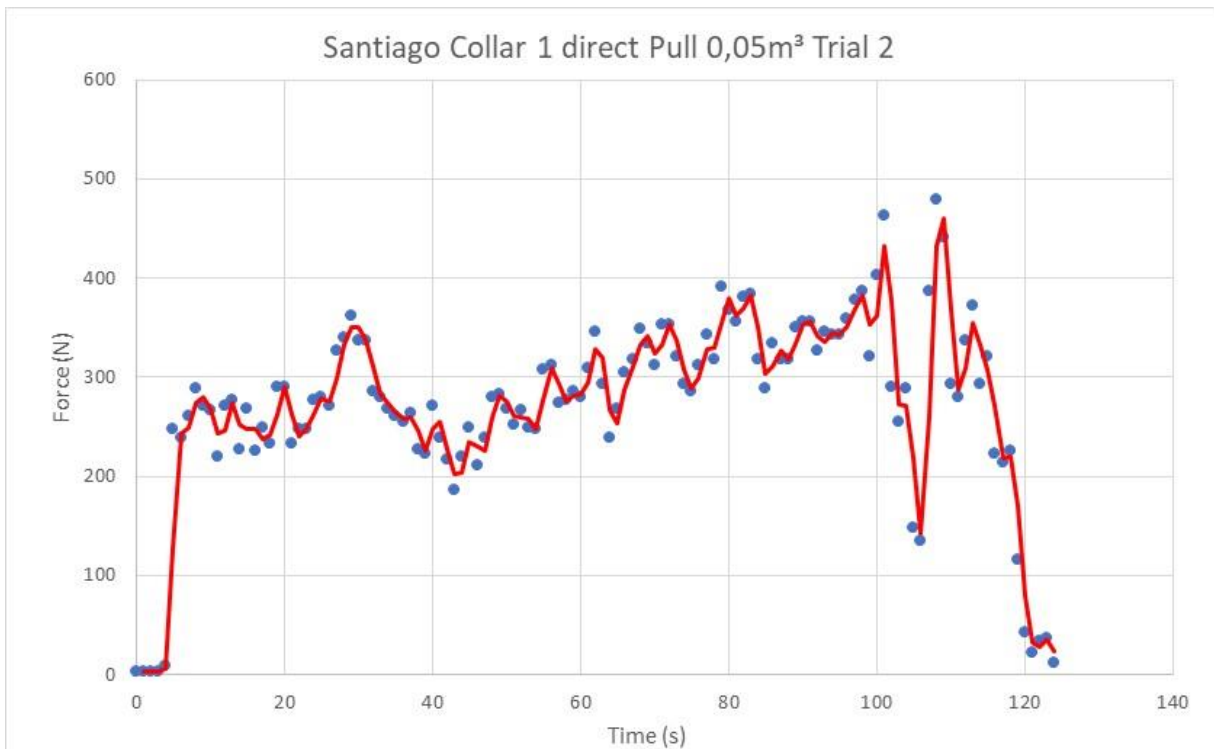


Gráfico 25 - Santiago Collar 1 direct Pull 0,03m³

Gráfico 26 - Santiago Collar 1 direct Pull 0,05m³ Trial 1Gráfico 27 - Santiago Collar 1 direct Pull 0,05m³ Trial 2

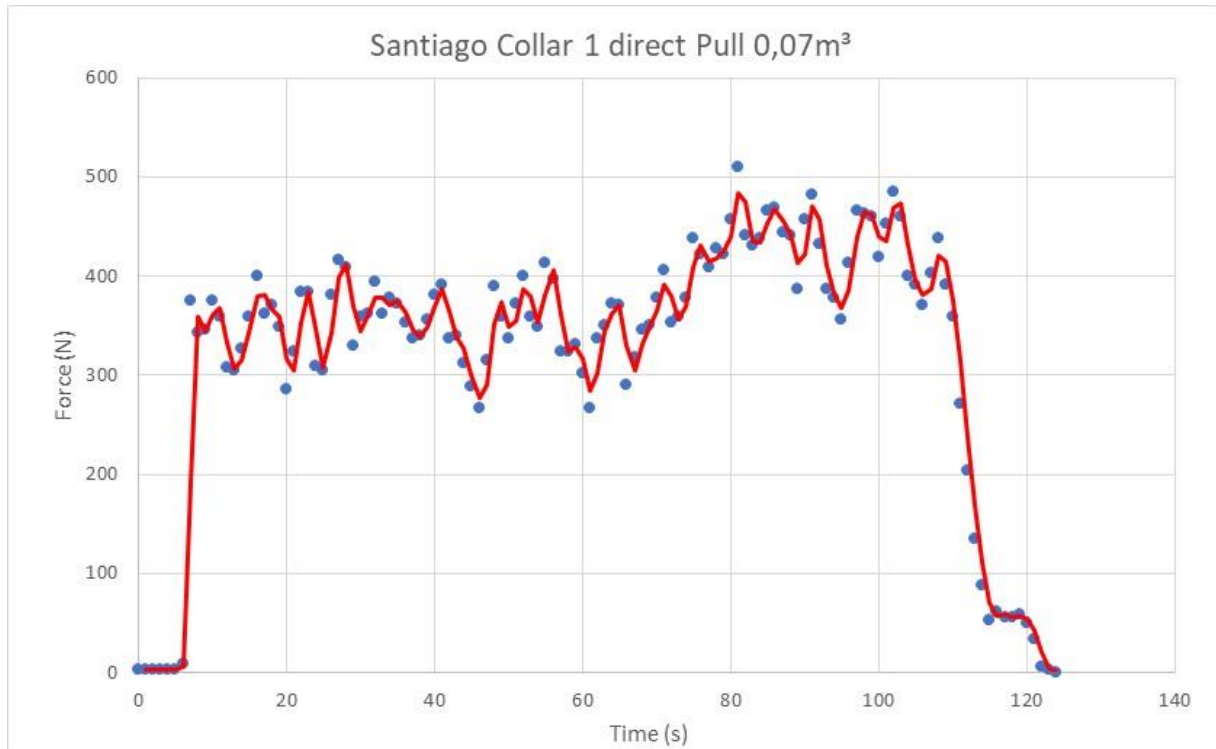


Gráfico 28 - Santiago Collar 1 direct Pull 0,07m³

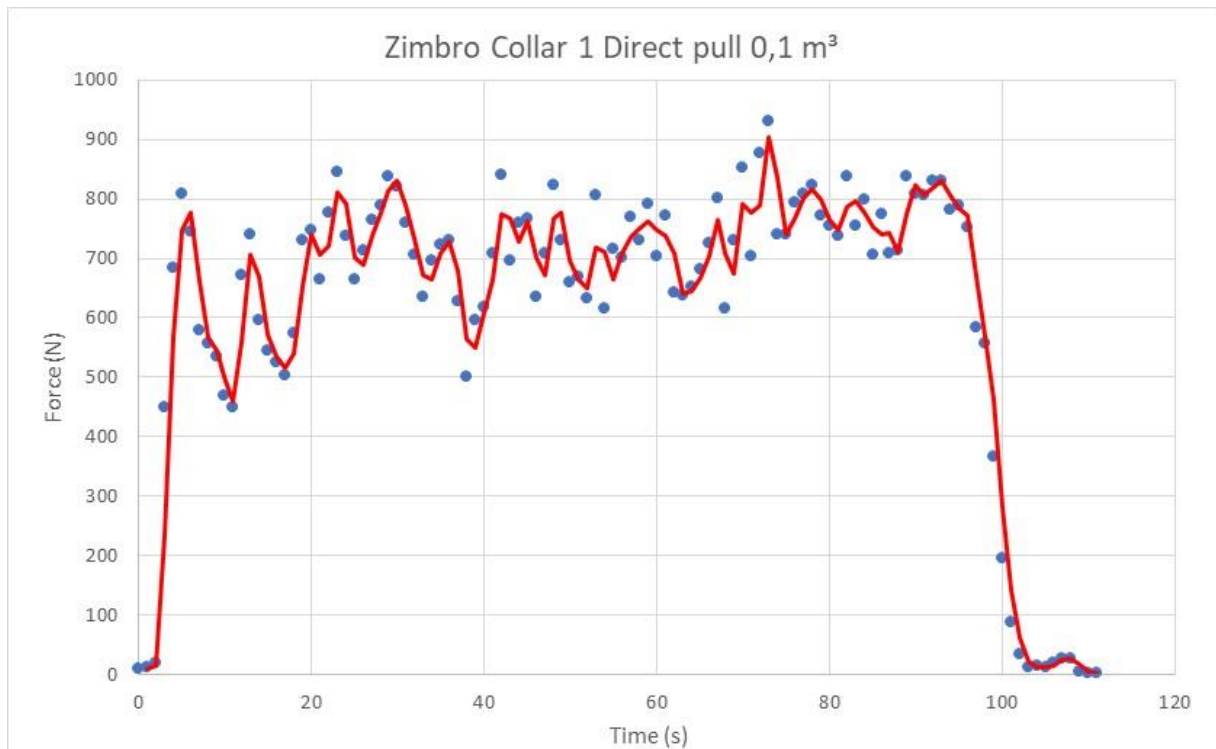
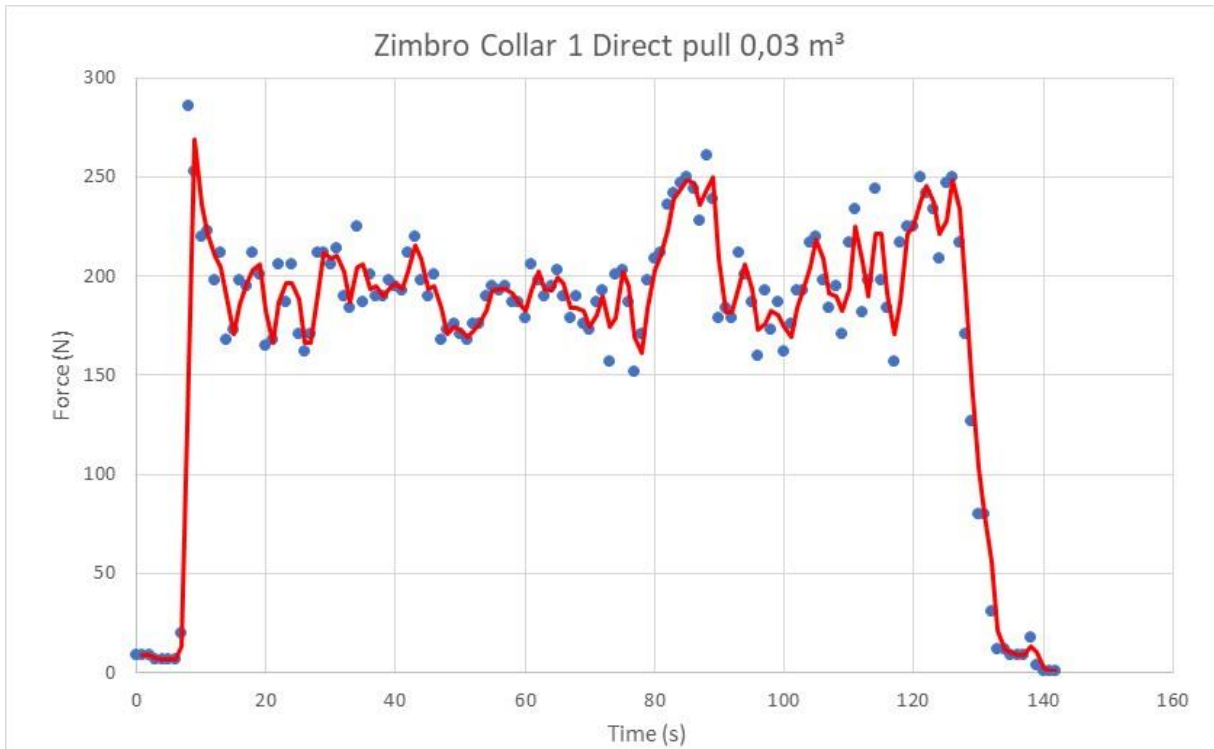
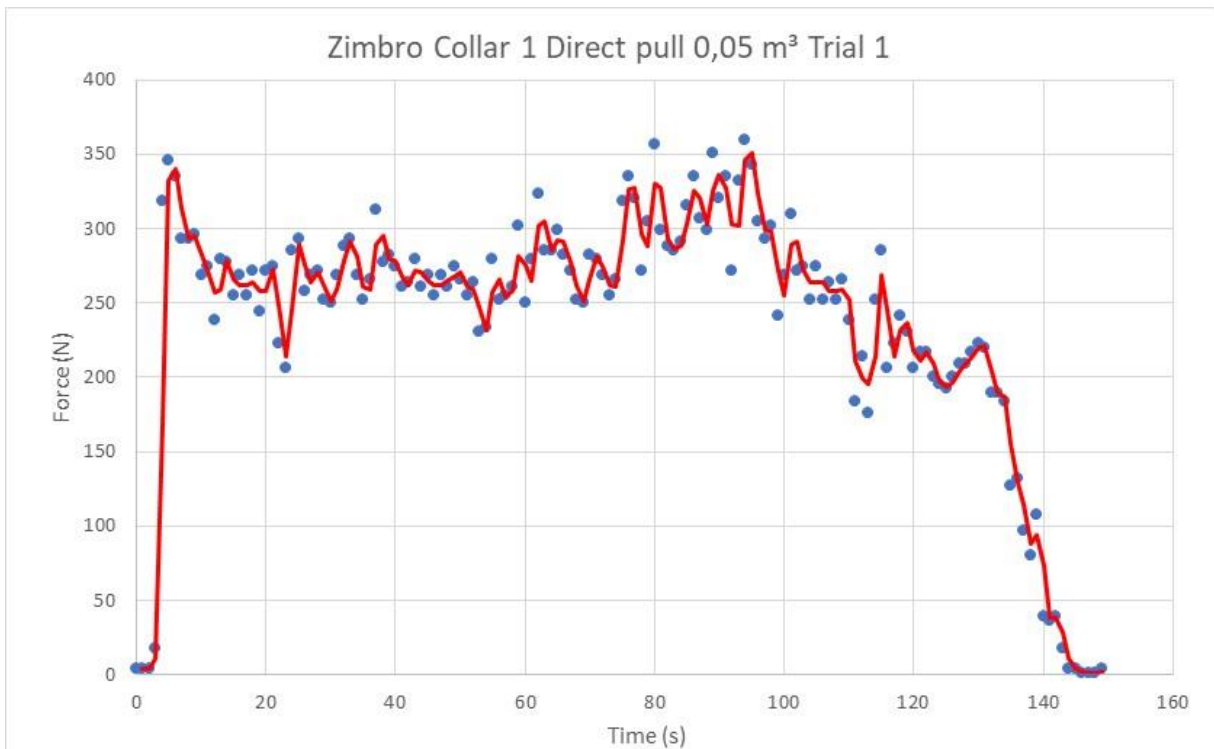
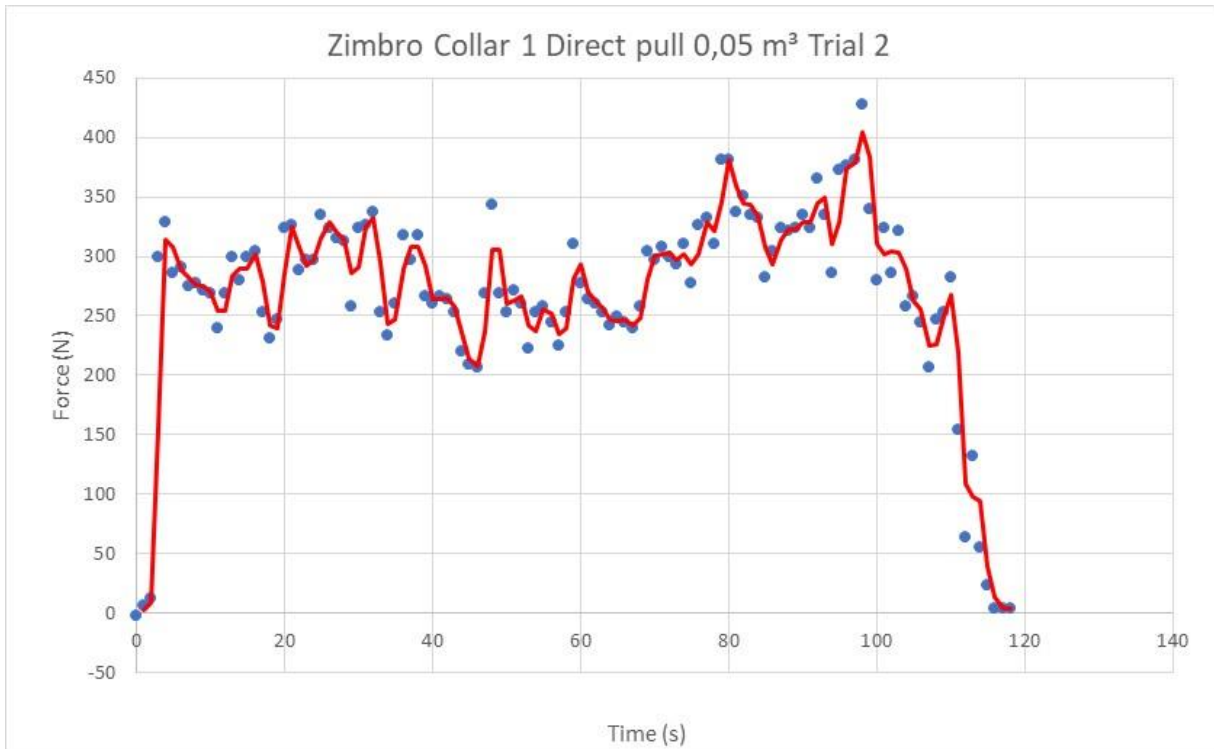
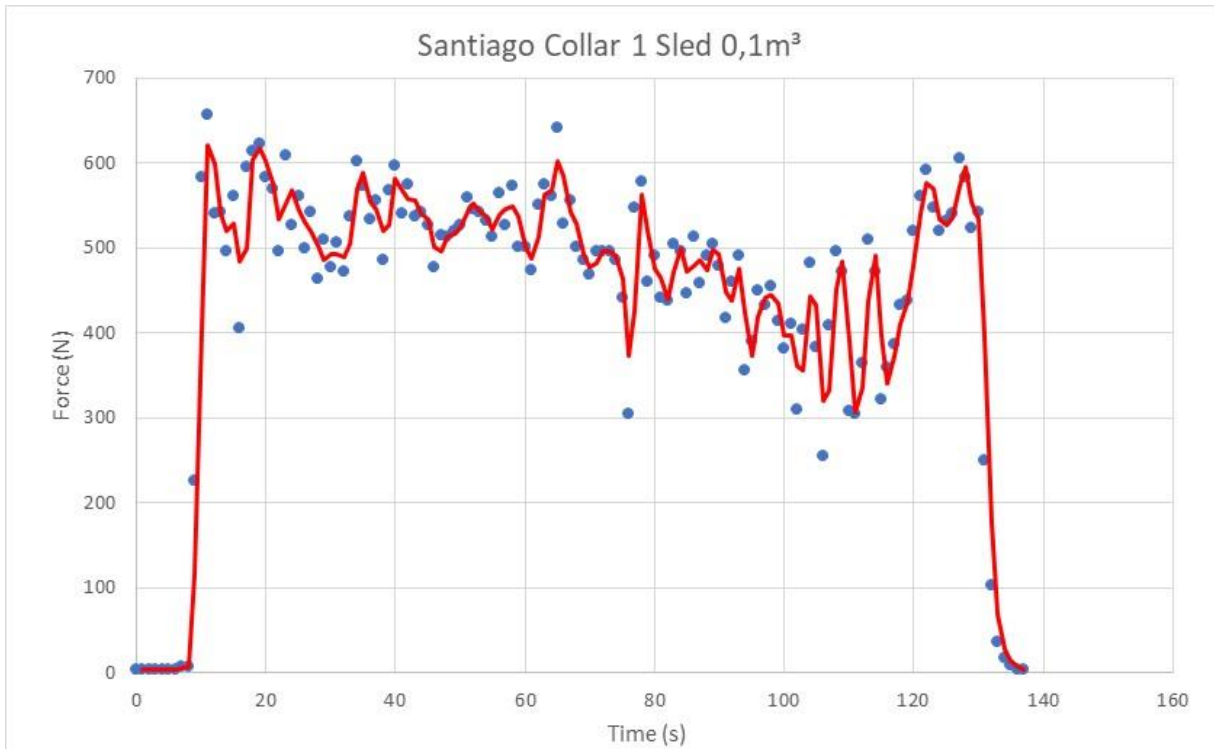
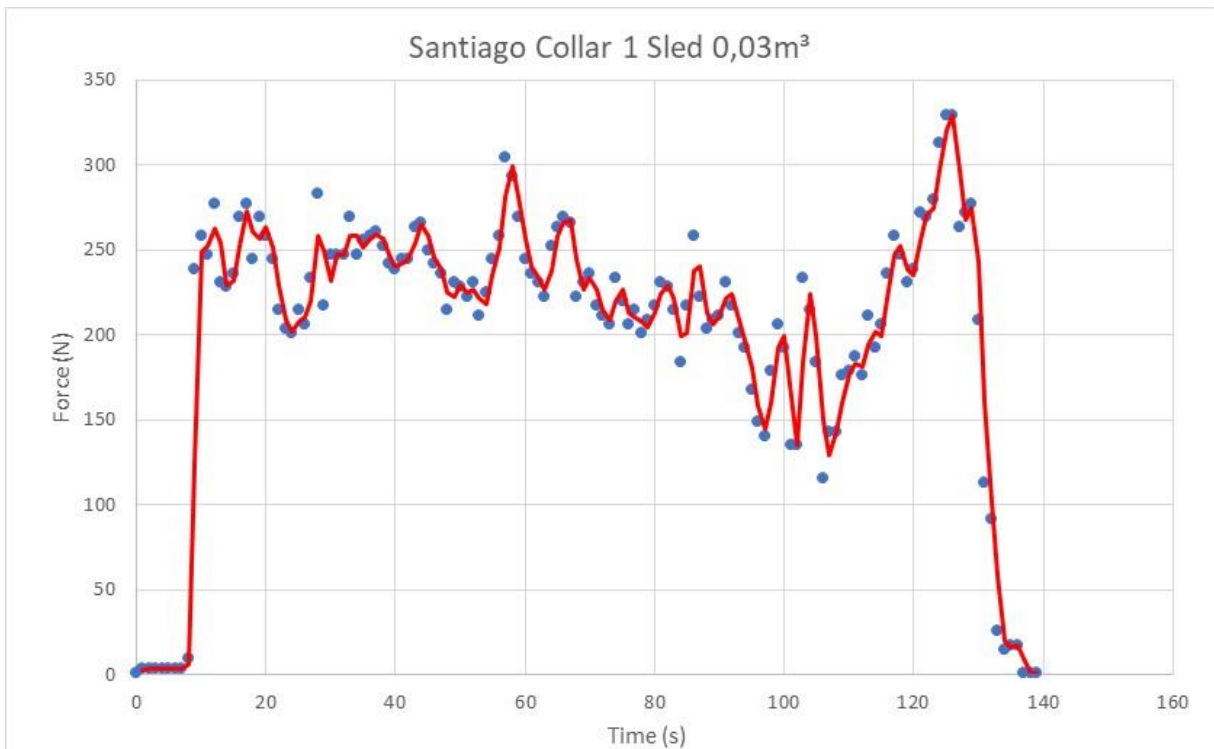
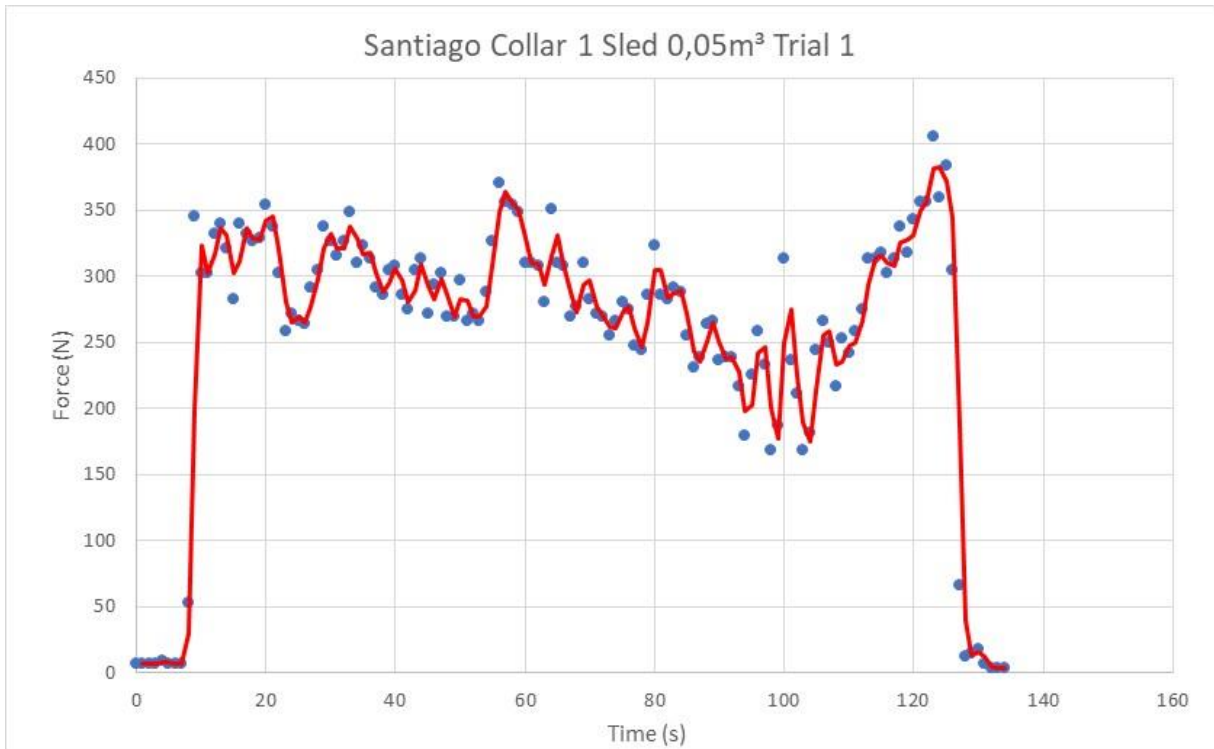
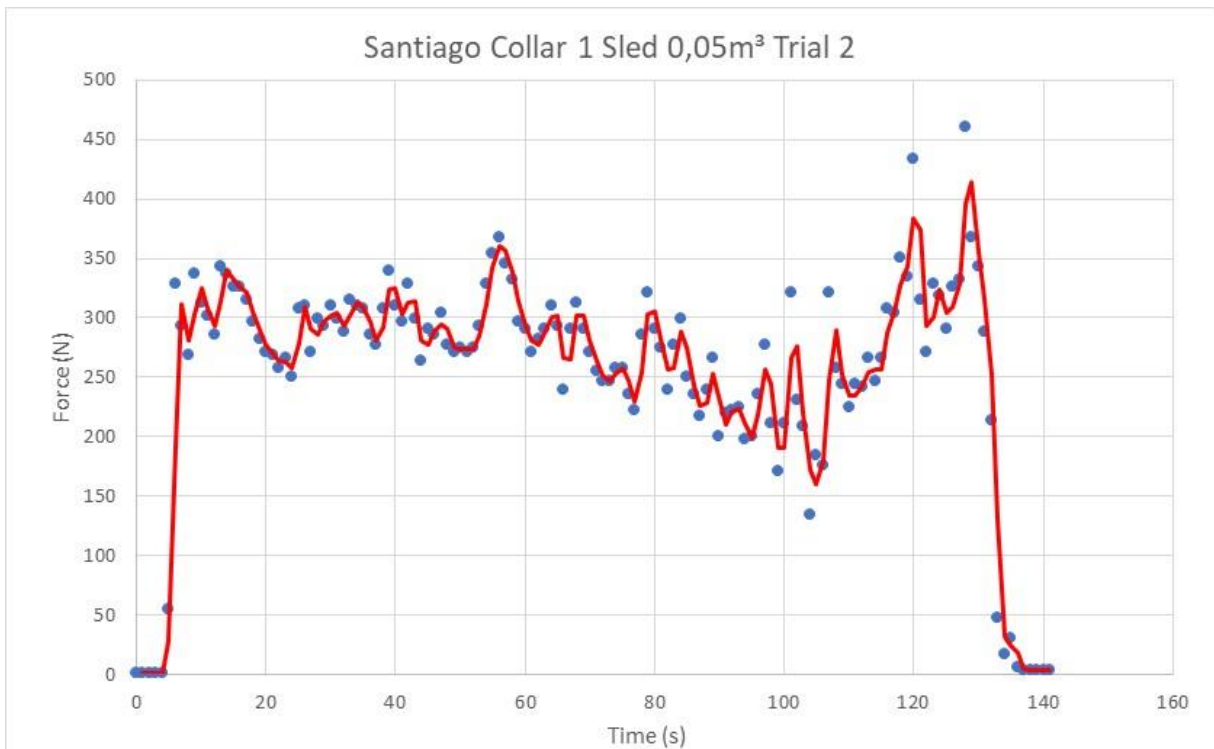


Gráfico 29 - Zimbro Collar 1 Direct pull 0,1 m³

Gráfico 30 - Zimbro Collar 1 Direct pull 0,03 m³Gráfico 31 - Zimbro Collar 1 Direct pull 0,05 m³ Trial 1

Gráfico 32 - Zimbro Collar 1 Direct pull 0,05 m³ Trial 2Gráfico 33 - Zimbro Collar 1 Direct pull 0,07 m³

Gráfico 34 - Santiago Collar 1 Sled 0,1m³Gráfico 35 - Santiago Collar 1 Sled 0,03m³

Gráfico 36 - Santiago Collar 1 Sled 0,05m³ Trial 1Gráfico 37 - Santiago Collar 1 Sled 0,05m³ Trial 2

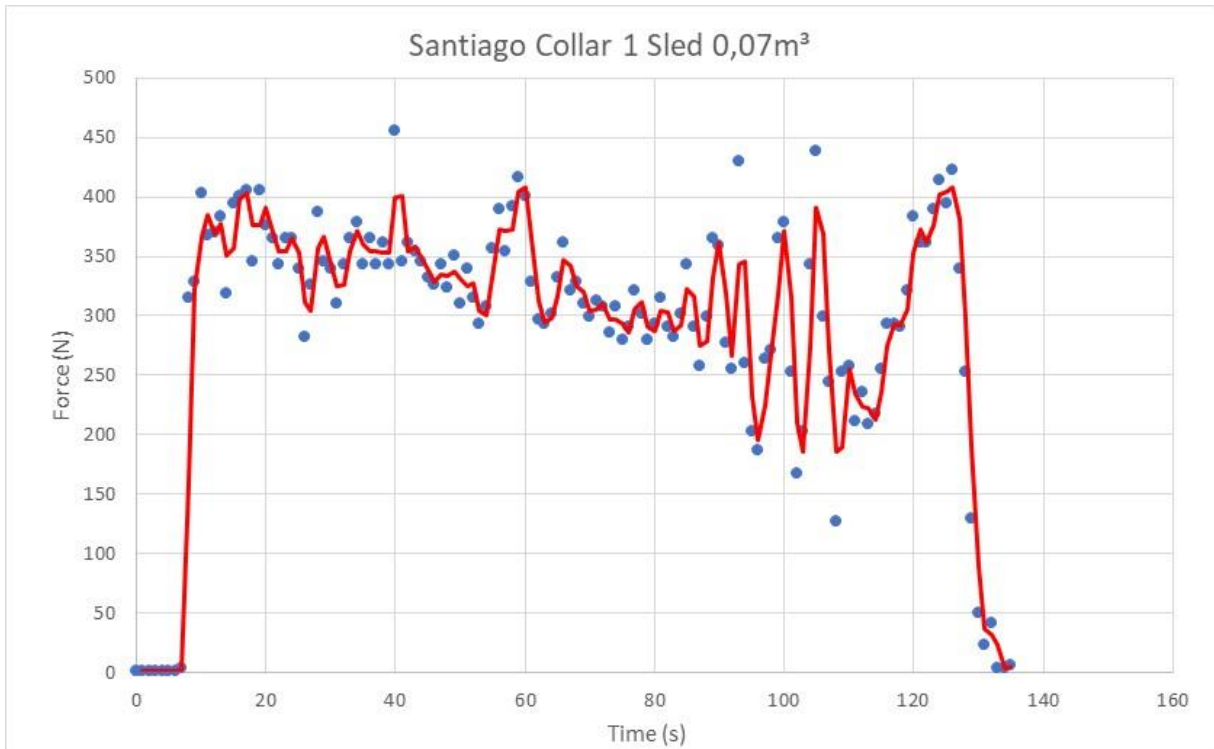


Gráfico 38 - Santiago Collar 1 Sled 0,07m³

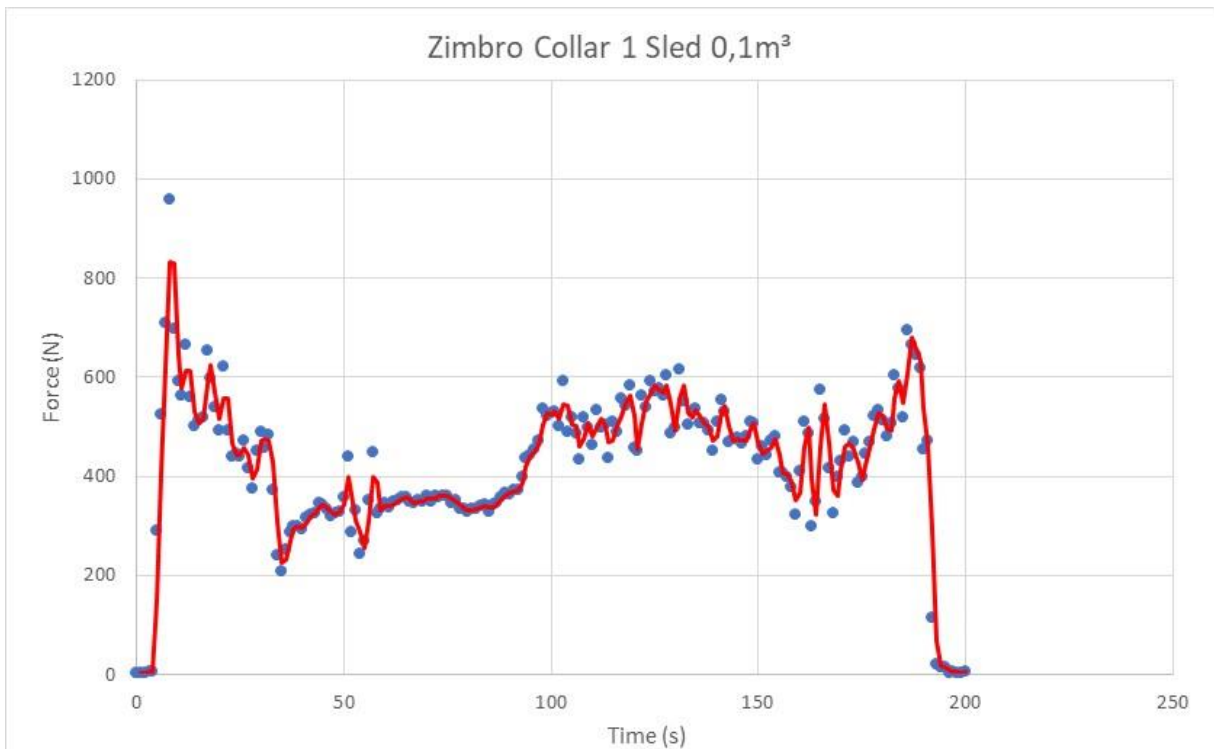


Gráfico 39 - Zimbro Collar 1 Sled 0,1m³

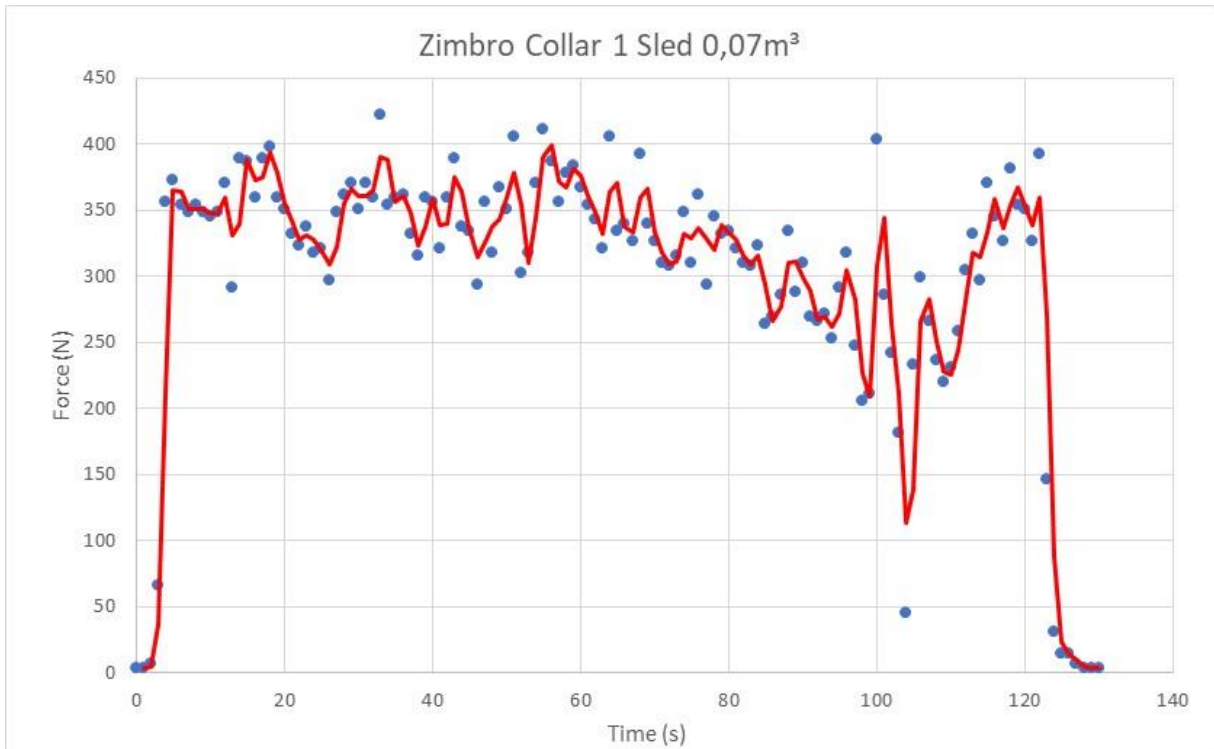


Gráfico 40 - Zimbro Collar 1 Sled 0,07m³

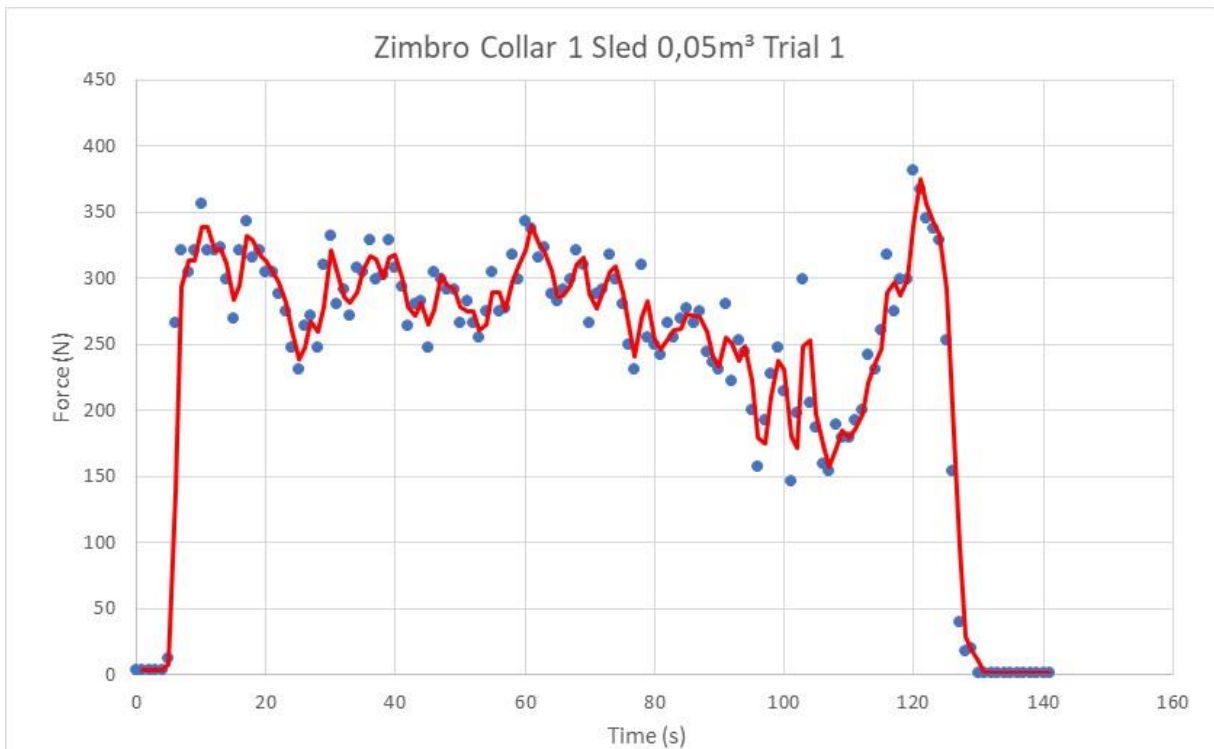
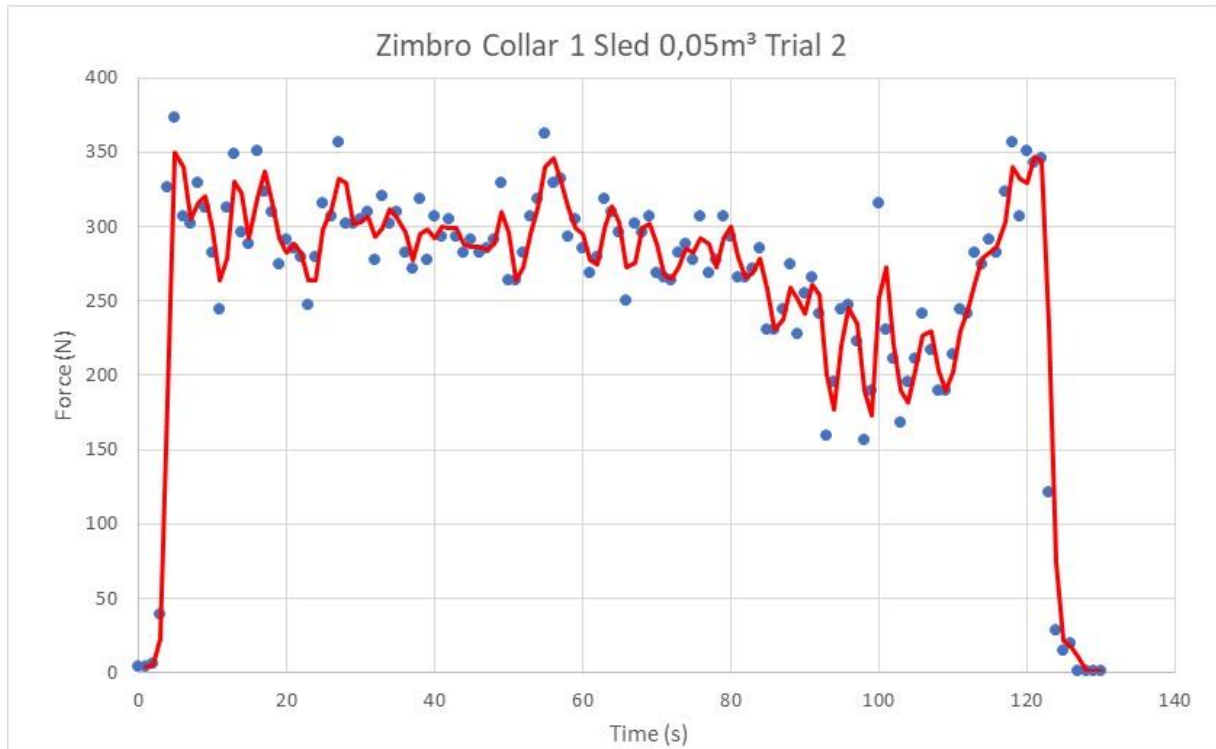


Gráfico 41 - Zimbro Collar 1 Sled 0,05m³ Trial 1

Gráfico 42 - Zimbro Collar 1 Sled 0,05m³ Trial 2Gráfico 43 - Zimbro Collar 1 Sled 0,03m³

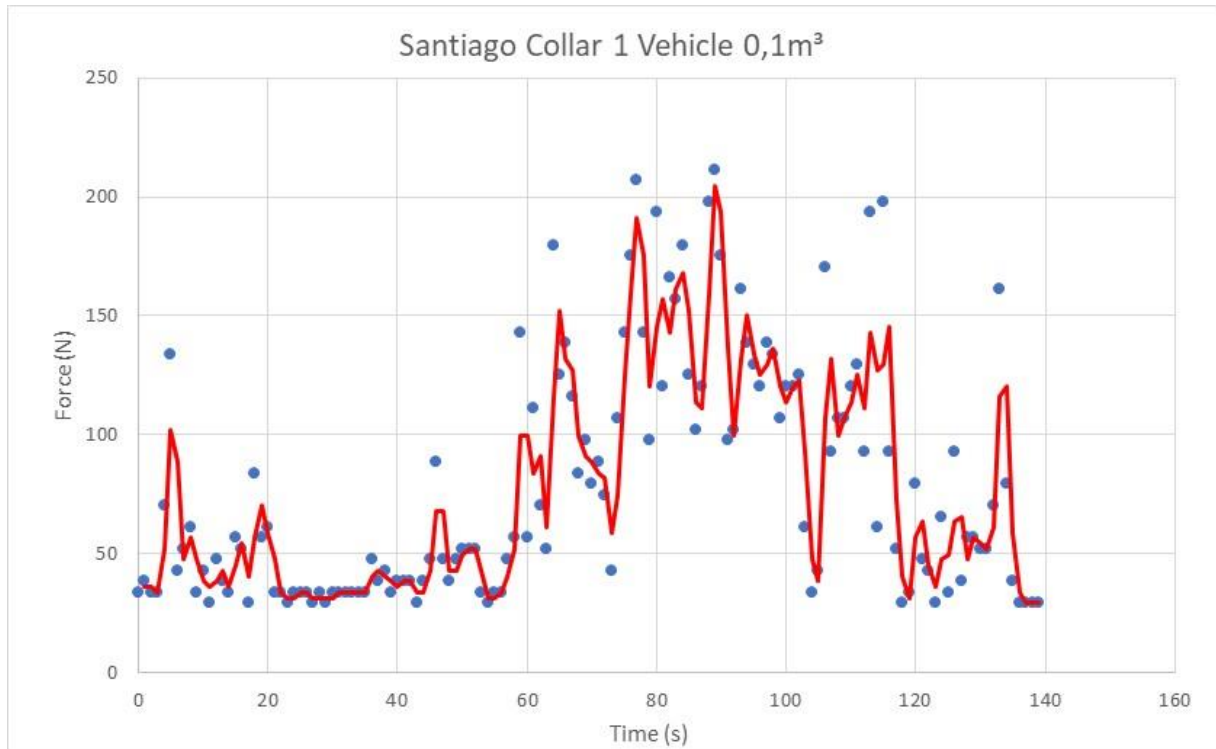


Gráfico 44 - Santiago Collar 1 Vehicle 0,1m³

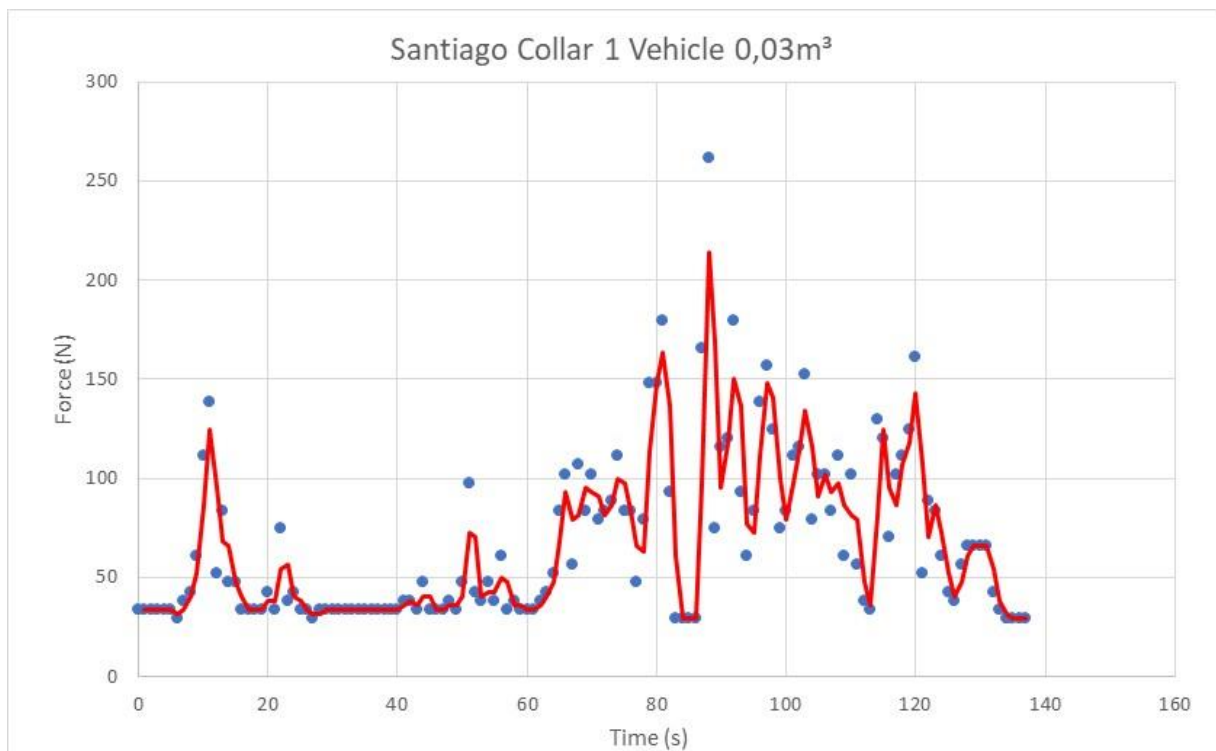
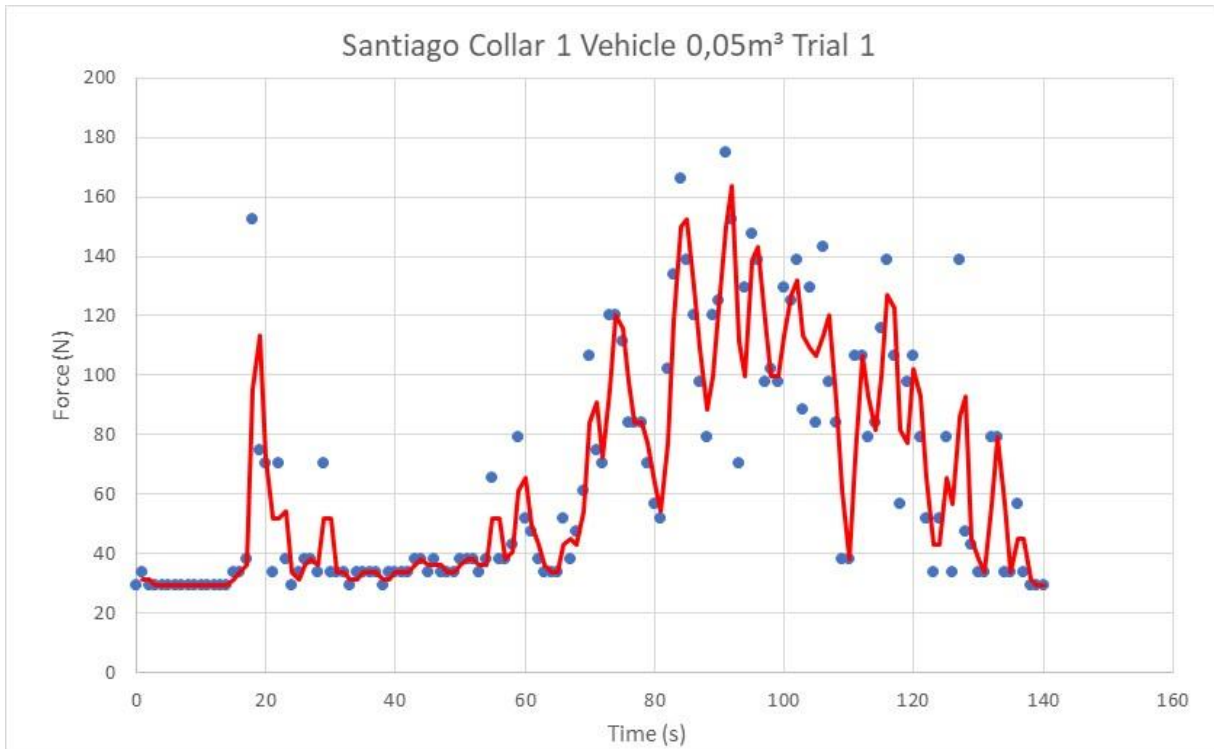
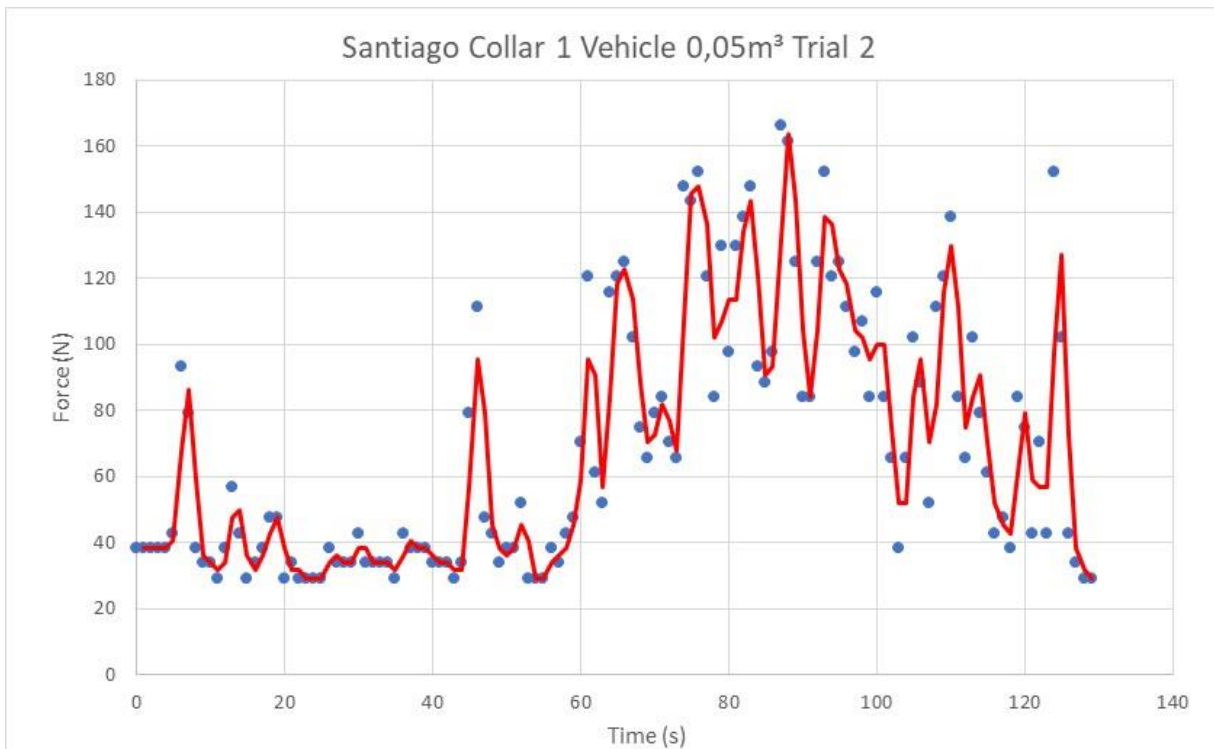


Gráfico 45 - Santiago Collar 1 Vehicle 0,03m³

Gráfico 46 - Santiago Collar 1 Vehicle 0,05m³ Trial 1Gráfico 47 - Santiago Collar 1 Vehicle 0,05m³ Trial 2

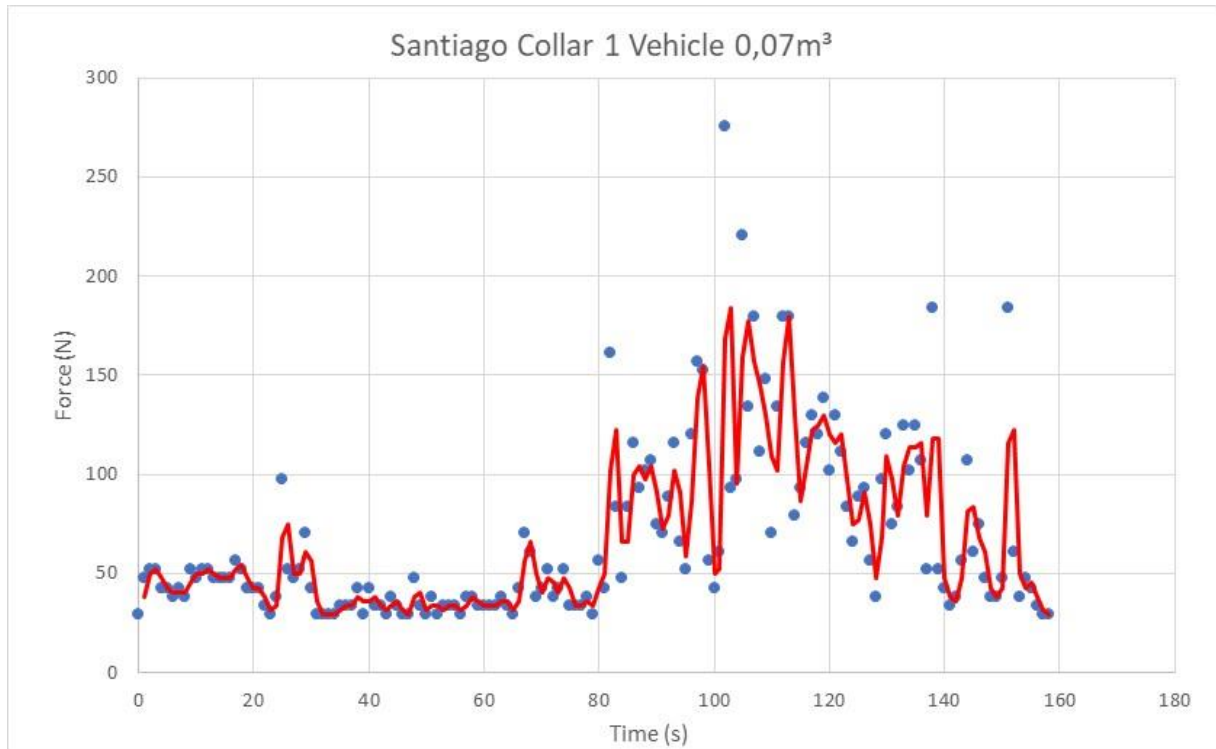


Gráfico 48 - Santiago Collar 1 Vehicle 0,07m³

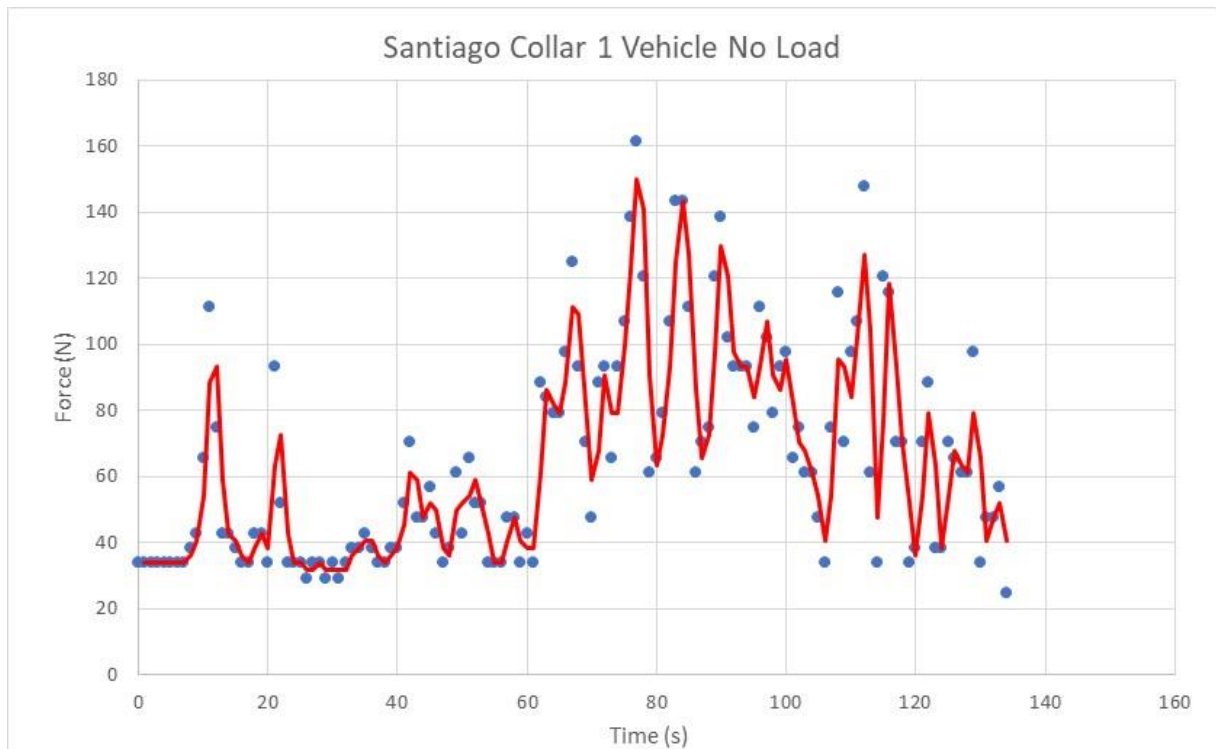


Gráfico 49 - Santiago Collar 1 Vehicle No Load

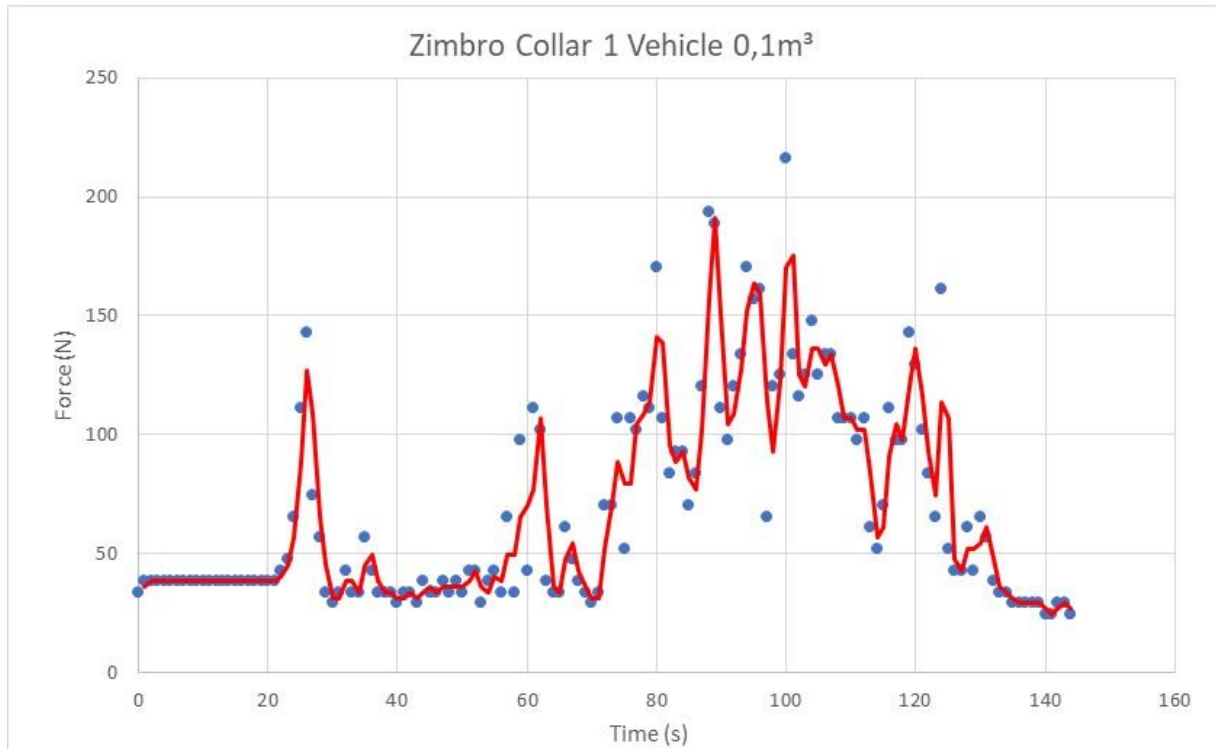


Gráfico 50 - Zimbro Collar 1 Vehicle 0,1m³

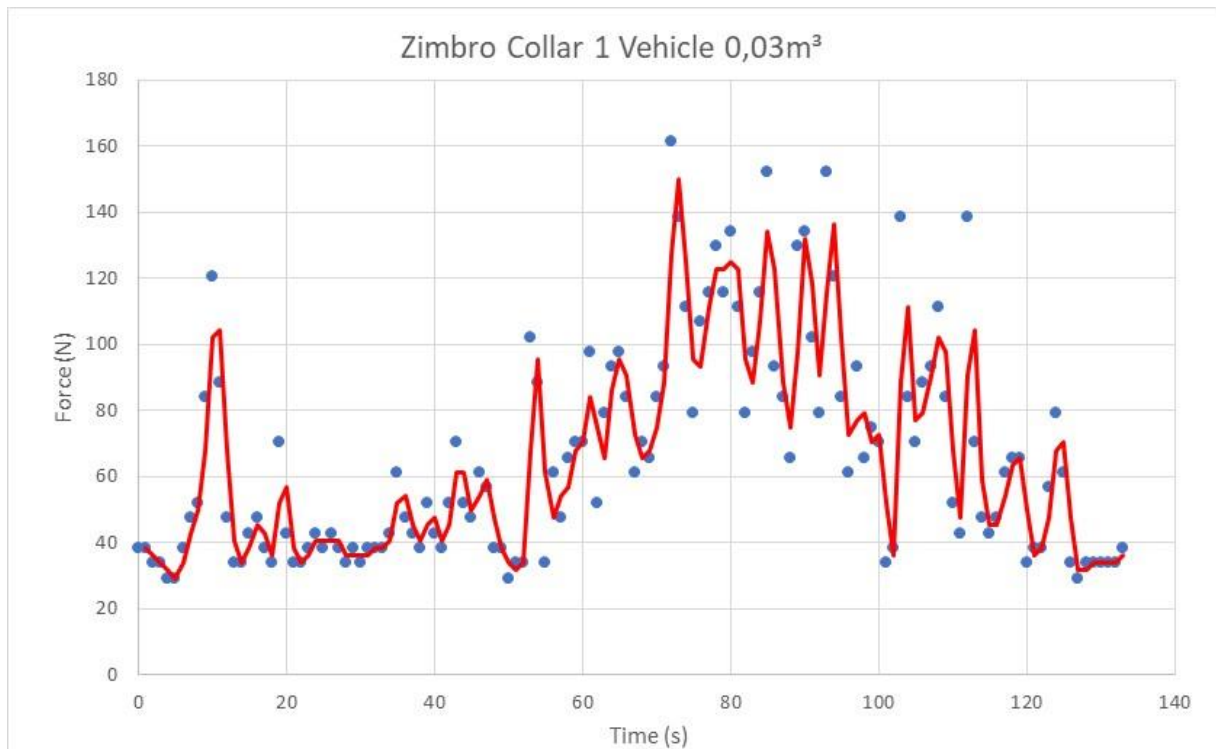
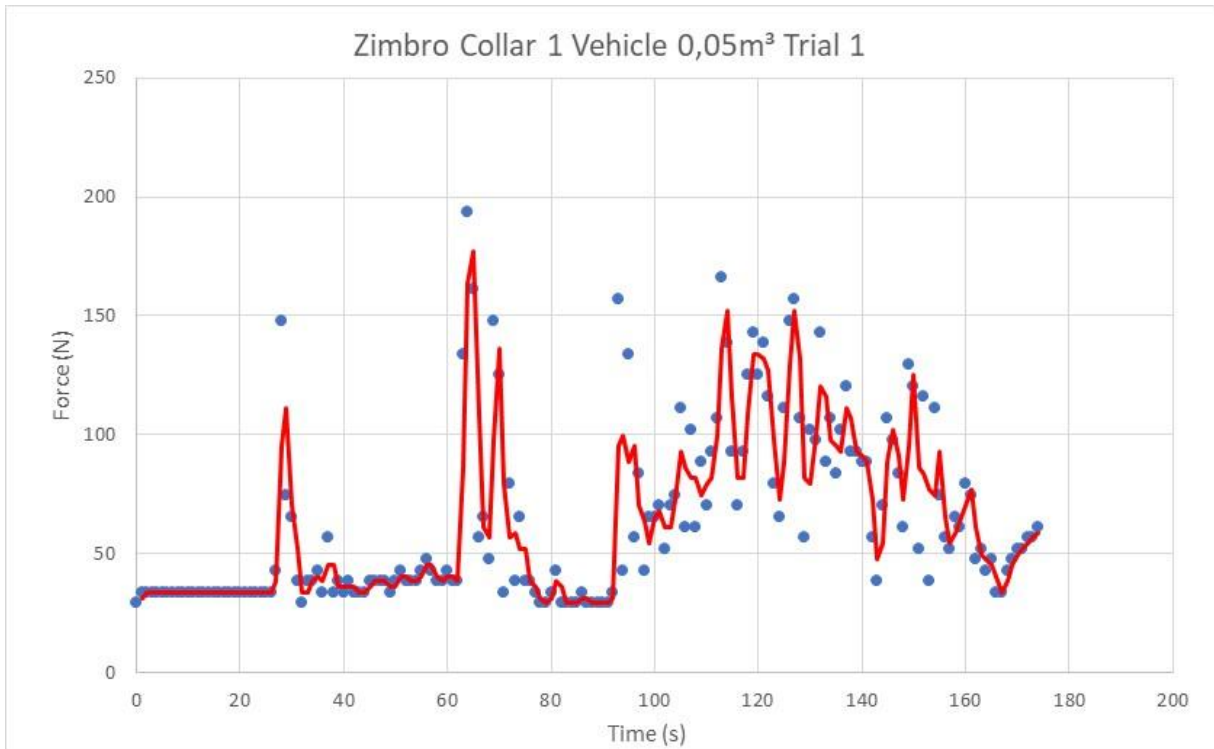
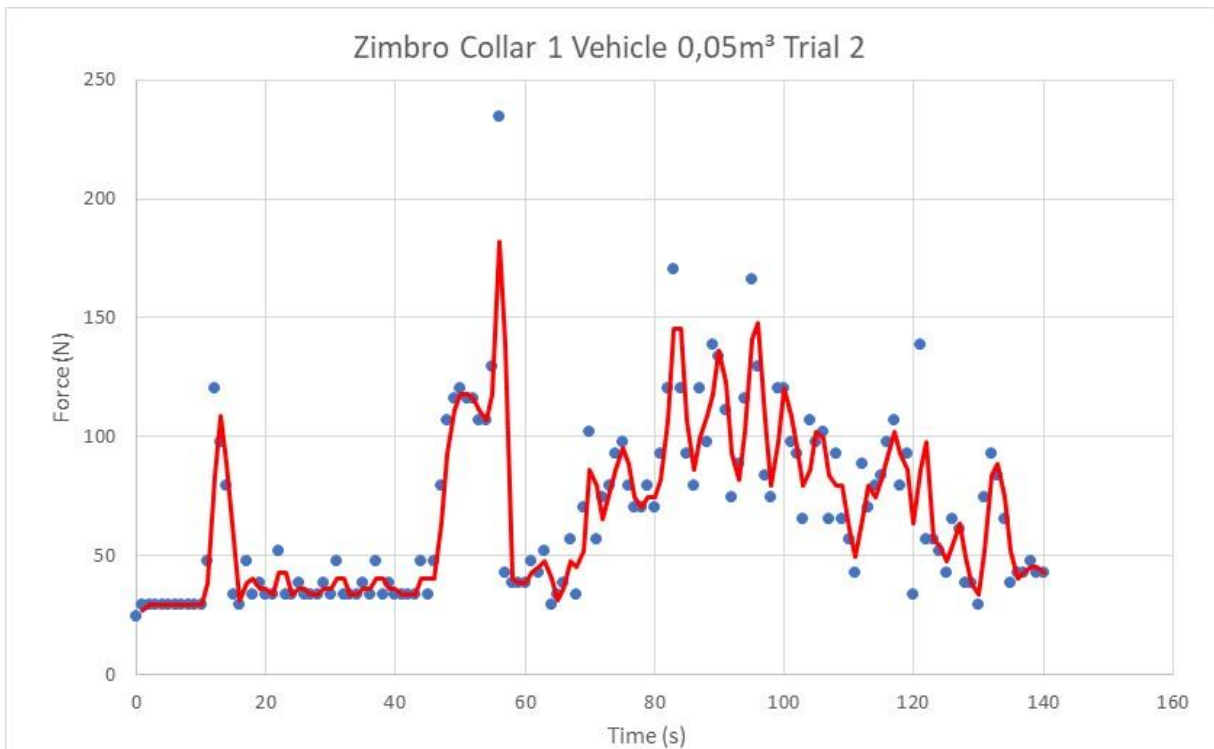


Gráfico 51 - Zimbro Collar 1 Vehicle 0,03m³

Gráfico 52 - Zimbro Collar 1 Vehicle 0,05m³ Trial 1Gráfico 53 - Zimbro Collar 1 Vehicle 0,05m³ Trial 2

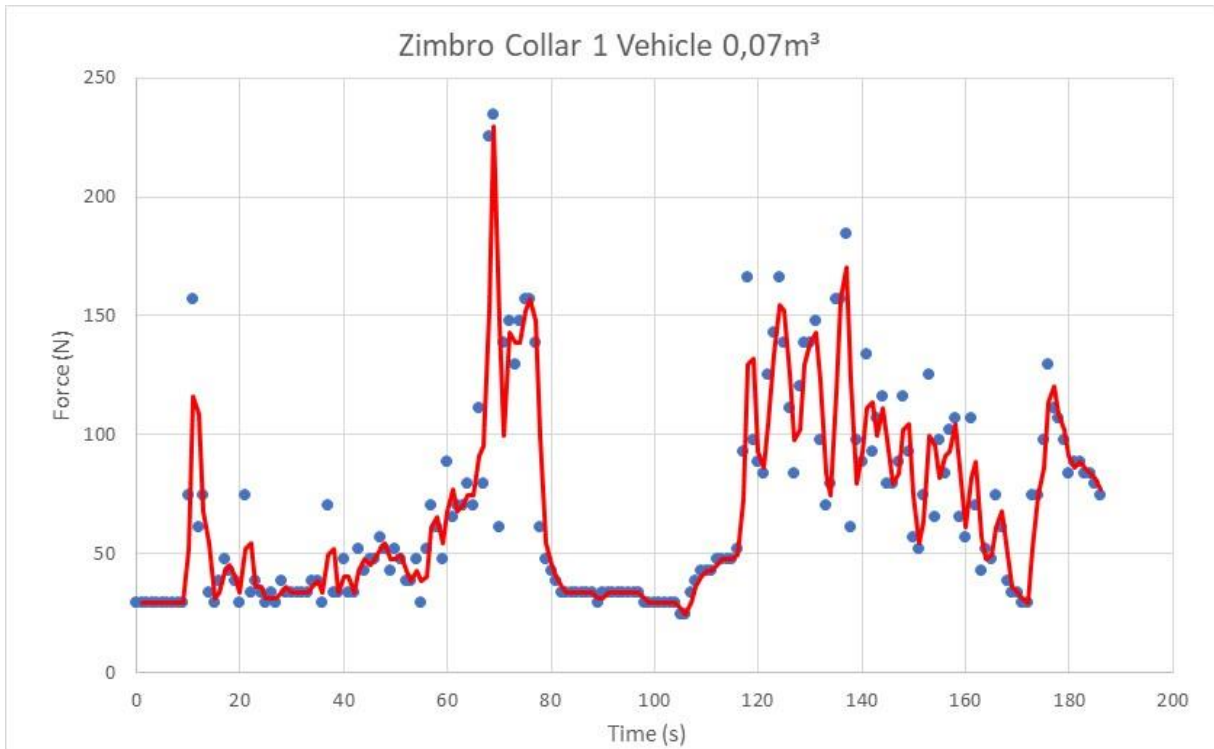
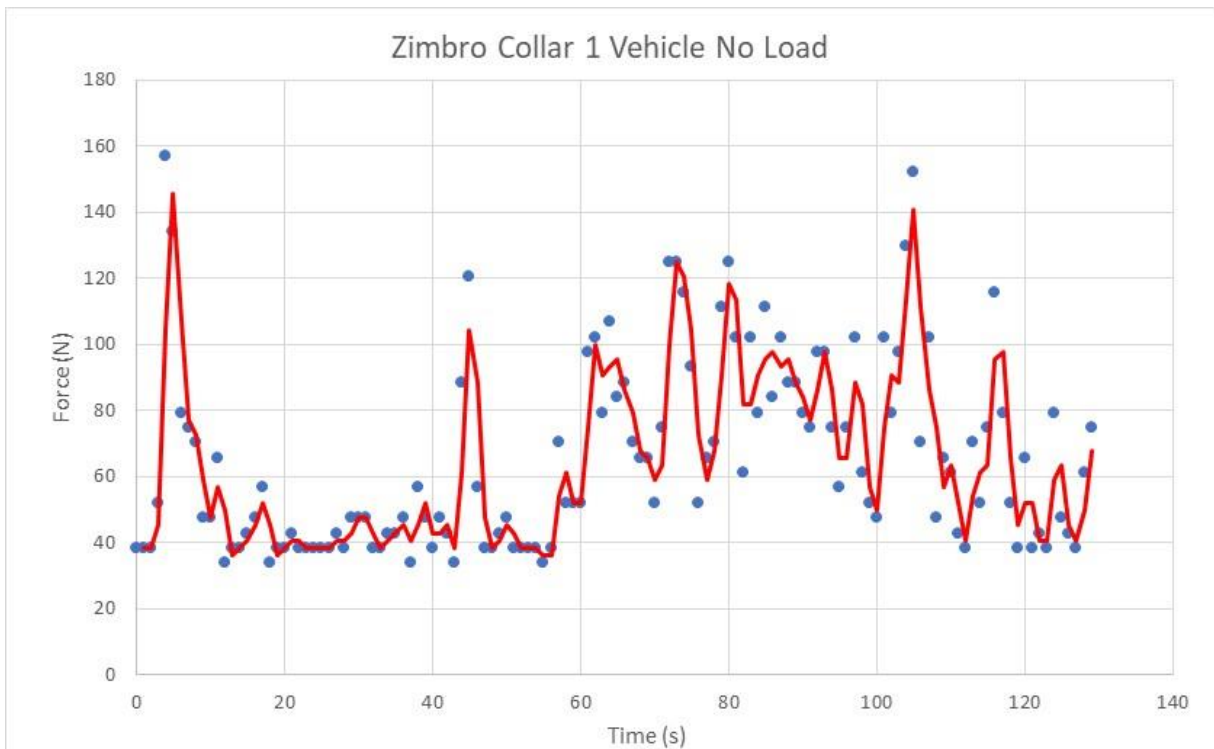
Gráfico 54 - Zimbro Collar 1 Vehicle 0,07m³

Gráfico 55 - Zimbro Collar 1 Vehicle No Load

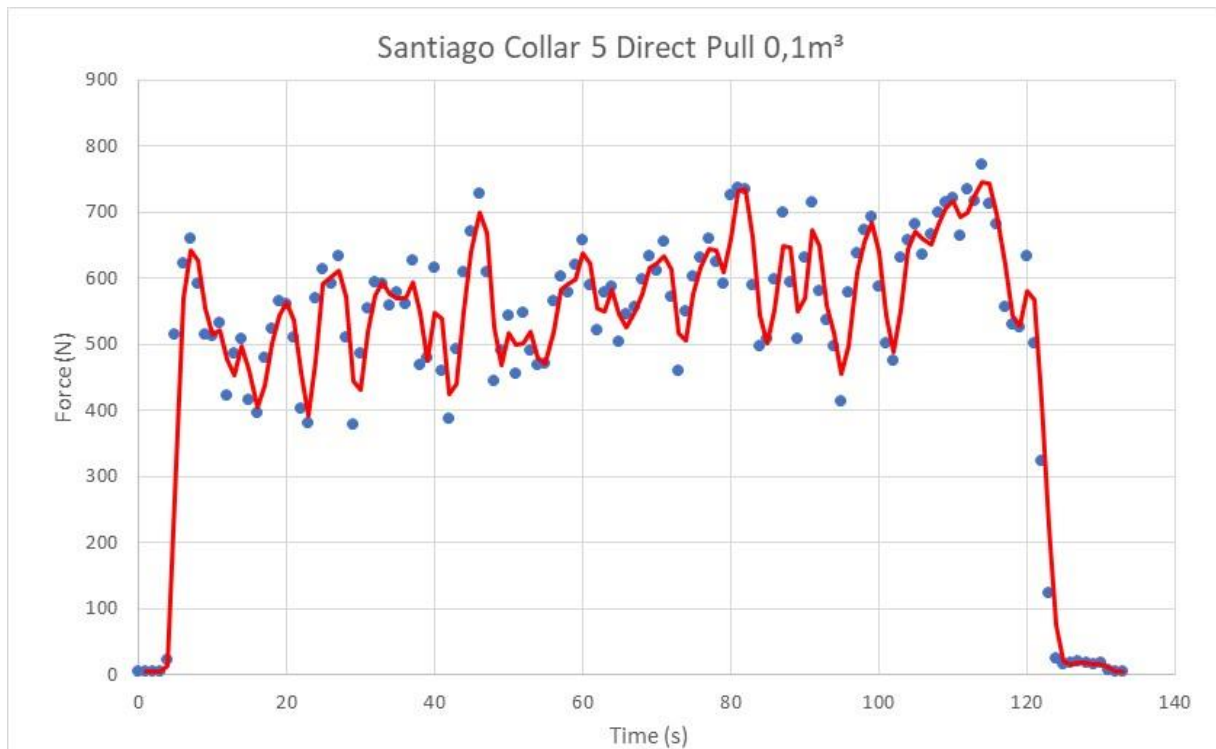
Anexo XVII – Gráficos dinamômetro testes na Galiza para Collar 5

Gráfico 56 - Santiago Collar 5 Direct Pull 0,1m³

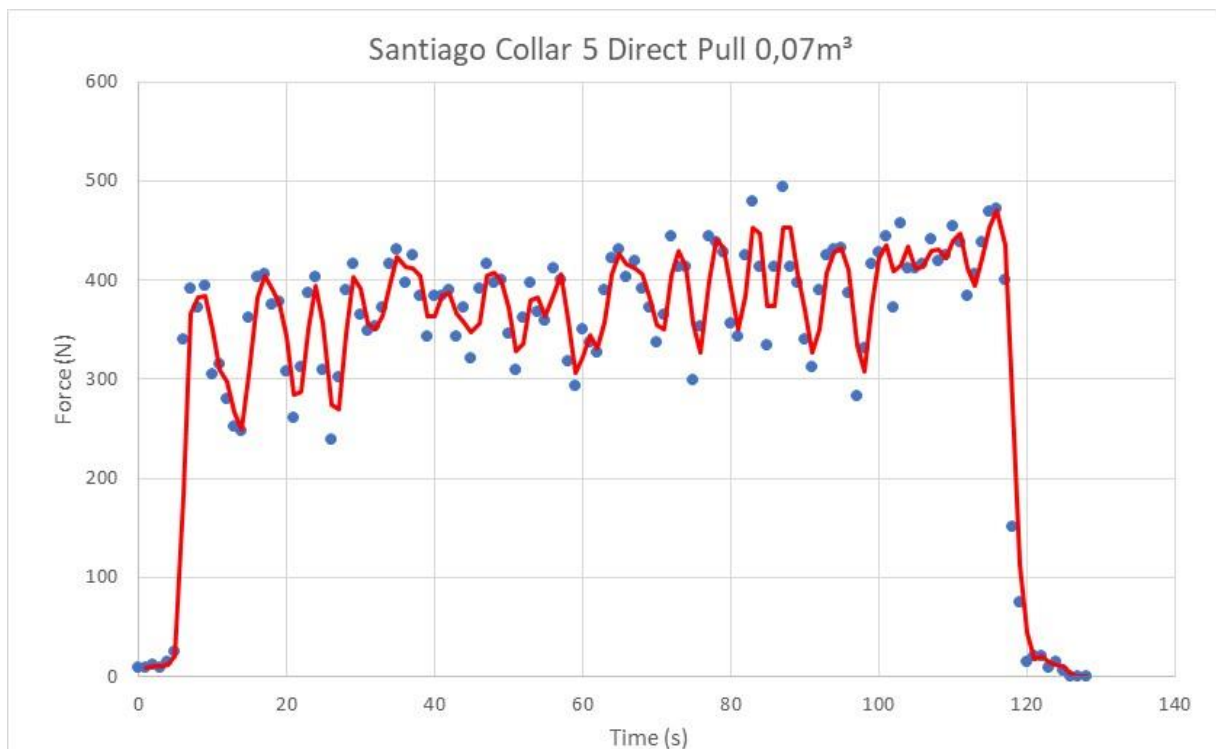
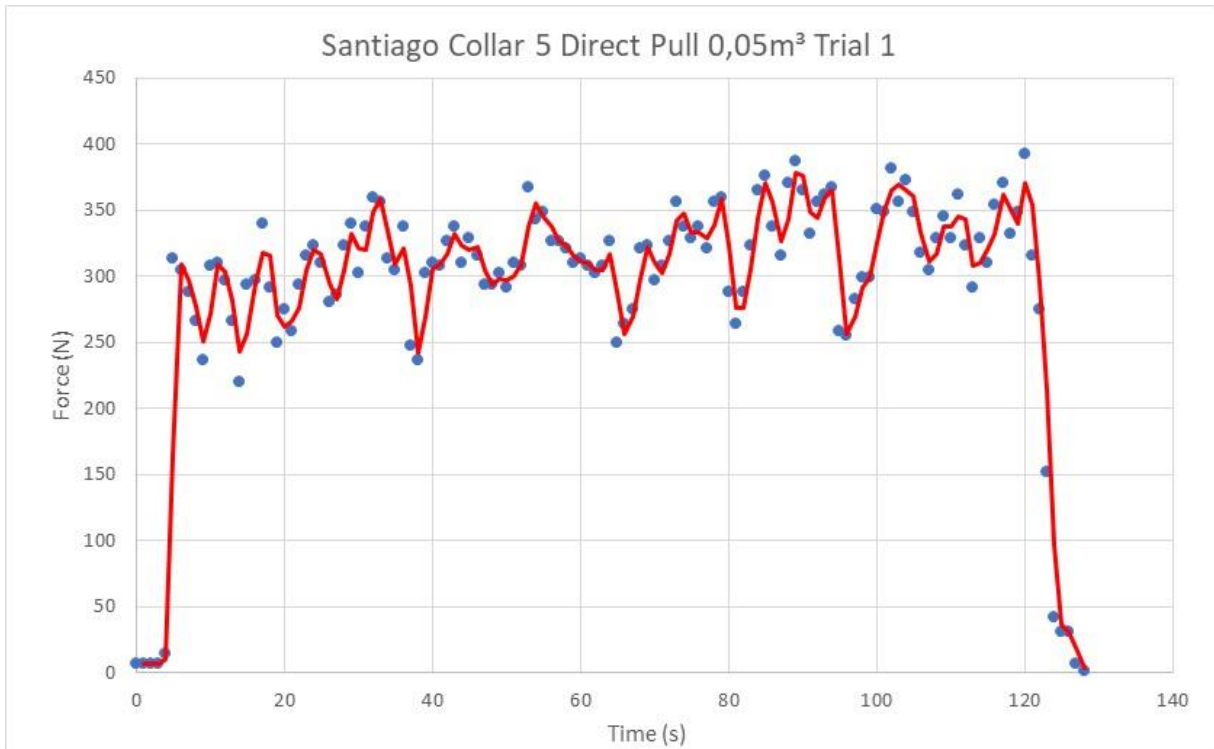
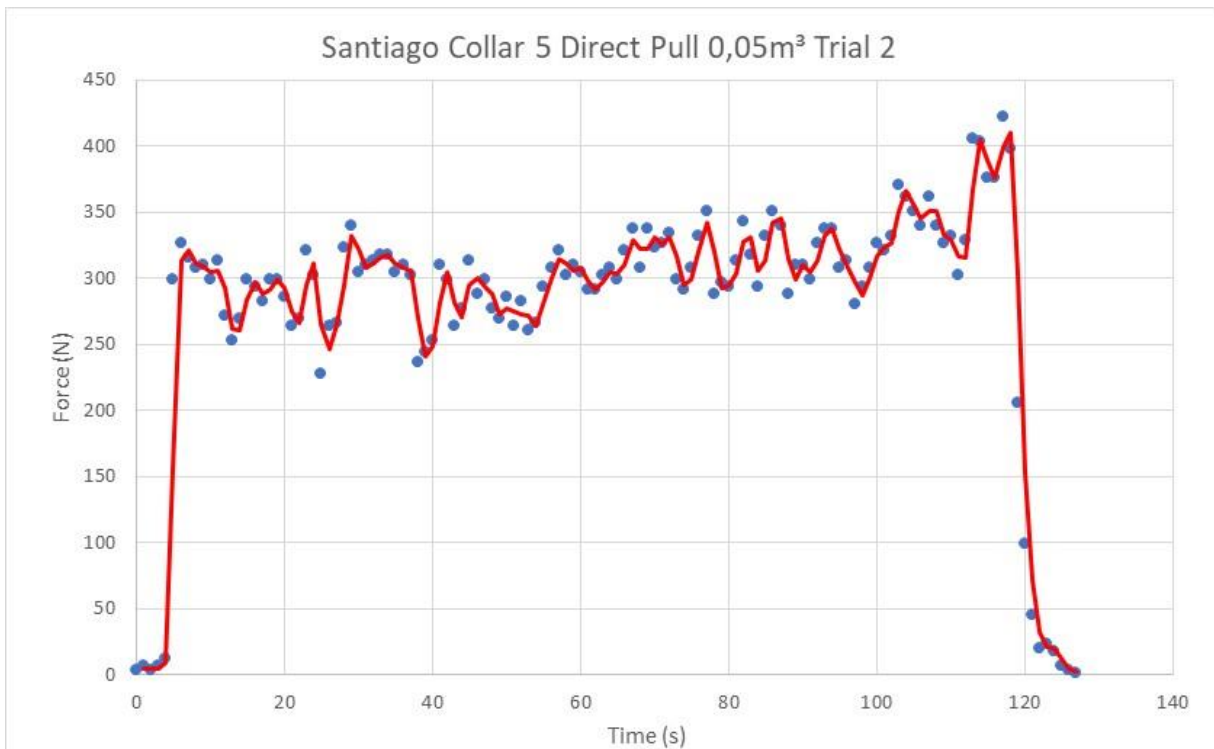


Gráfico 57 - Santiago Collar 5 Direct Pull 0,07m³

Gráfico 58 - Santiago Collar 5 Direct Pull 0,05m³ Trial 1Gráfico 59 - Santiago Collar 5 Direct Pull 0,05m³ Trial 2

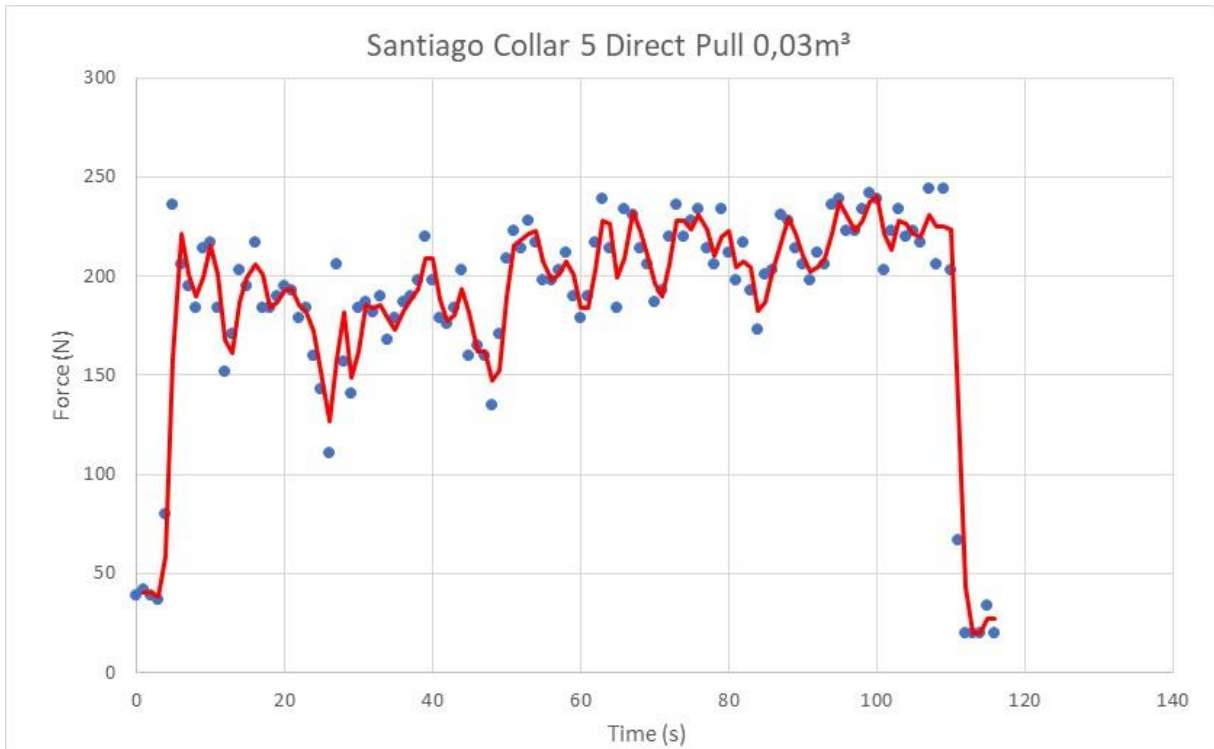


Gráfico 60 - Santiago Collar 5 Direct Pull 0,03m³

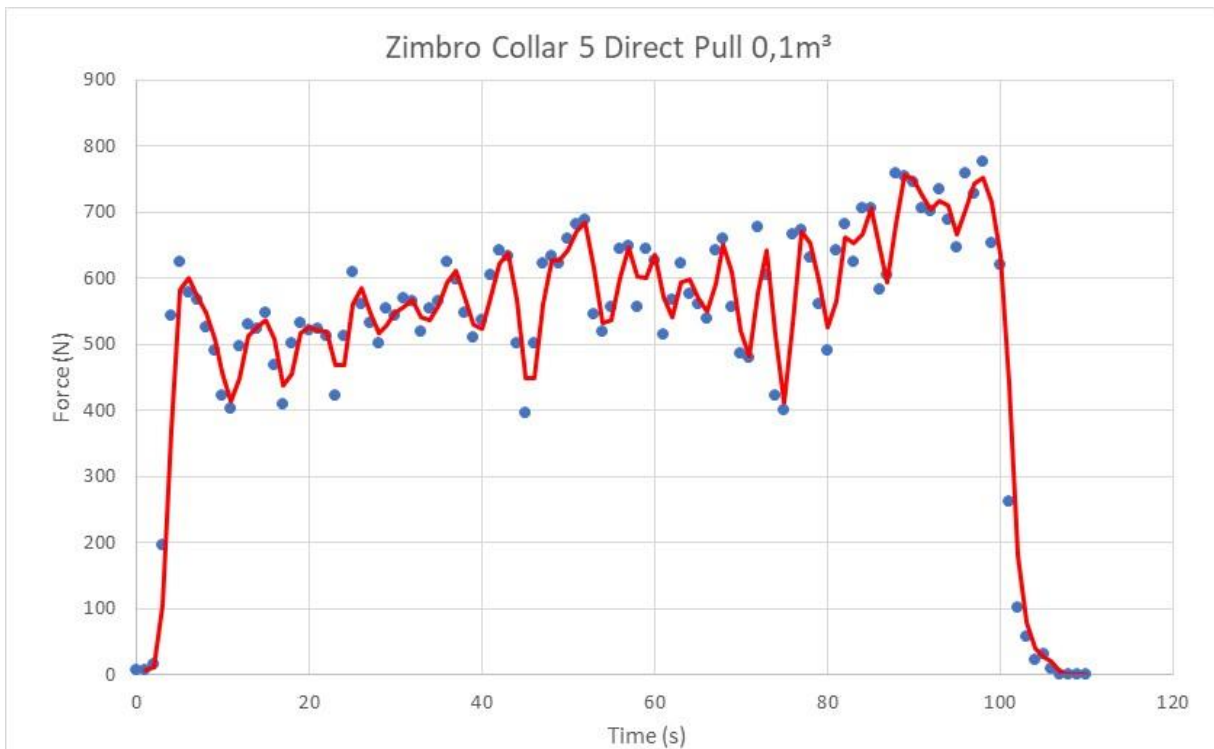
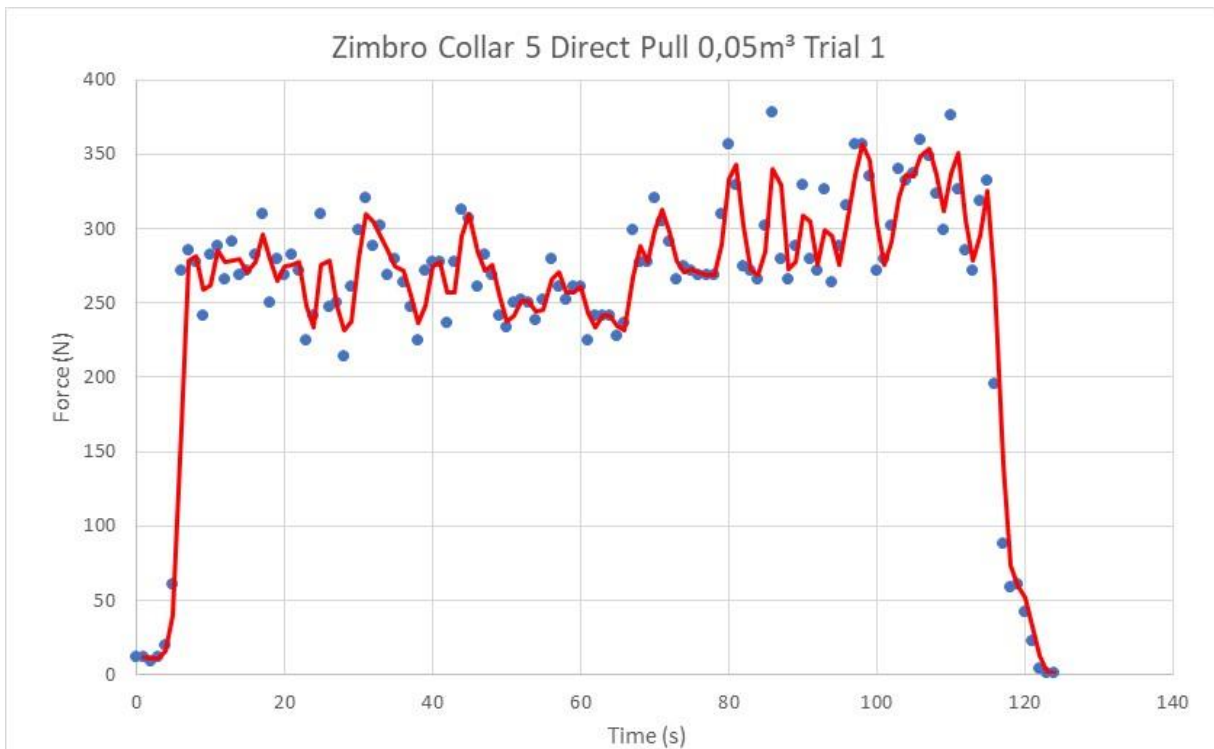
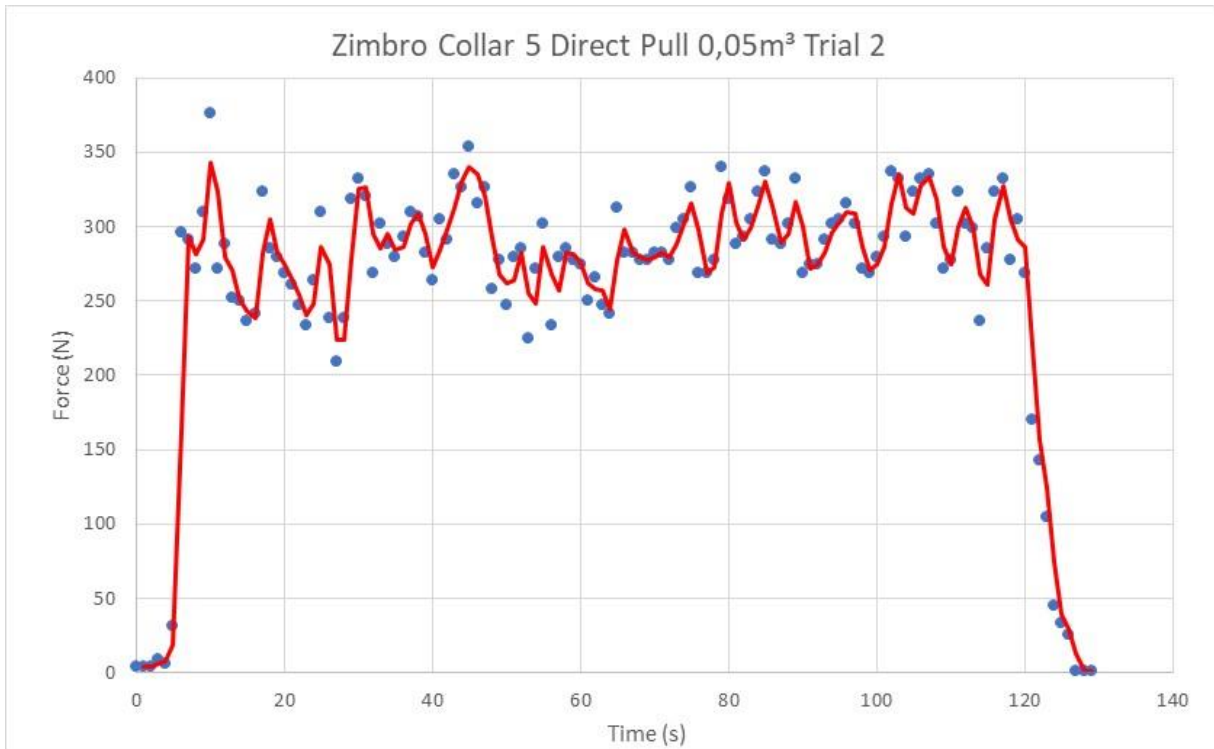
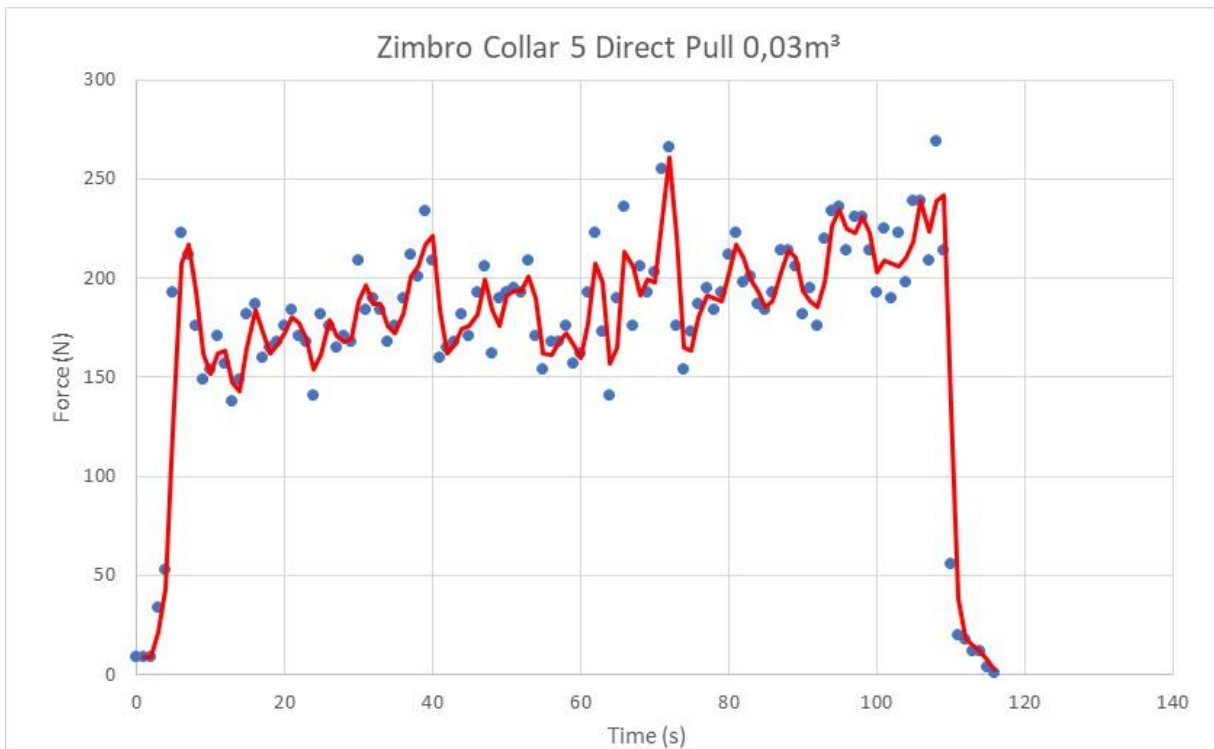
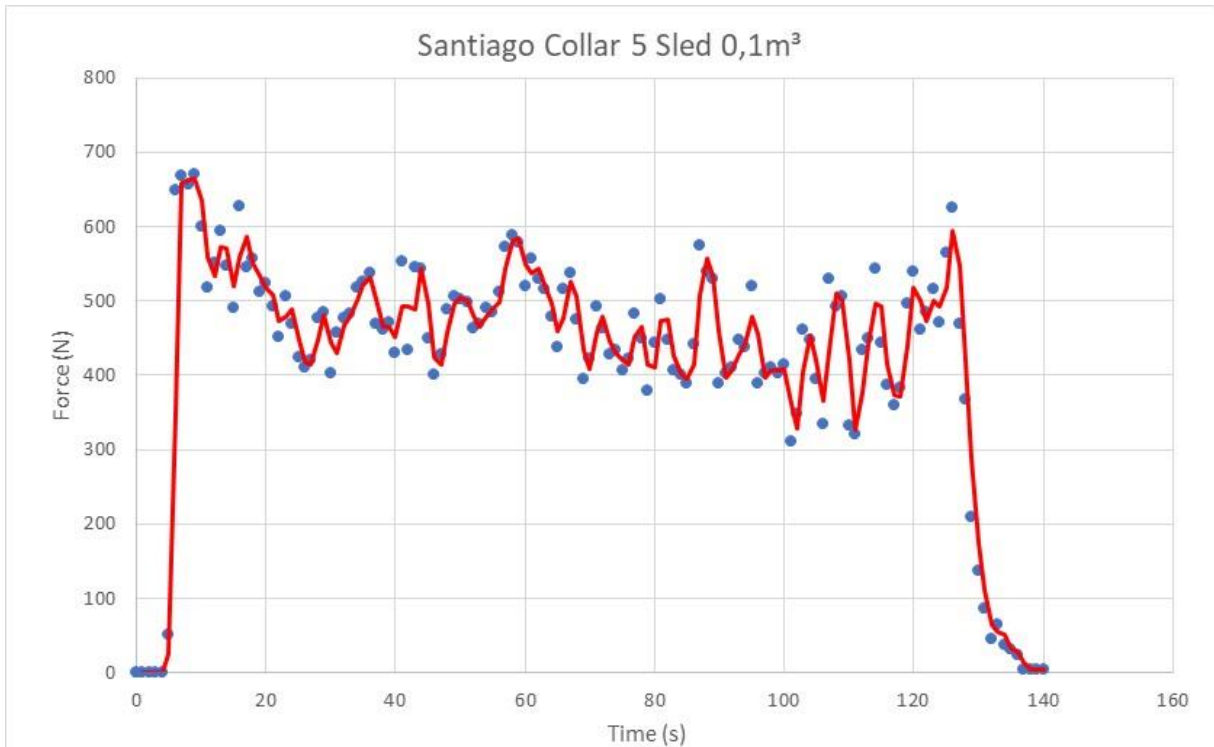
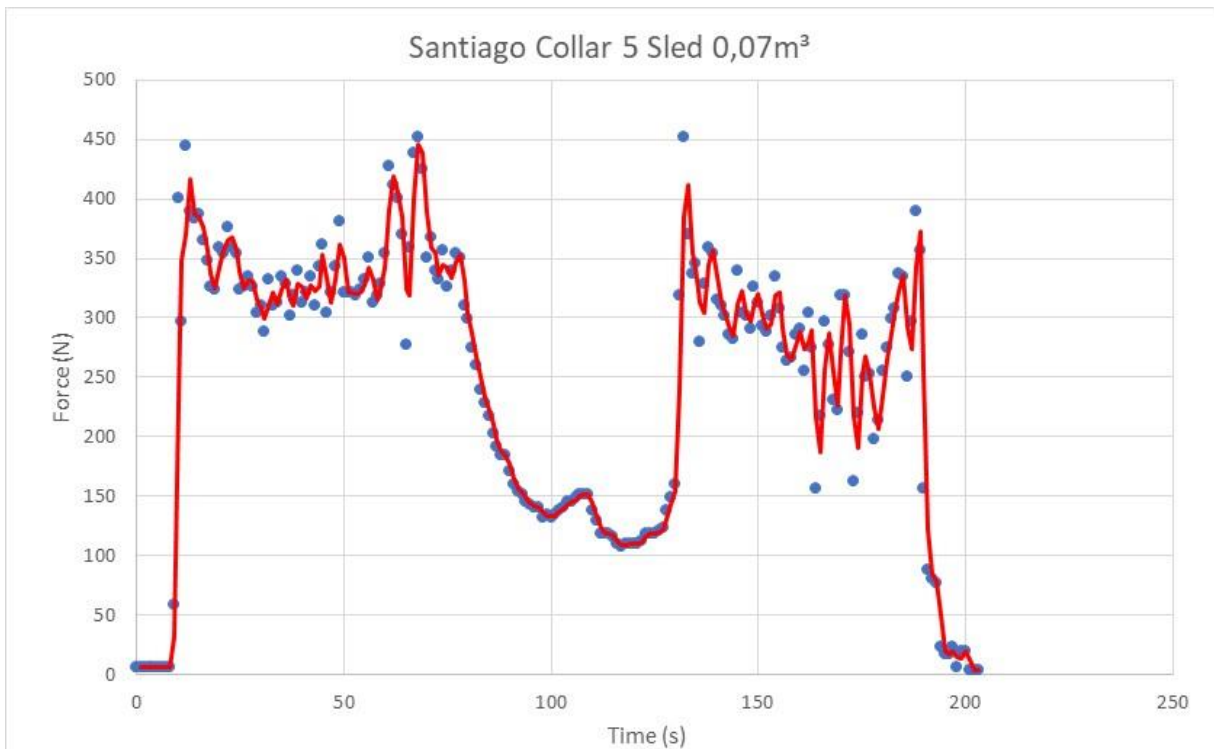
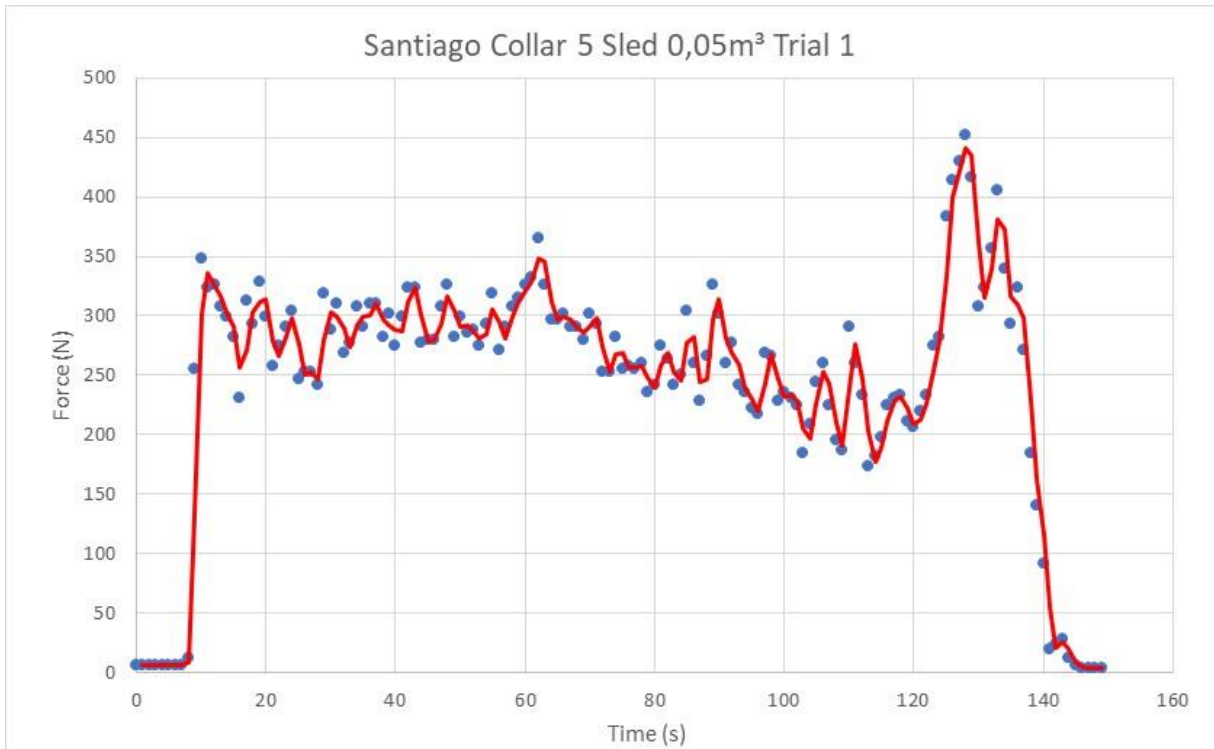
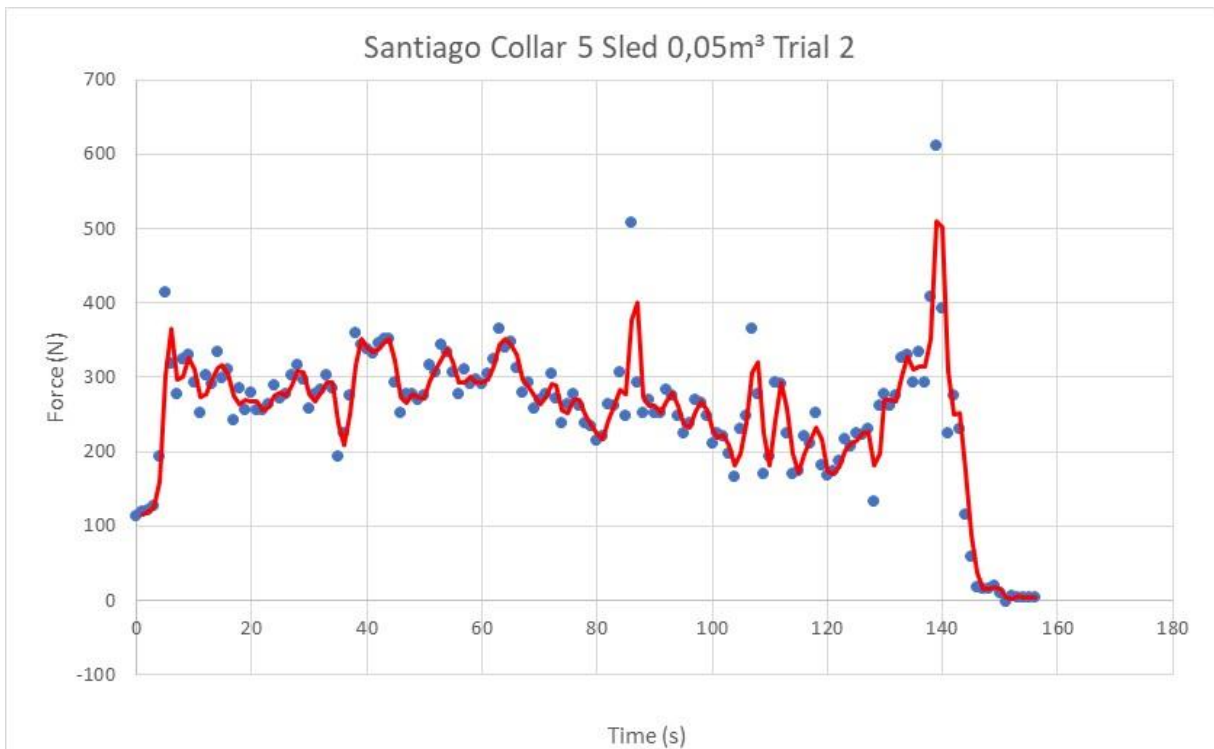


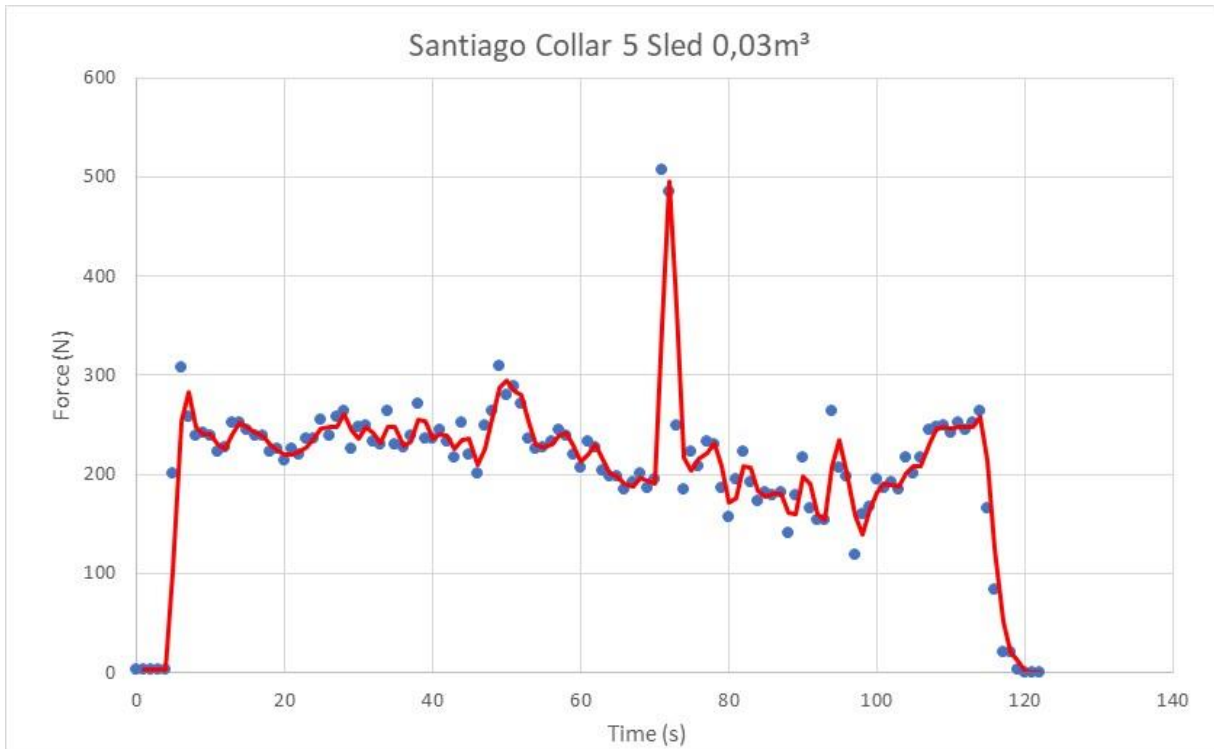
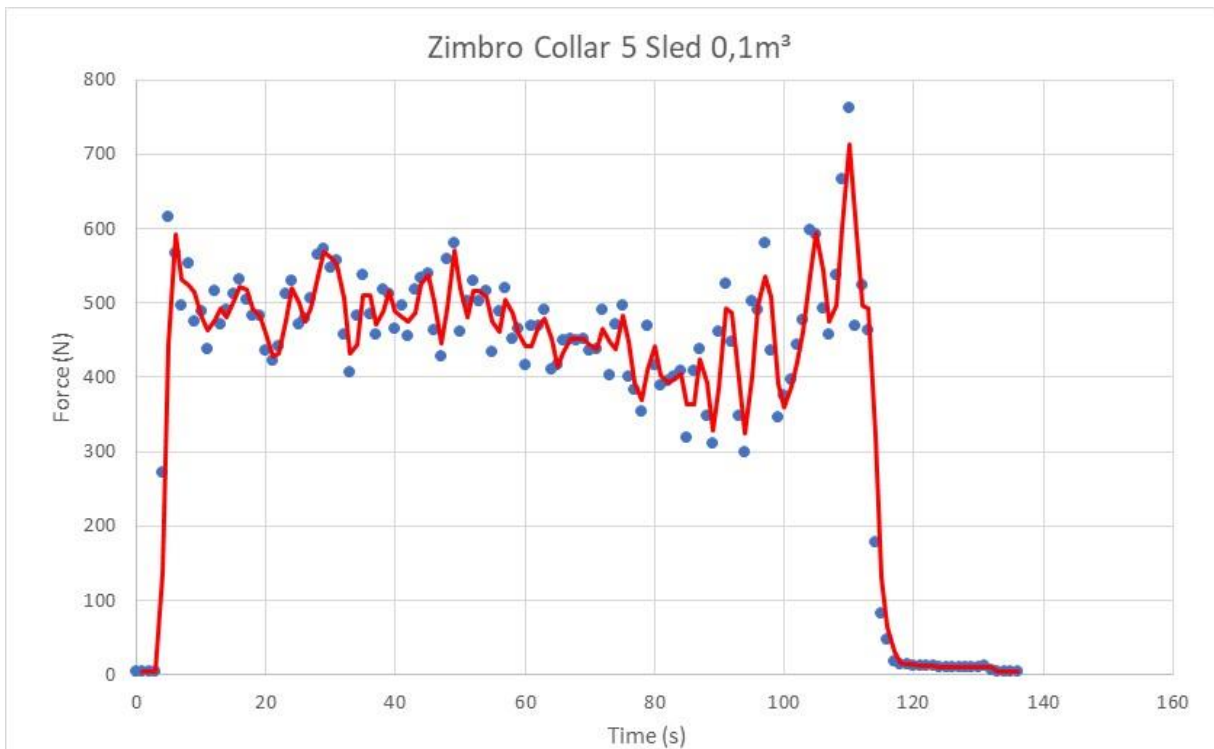
Gráfico 61 - Zimbro Collar 5 Direct Pull 0,1m³

Gráfico 62 - Zimbro Collar 5 Direct Pull 0,07m³Gráfico 63 - Zimbro Collar 5 Direct Pull 0,05m³ Trial 1

Gráfico 64 - Zimbro Collar 5 Direct Pull 0,05m³ Trial 2Gráfico 65 - Zimbro Collar 5 Direct Pull 0,03m³

Gráfico 66 - Santiago Collar 5 Sled 0,1m³Gráfico 67 - Santiago Collar 5 Sled 0,07m³

Gráfico 68 - Santiago Collar 5 Sled 0,05m³ Trial 1Gráfico 69 - Santiago Collar 5 Sled 0,05m³ Trial 2

Gráfico 70 - Santiago Collar 5 Sled 0,03m³Gráfico 71 - Zimbro Collar 5 Sled 0,1m³

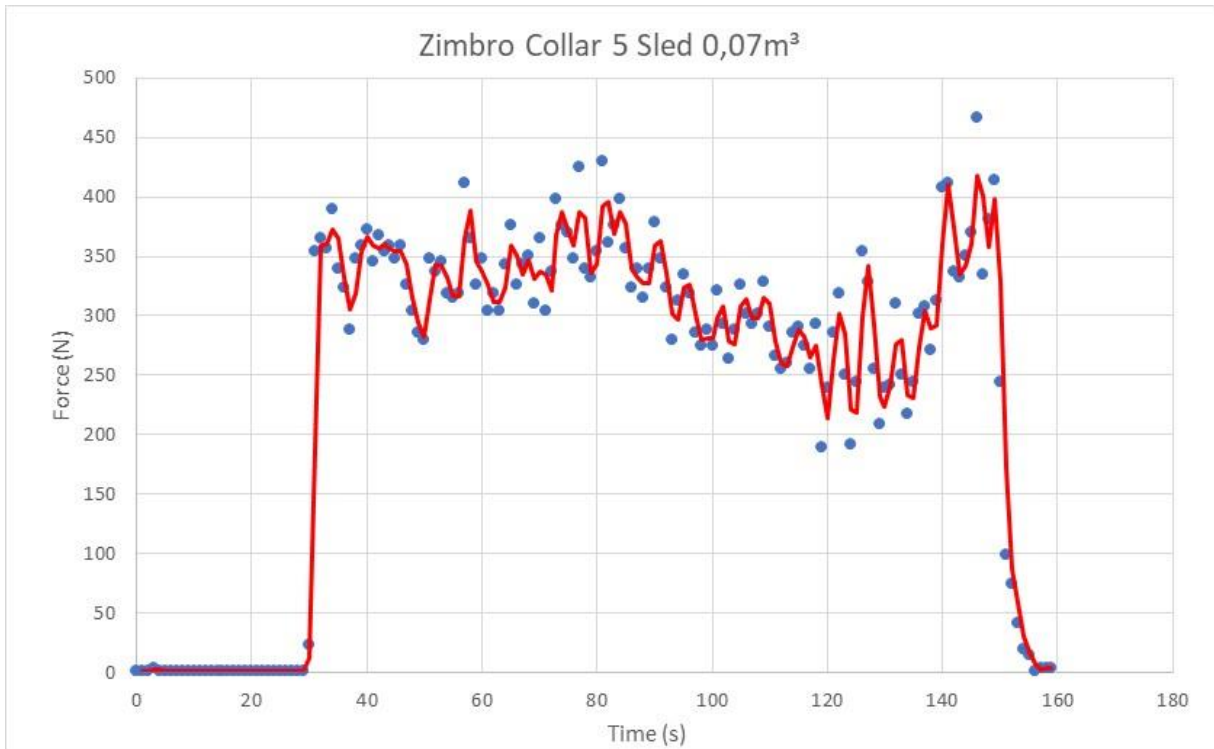


Gráfico 72 - Zimbro Collar 5 Sled 0,07m³

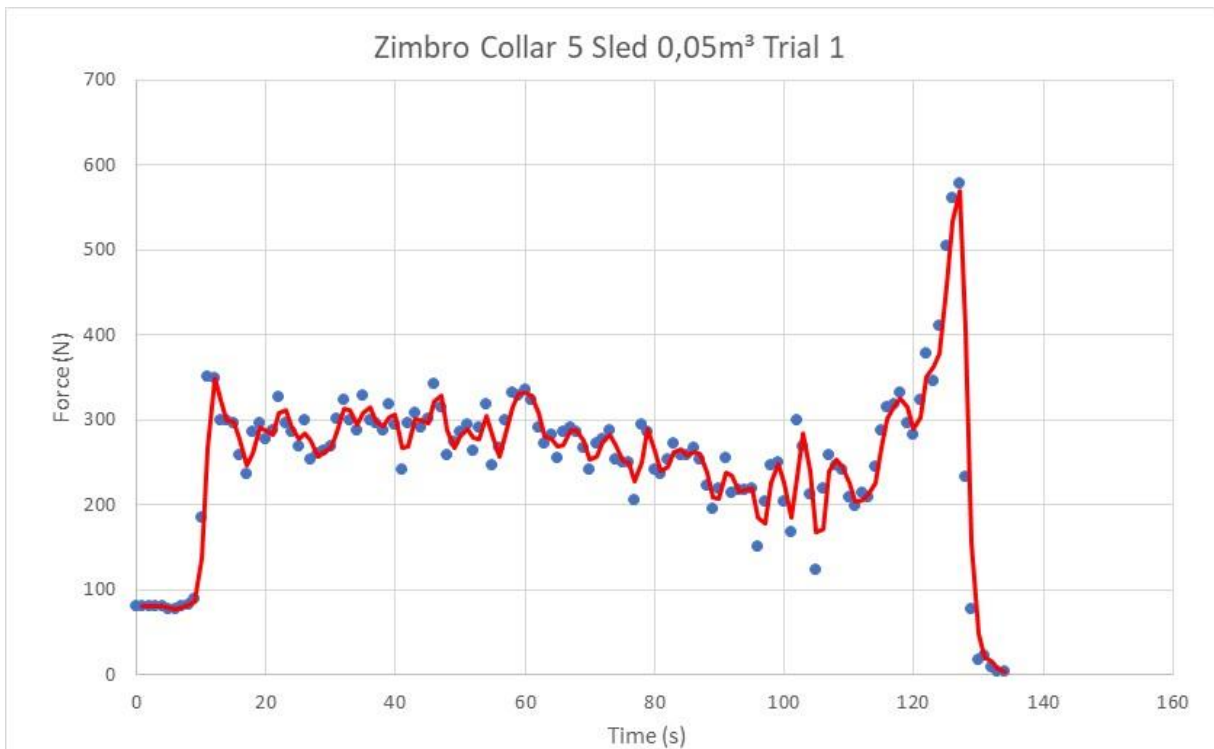
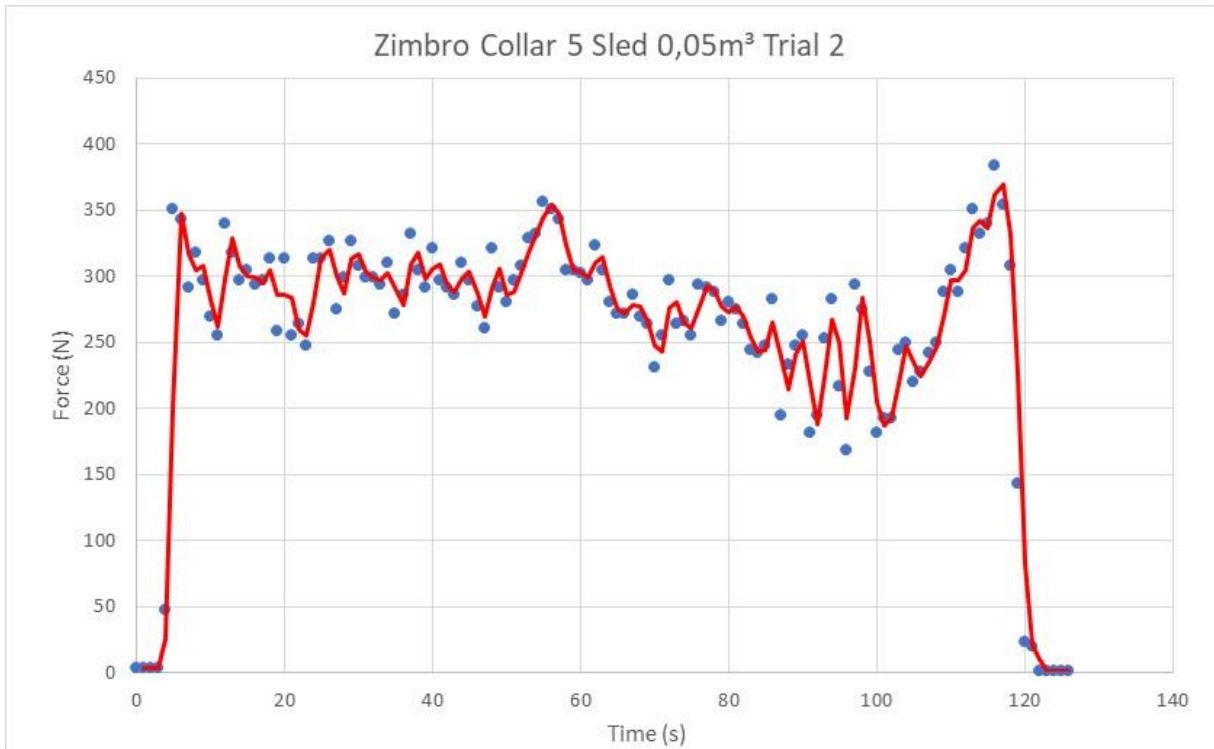
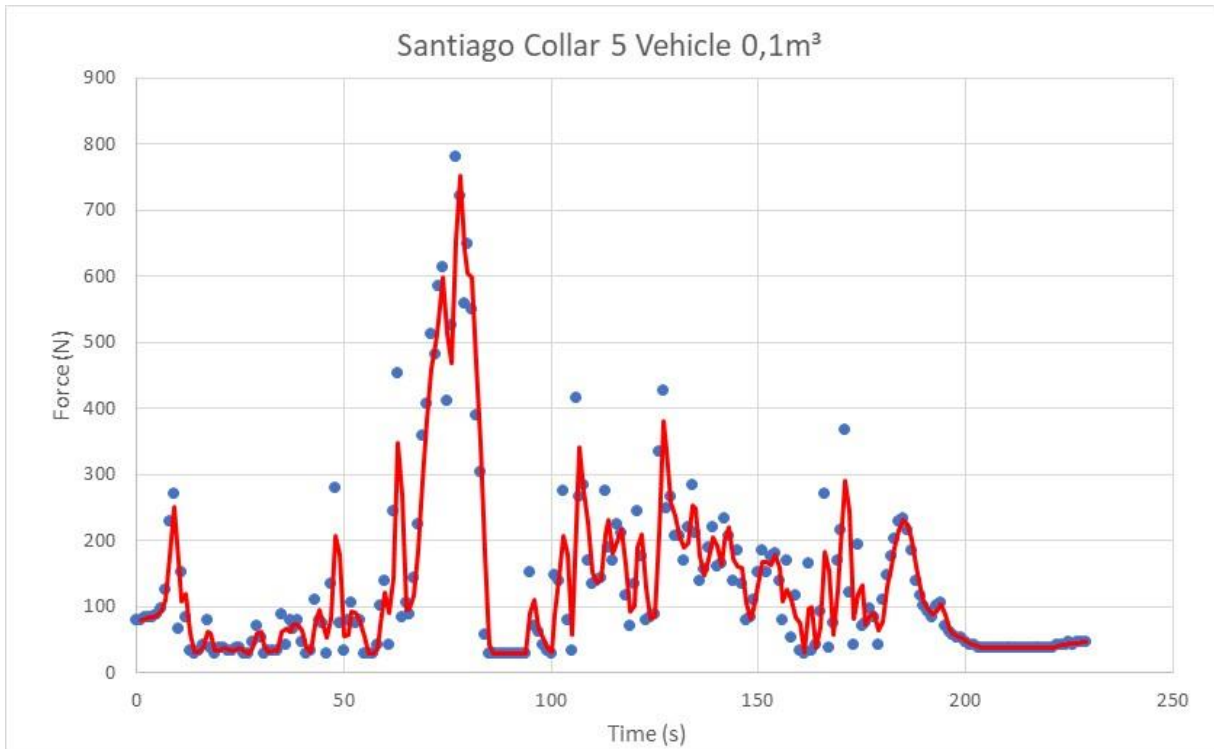
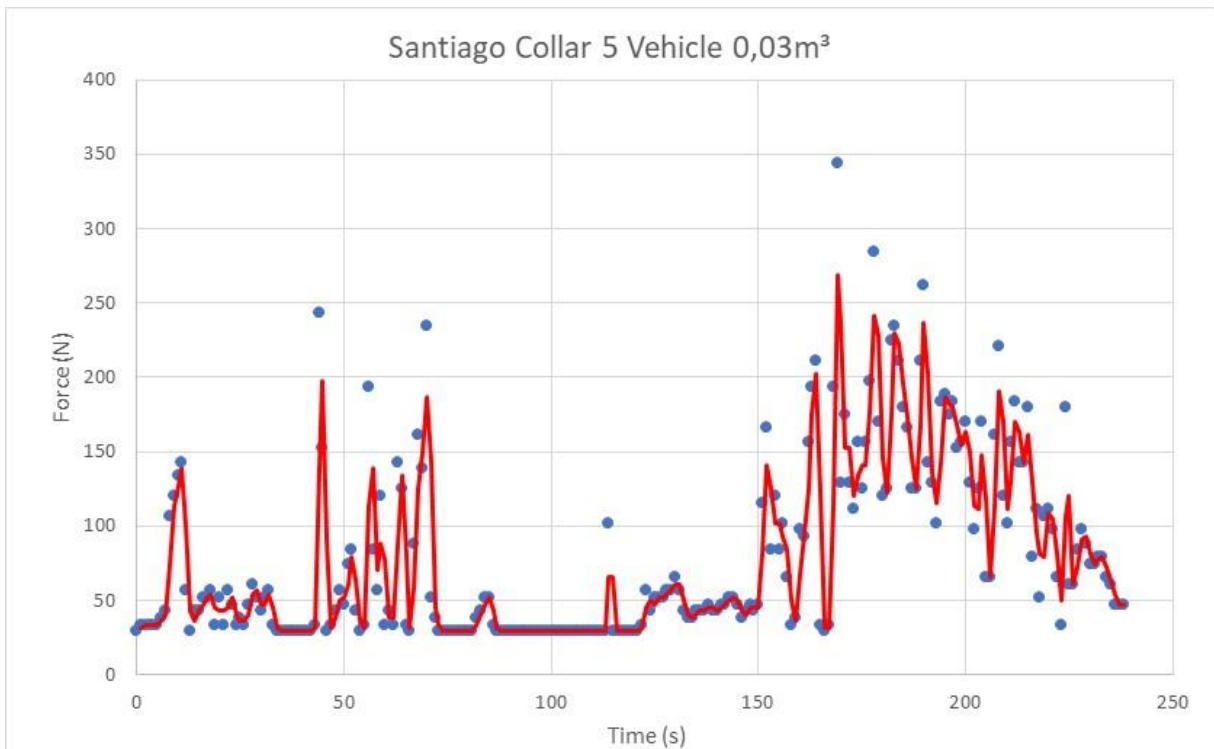
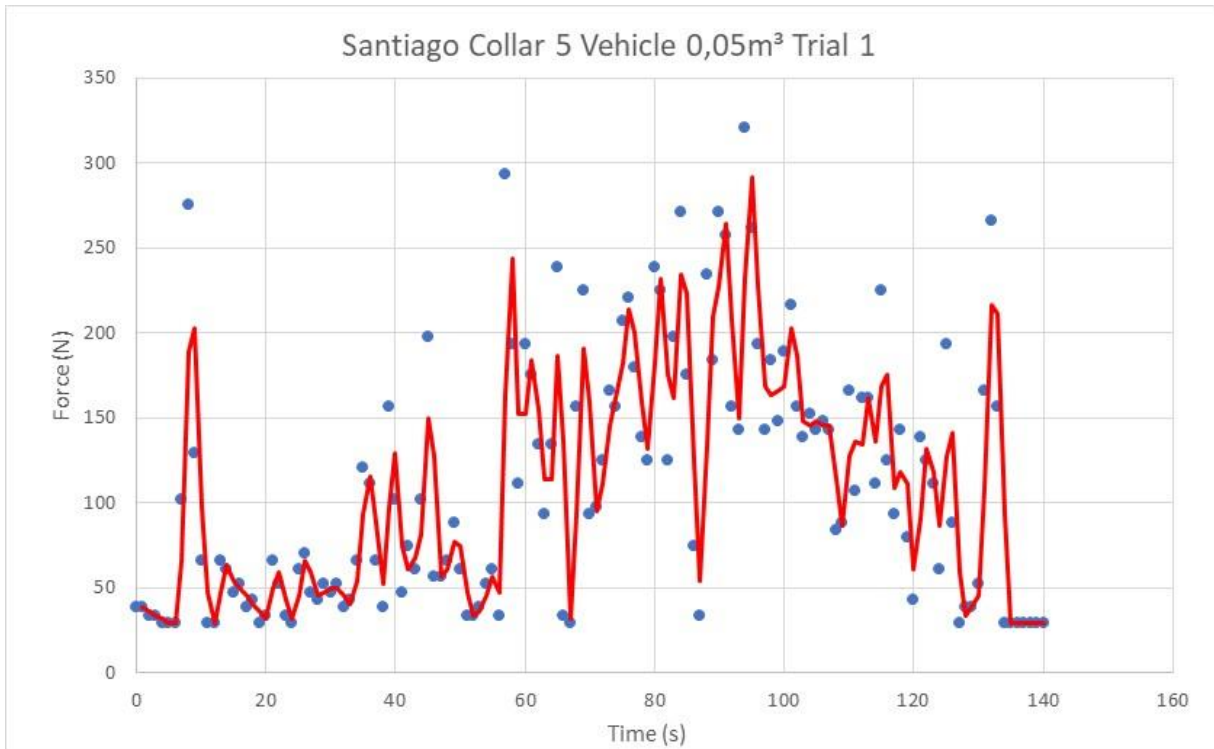
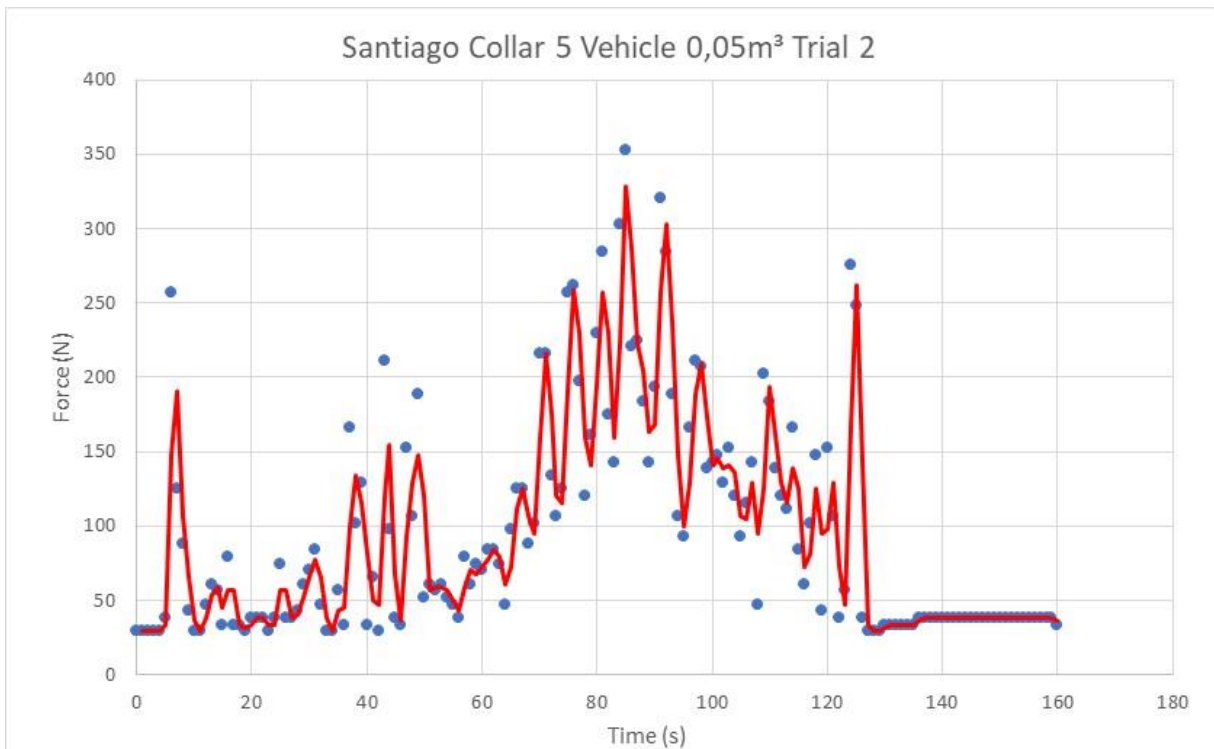


Gráfico 73 - Zimbro Collar 5 Sled 0,05m³ Trial 1

Gráfico 74 - Zimbro Collar 5 Sled 0,05m³ Trial 2Gráfico 75 - Zimbro Collar 5 Sled 0,03m³

Gráfico 76- Santiago Collar 5 Vehicle 0,1m³Gráfico 77 - Santiago Collar 5 Vehicle 0,03m³

Gráfico 78 - Santiago Collar 5 Vehicle 0,05m³ Trial 1Gráfico 79 - Santiago Collar 5 Vehicle 0,05m³ Trial 2

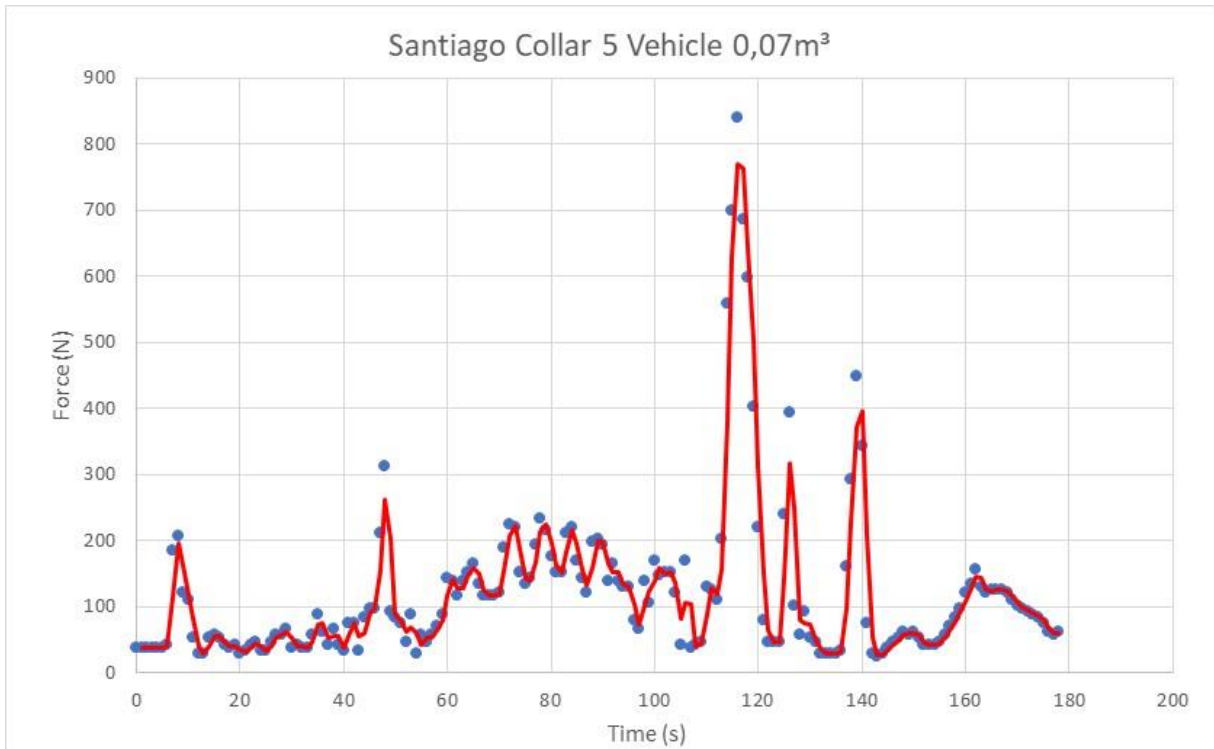
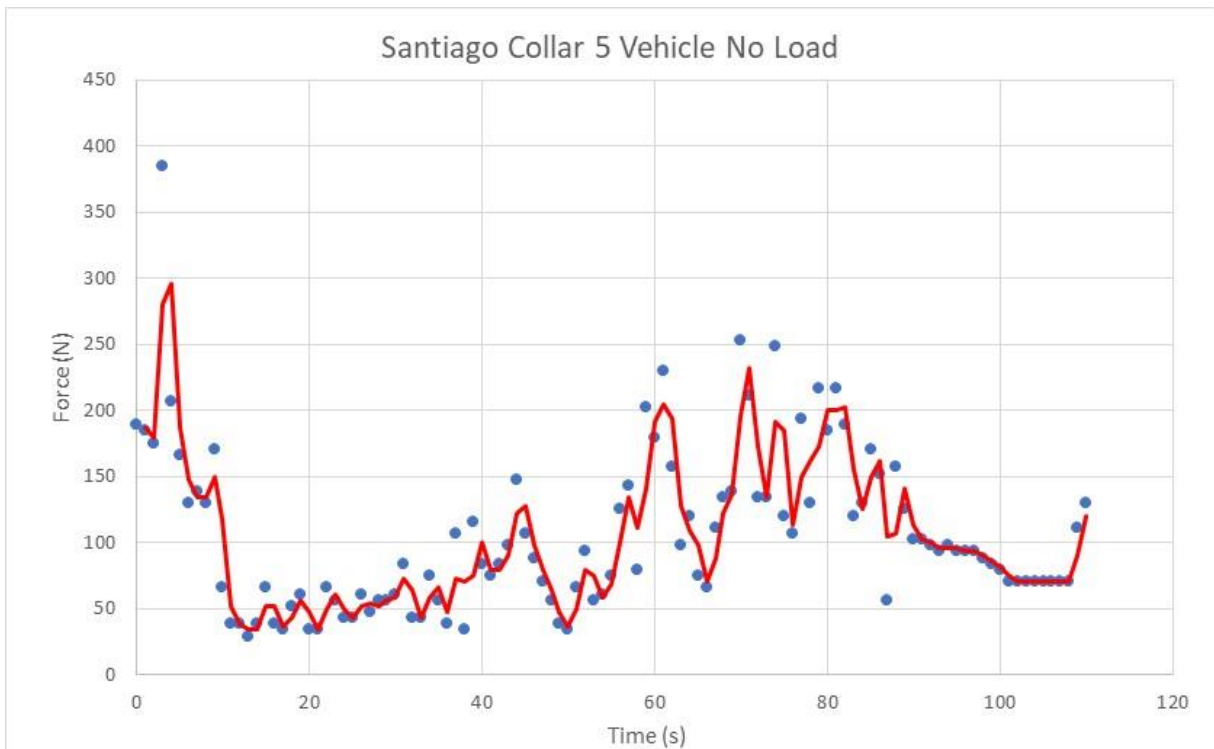
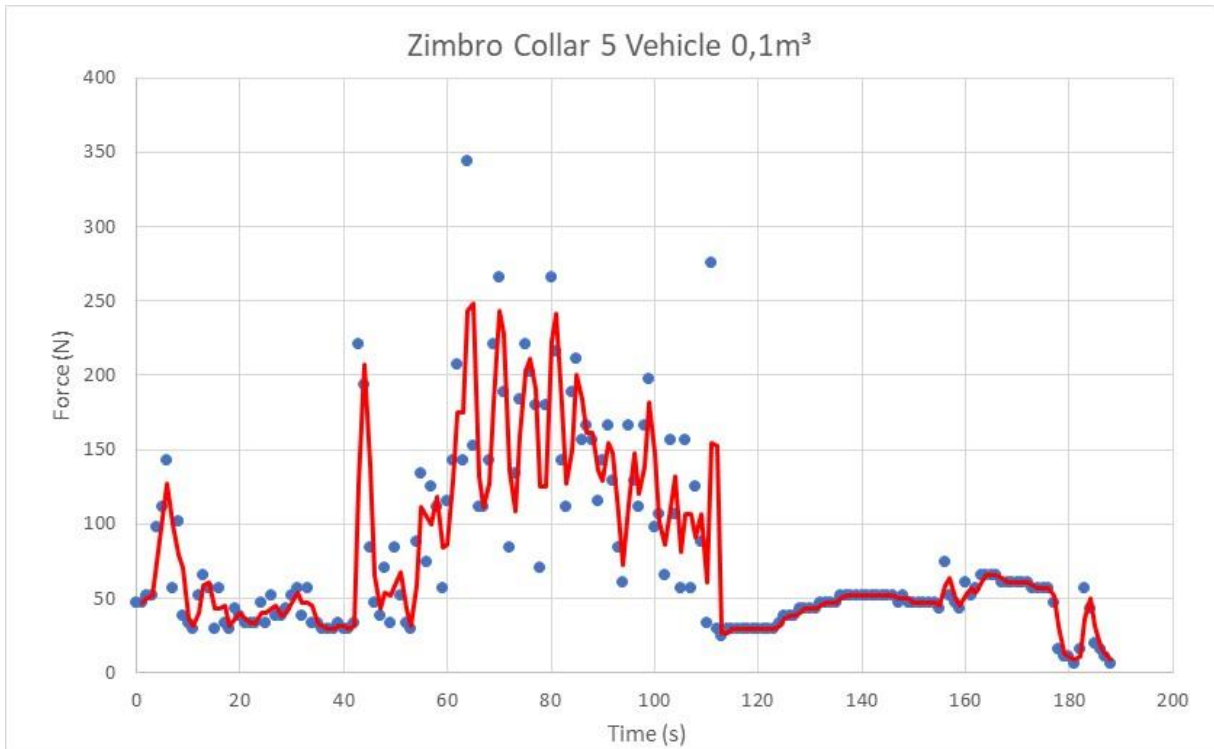
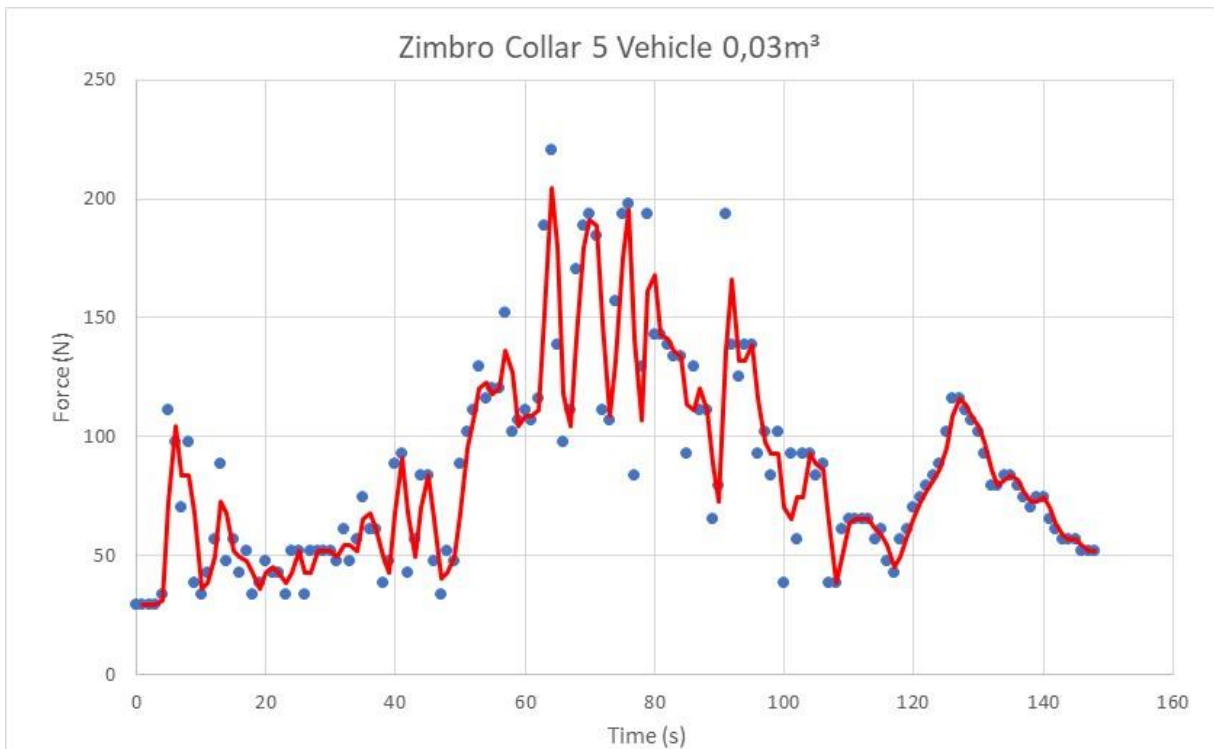
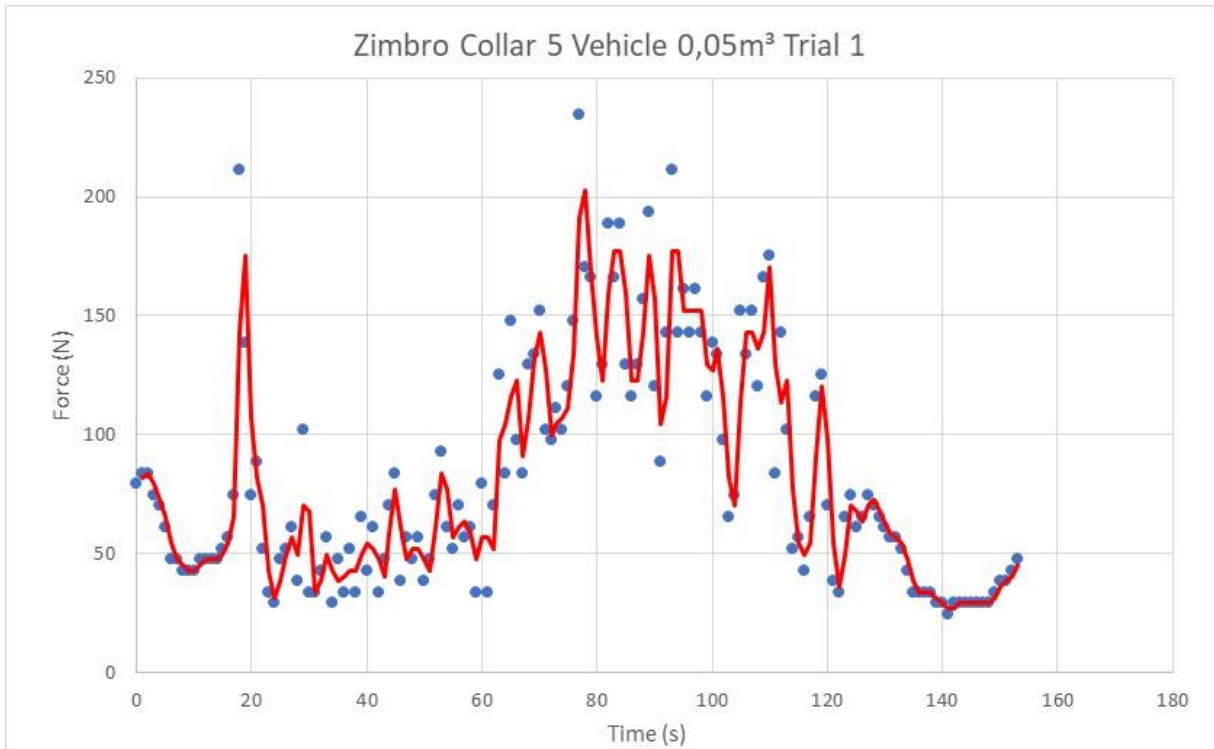
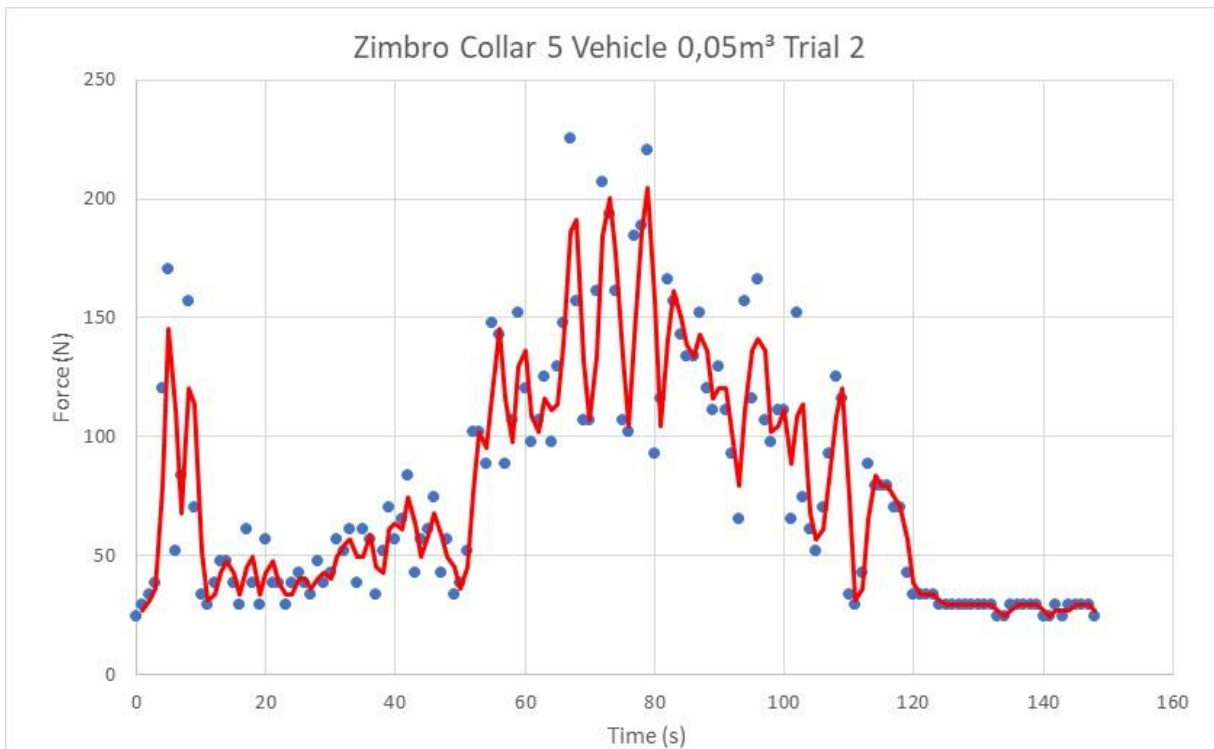
Gráfico 80 - Santiago Collar 5 Vehicle 0,07m³

Gráfico 81 - Santiago Collar 5 Vehicle No Load

Gráfico 82 - Zimbro Collar 5 Vehicle 0,1m³Gráfico 83 - Zimbro Collar 5 Vehicle 0,03m³

Gráfico 84 - Zimbro Collar 5 Vehicle 0,05m³ Trial 1Gráfico 85 - Zimbro Collar 5 Vehicle 0,05m³ Trial 2

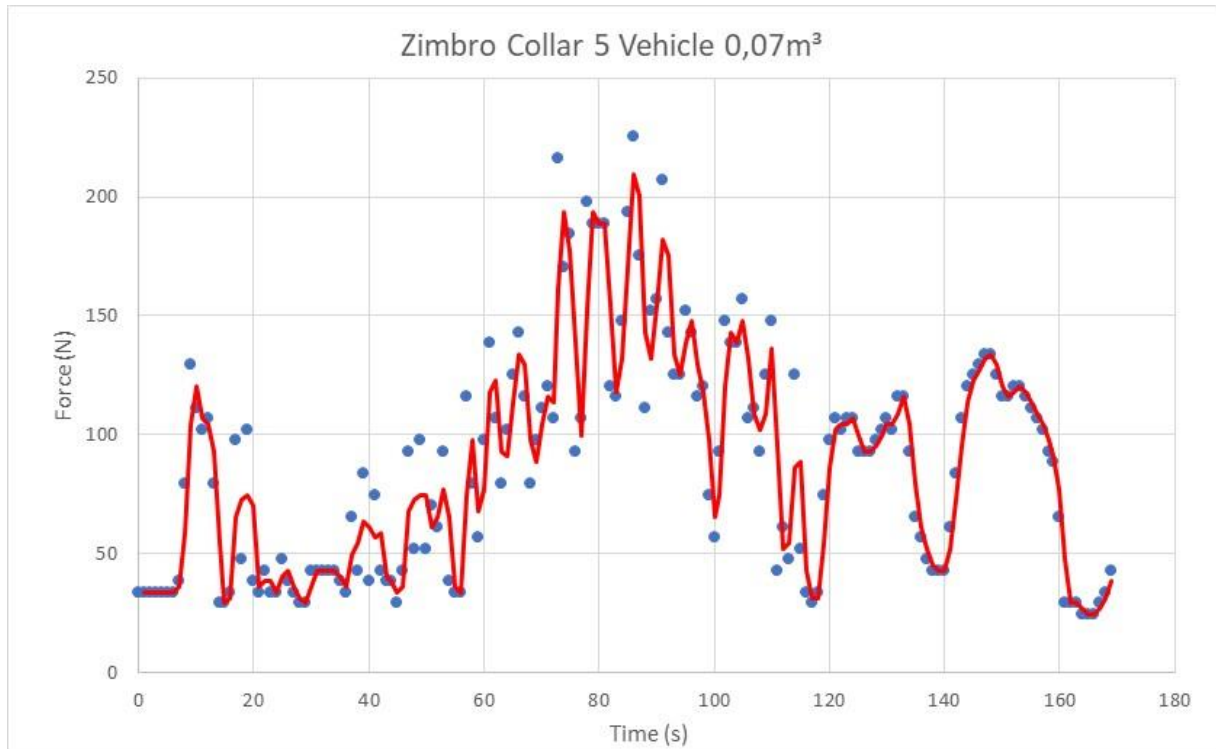
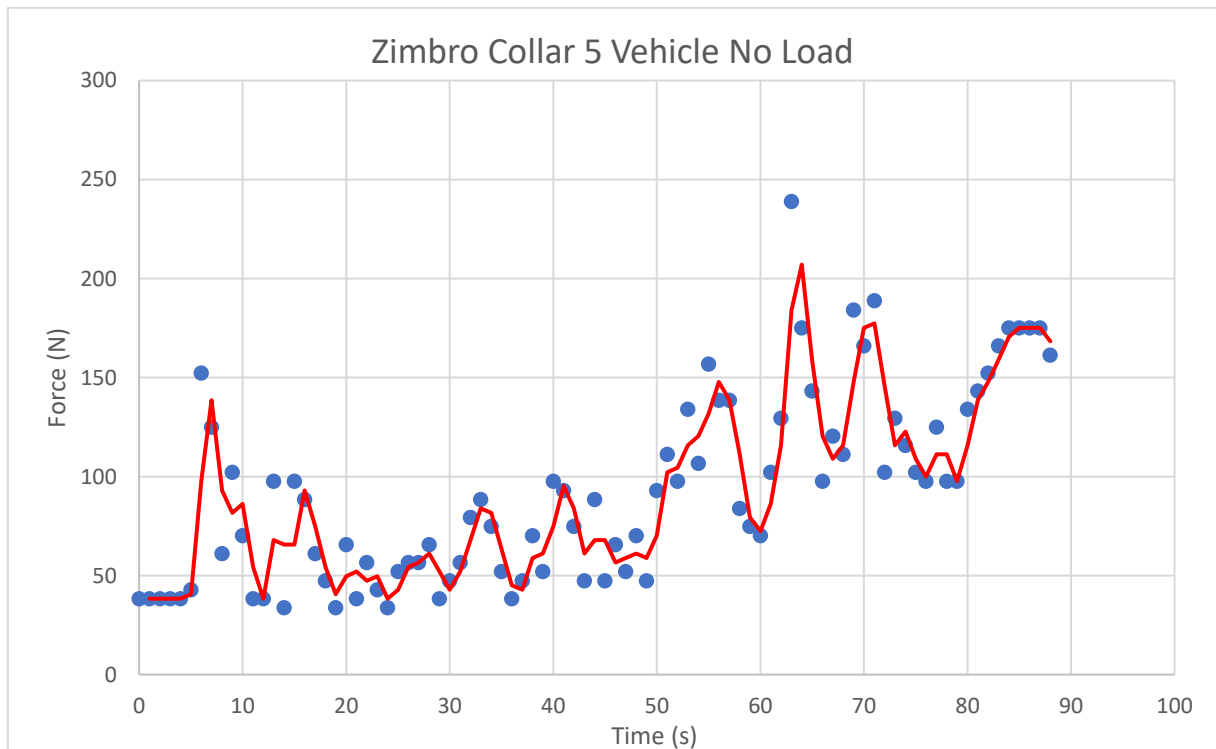
Gráfico 86 - Zimbro Collar 5 Vehicle 0,07m³

Gráfico 87 - Zimbro Collar 5 Vehicle No Load

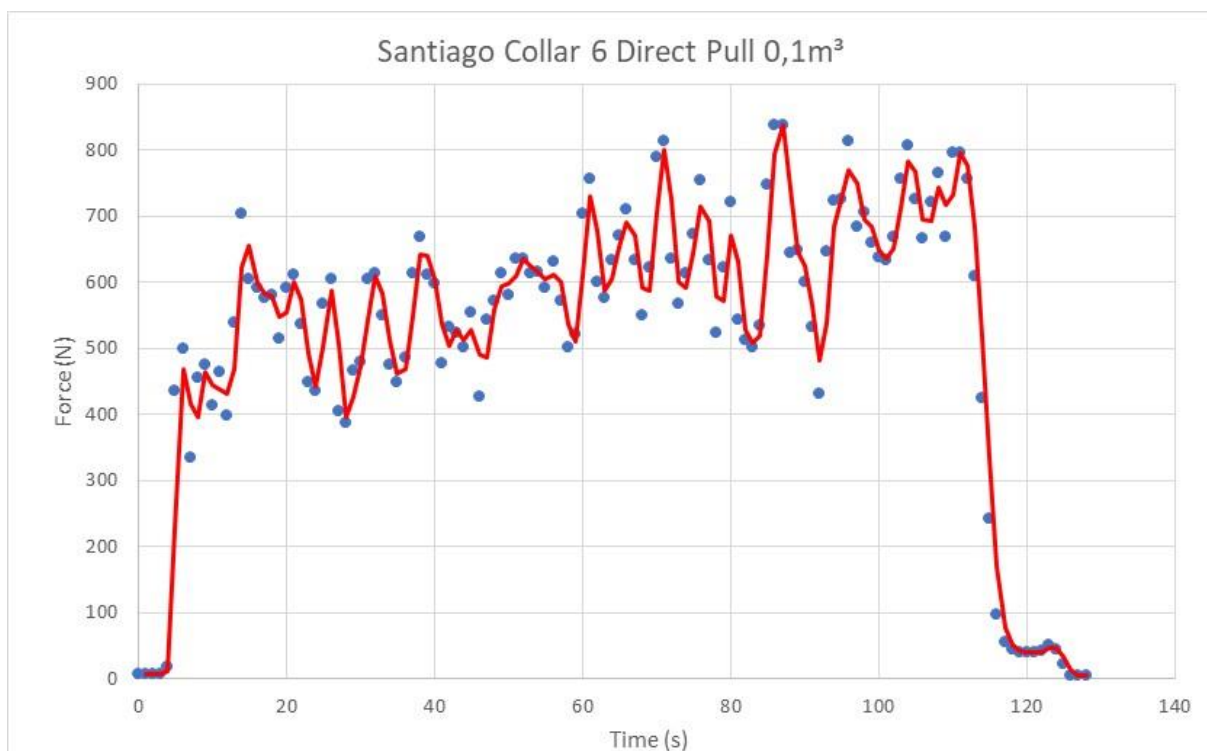
Anexo XVIII – Gráficos dinamômetro testes na Galiza para Collar 6

Gráfico 88 - Santiago Collar 6 Direct Pull 0,1m³

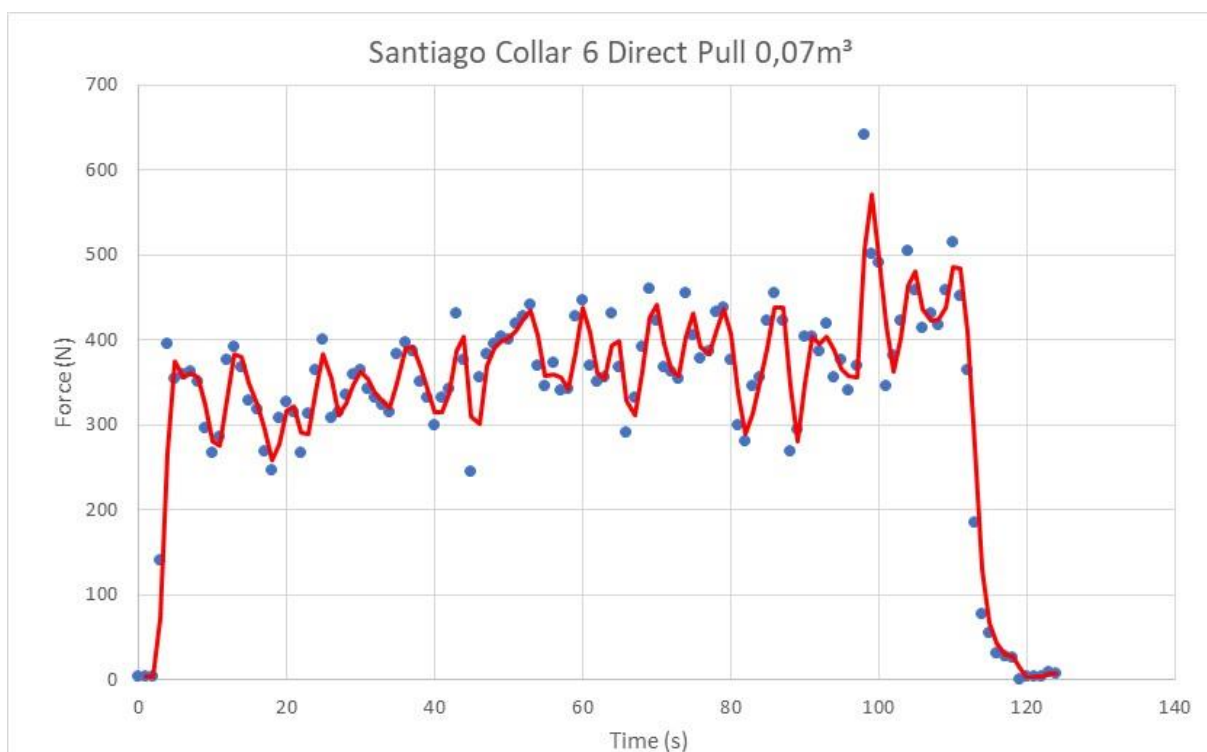
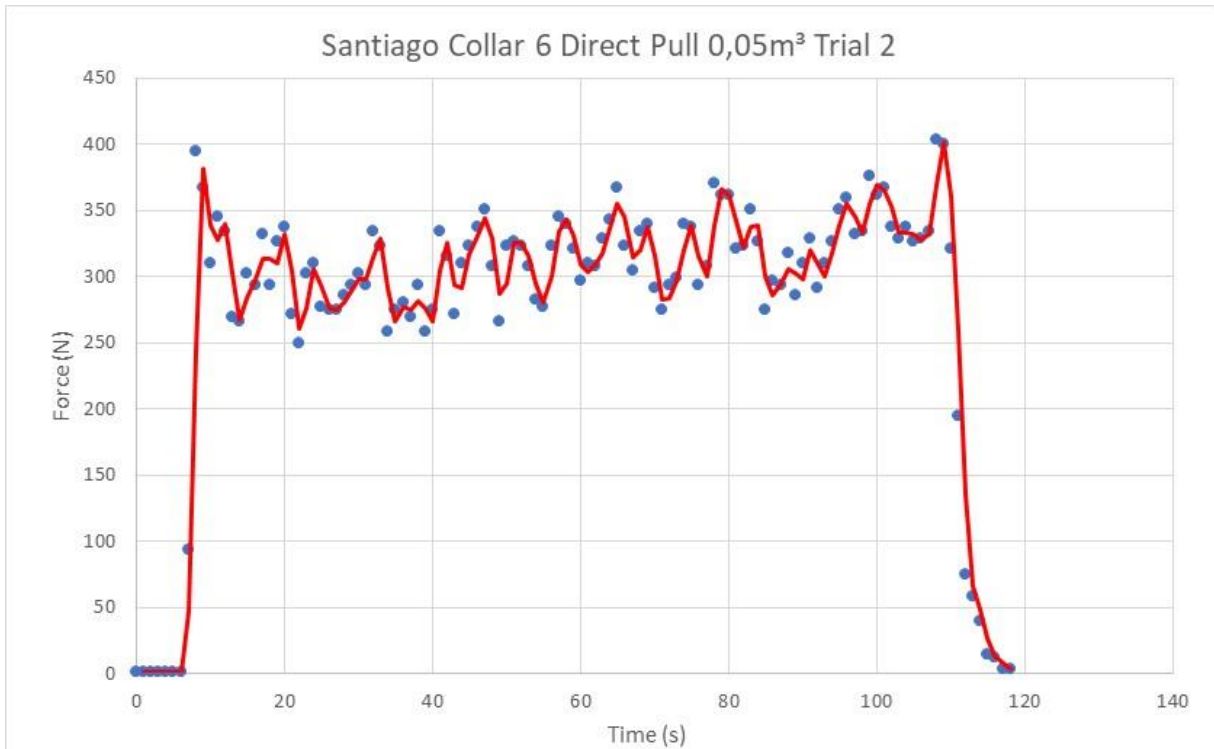
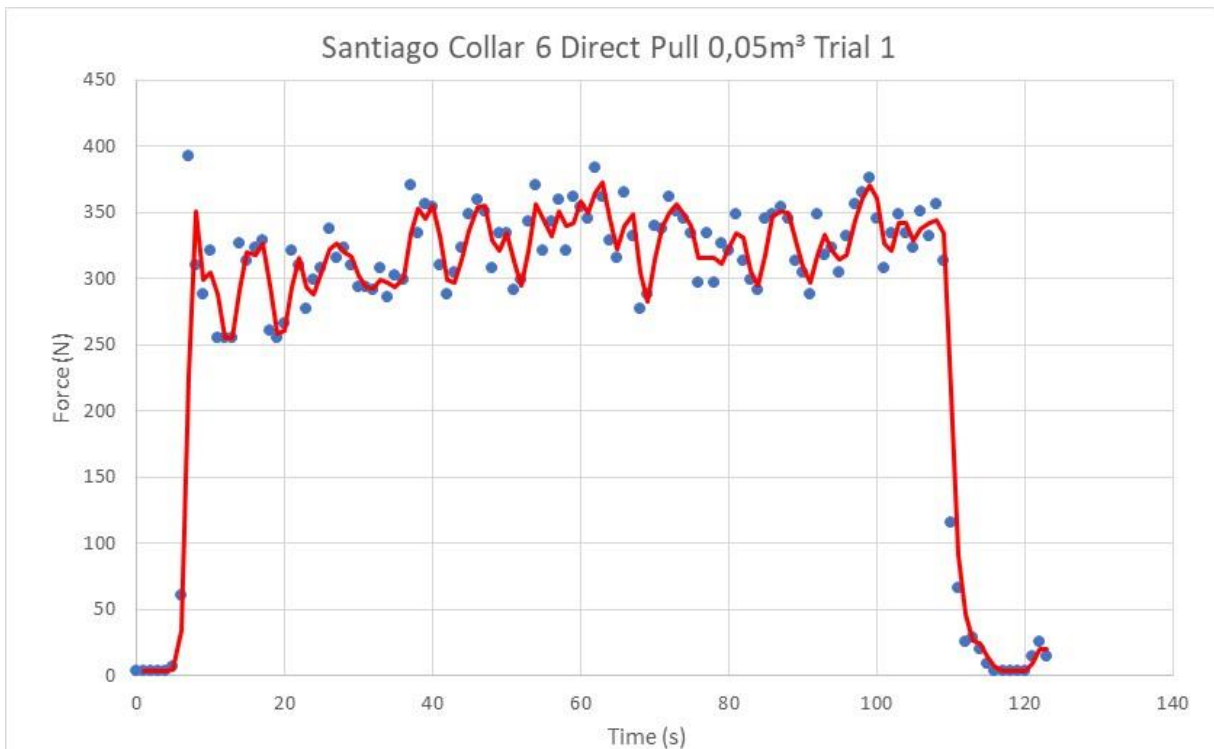


Gráfico 89 - Santiago Collar 6 Direct Pull 0,07m³

Gráfico 90 - Santiago Collar 6 Direct Pull 0,05m³ Trial 2Gráfico 91 - Santiago Collar 6 Direct Pull 0,05m³ Trial 1

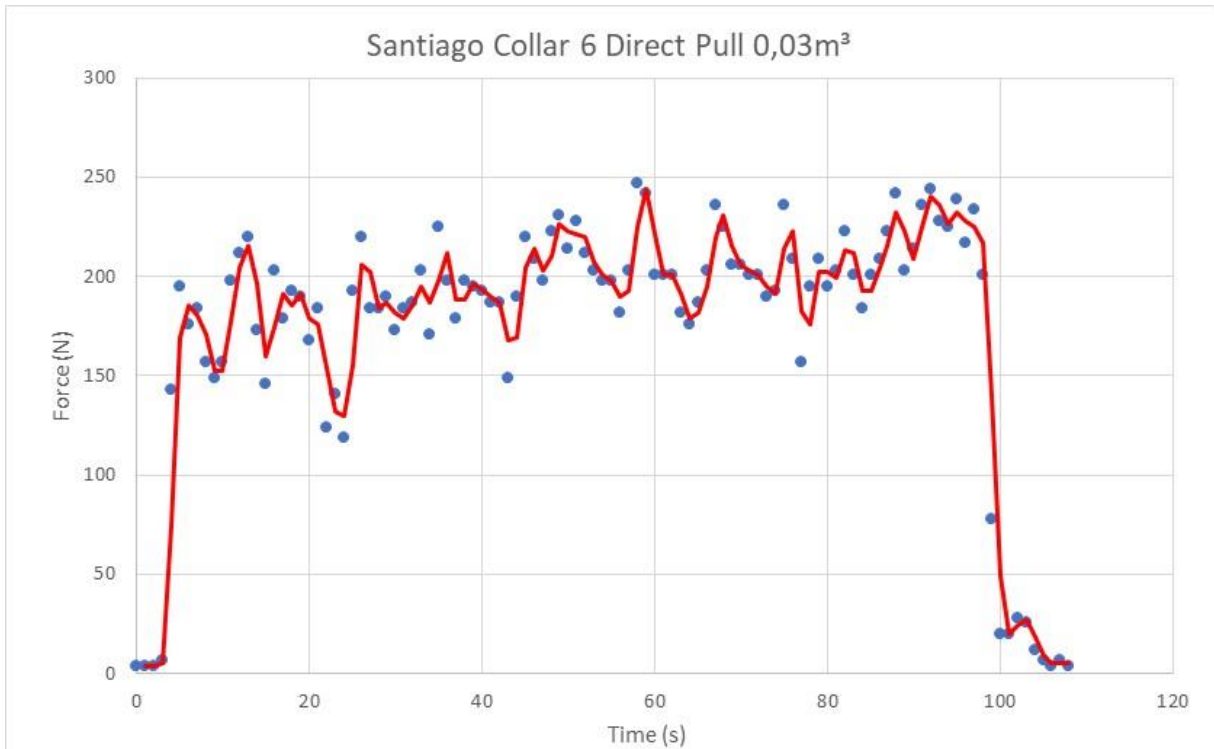


Gráfico 92 - Santiago Collar 6 Direct Pull 0,03m³

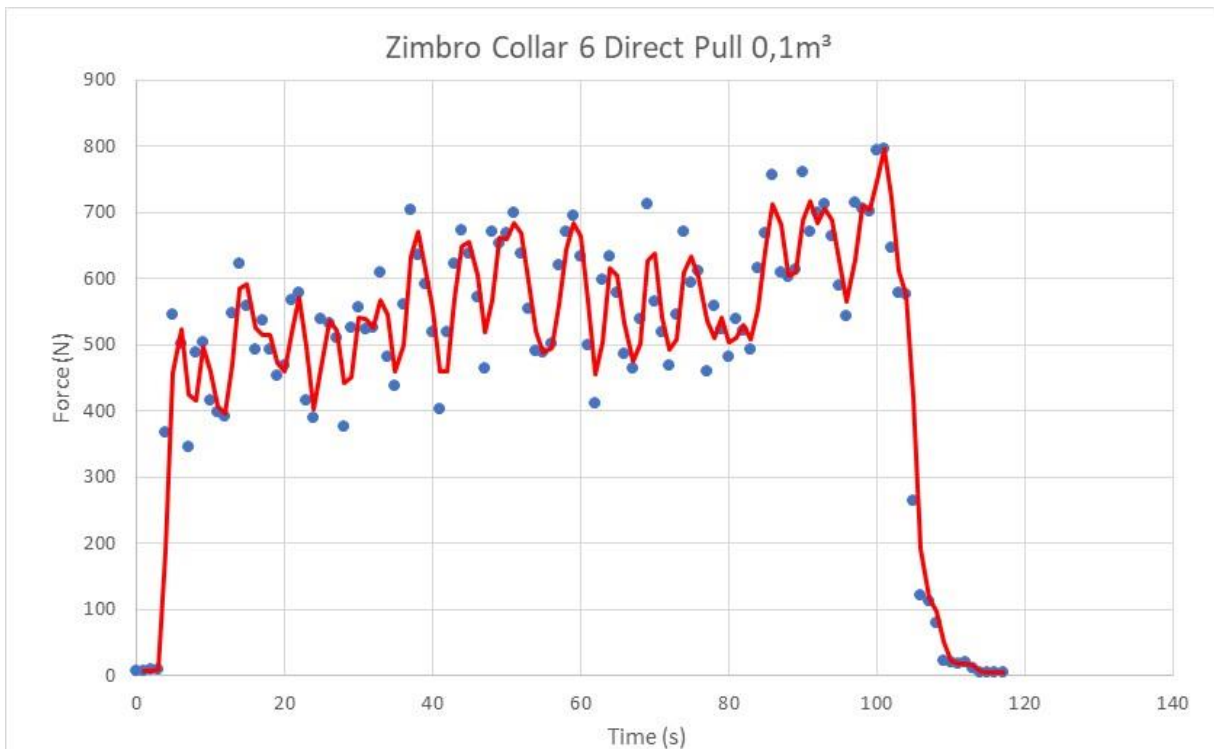
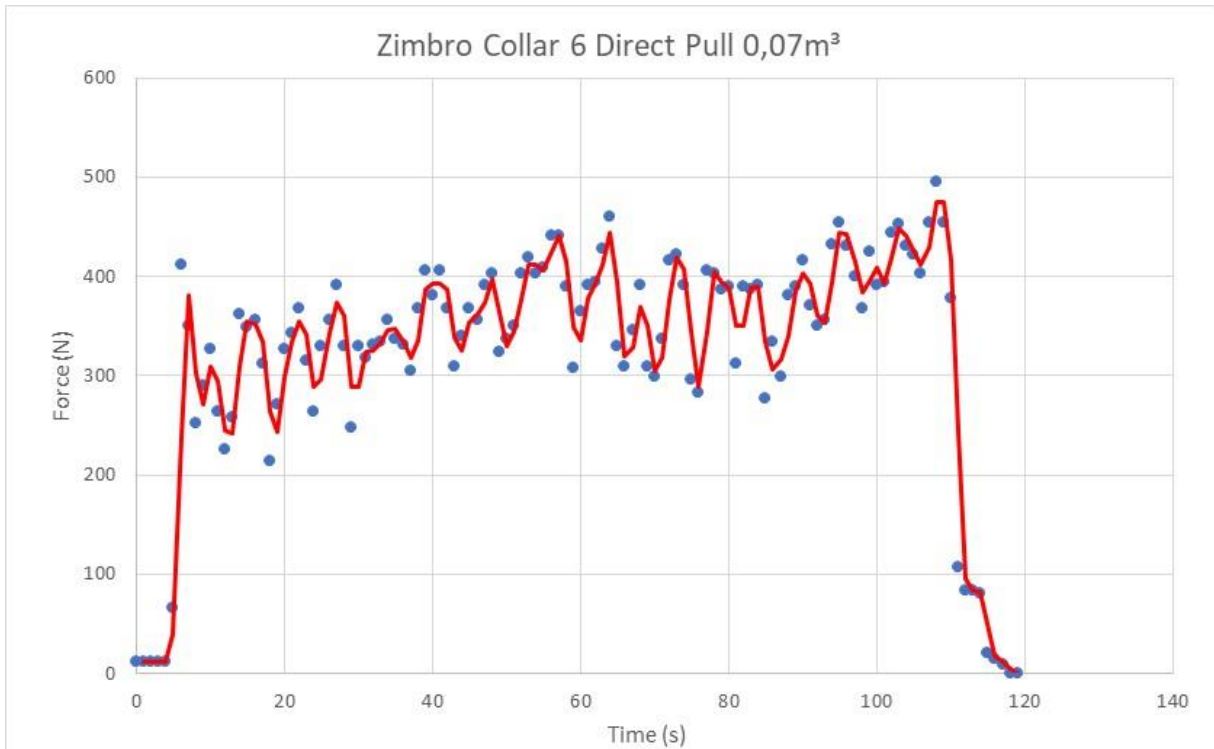
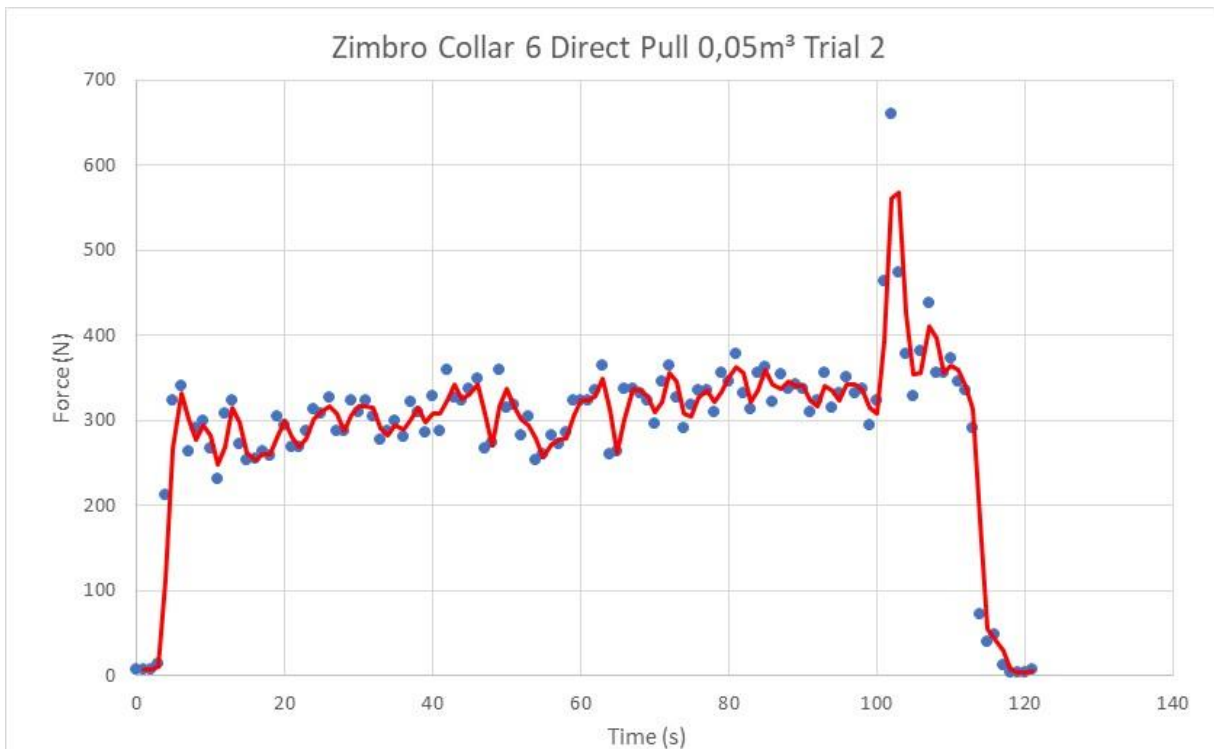
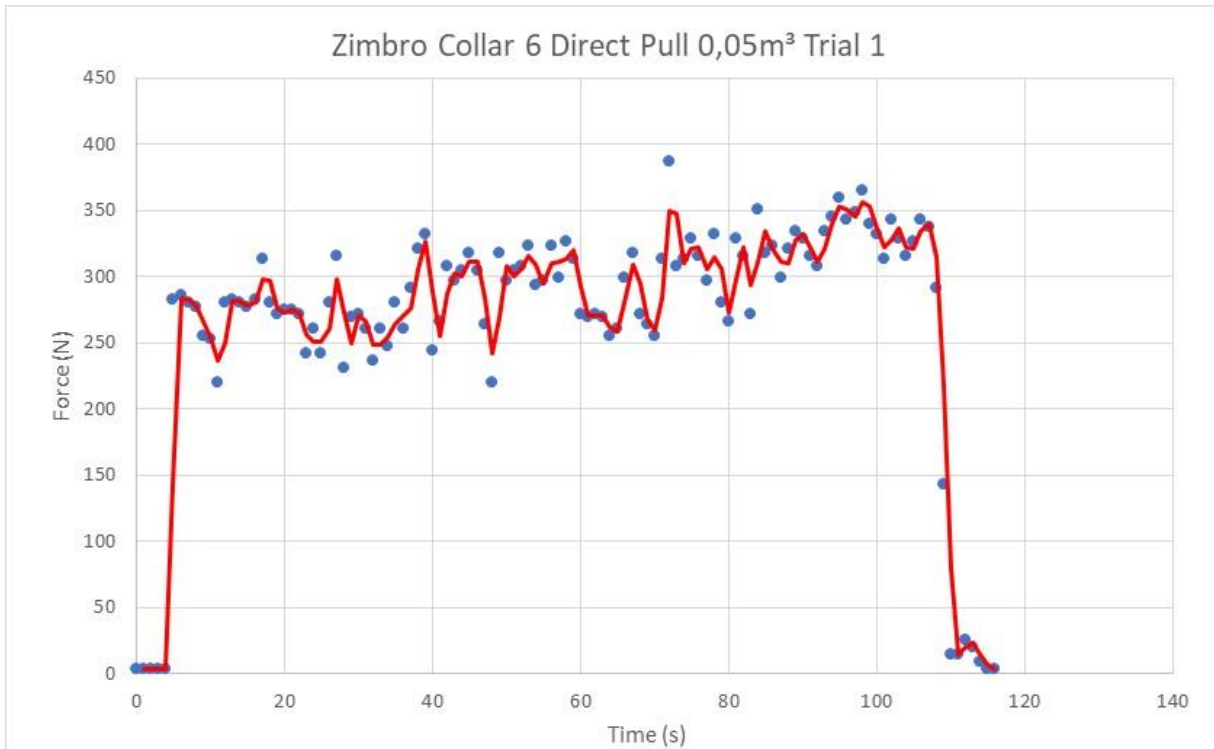
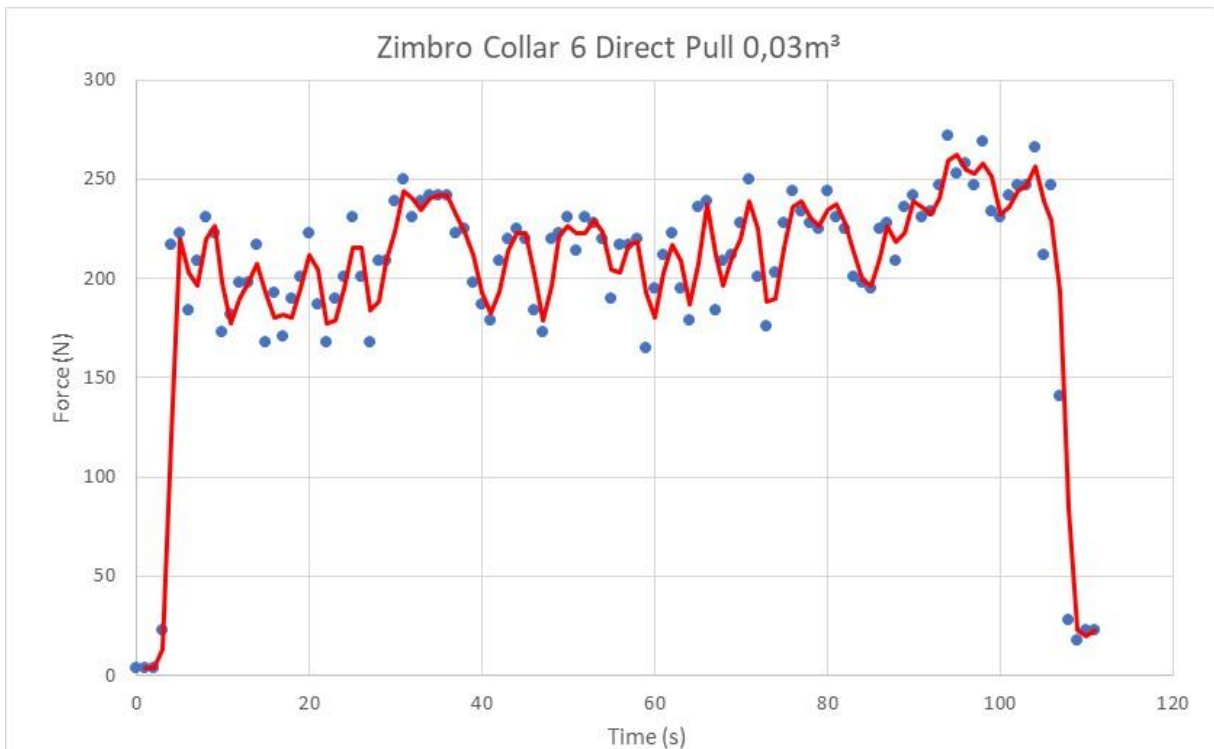
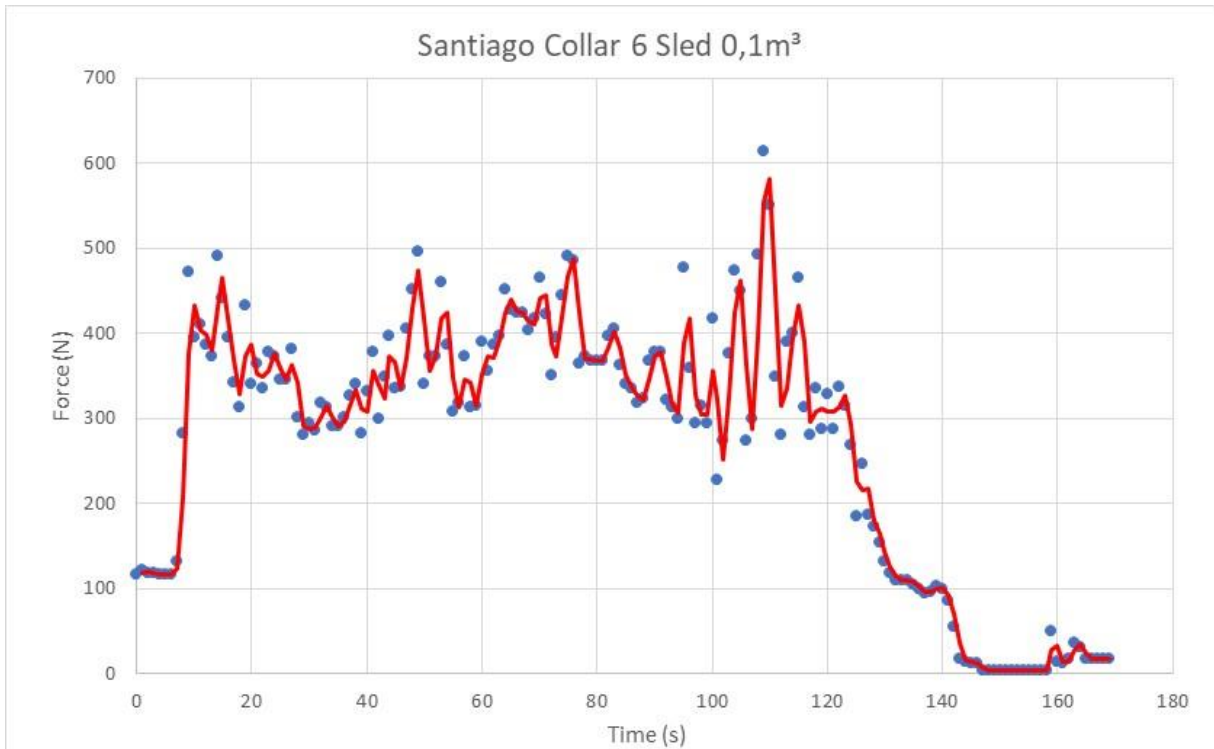
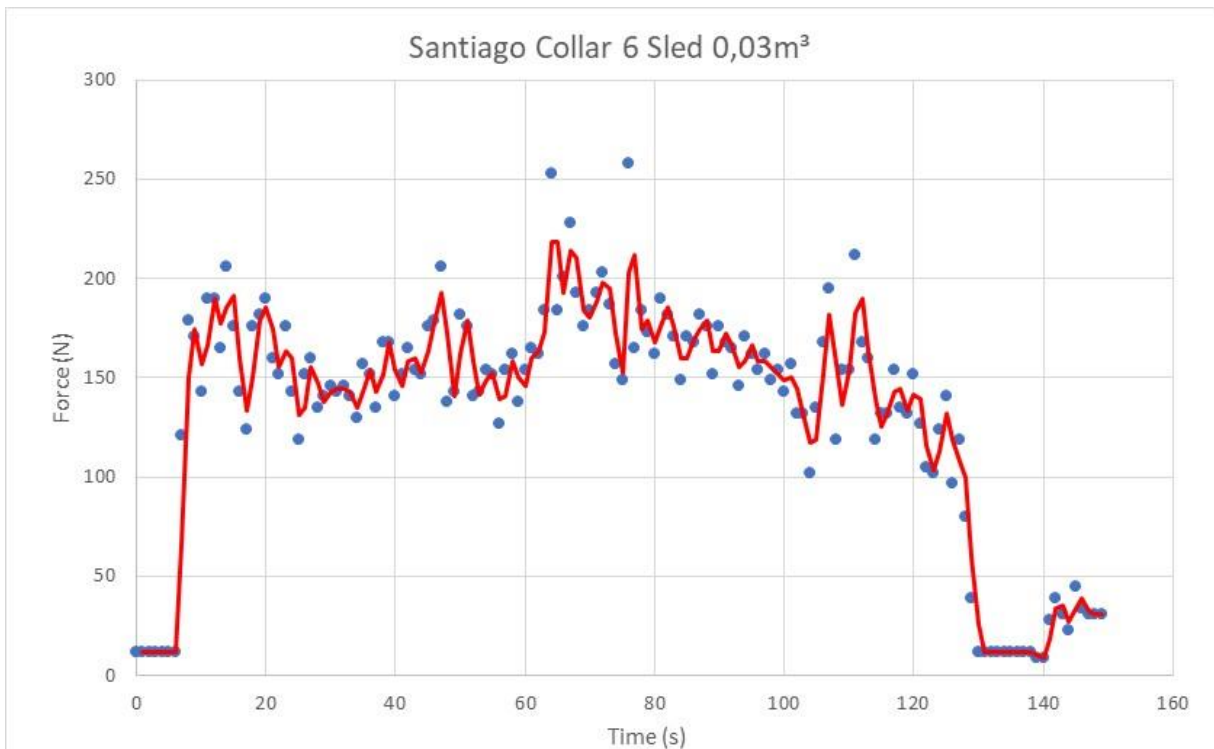
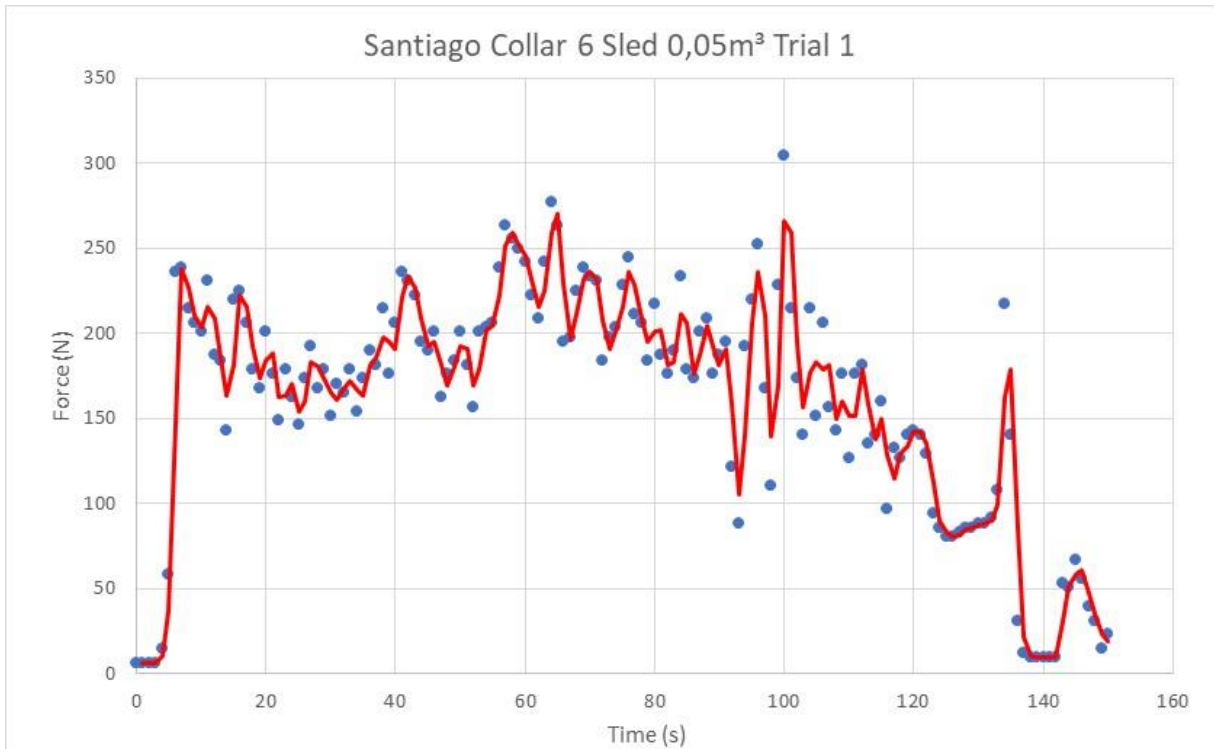
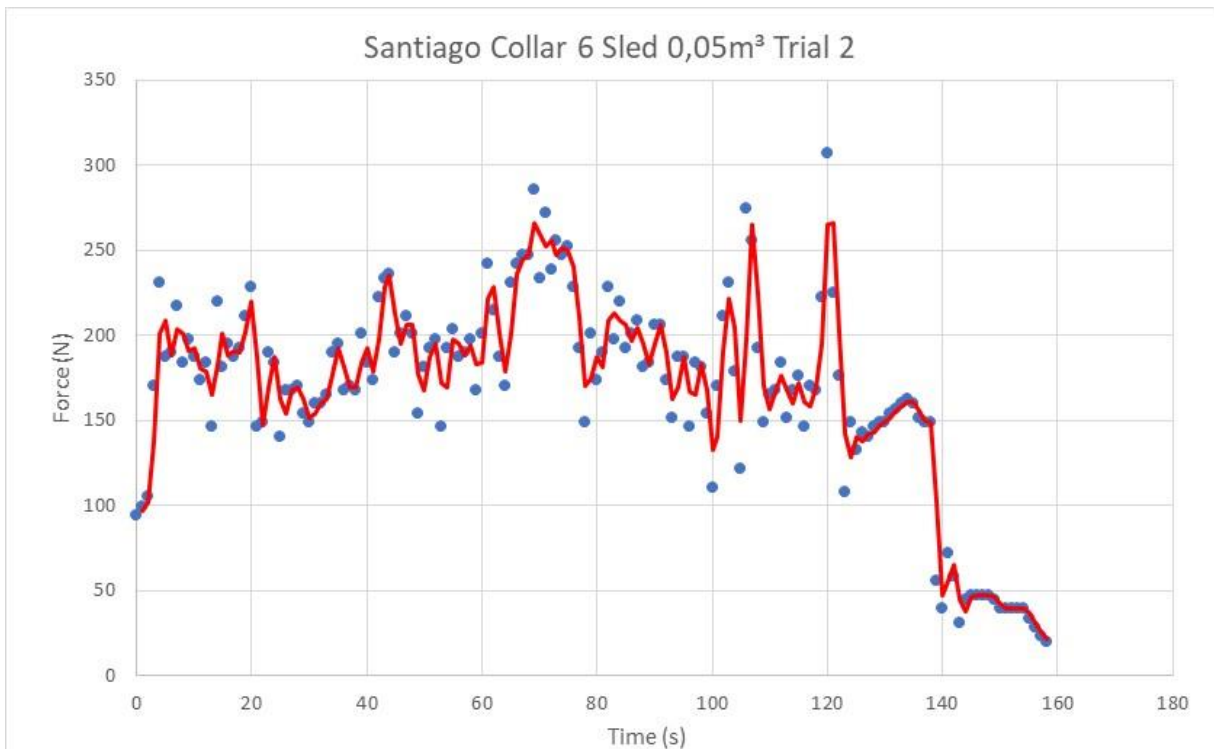


Gráfico 93 - Zimbro Collar 6 Direct Pull 0,1m³

Gráfico 94 - Zimbro Collar 6 Direct Pull 0,07m³Gráfico 95 - Zimbro Collar 6 Direct Pull 0,05m³ Trial 2

Gráfico 96 - Zimbro Collar 6 Direct Pull 0,05m³ Trial 1Gráfico 97 - Zimbro Collar 6 Direct Pull 0,03m³

Gráfico 98 - Santiago Collar 6 Sled 0,1m³Gráfico 99 - Santiago Collar 6 Sled 0,03m³

Gráfico 100 - Santiago Collar 6 Sled 0,05m³ Trial 1Gráfico 101 - Santiago Collar 6 Sled 0,05m³ Trial 2

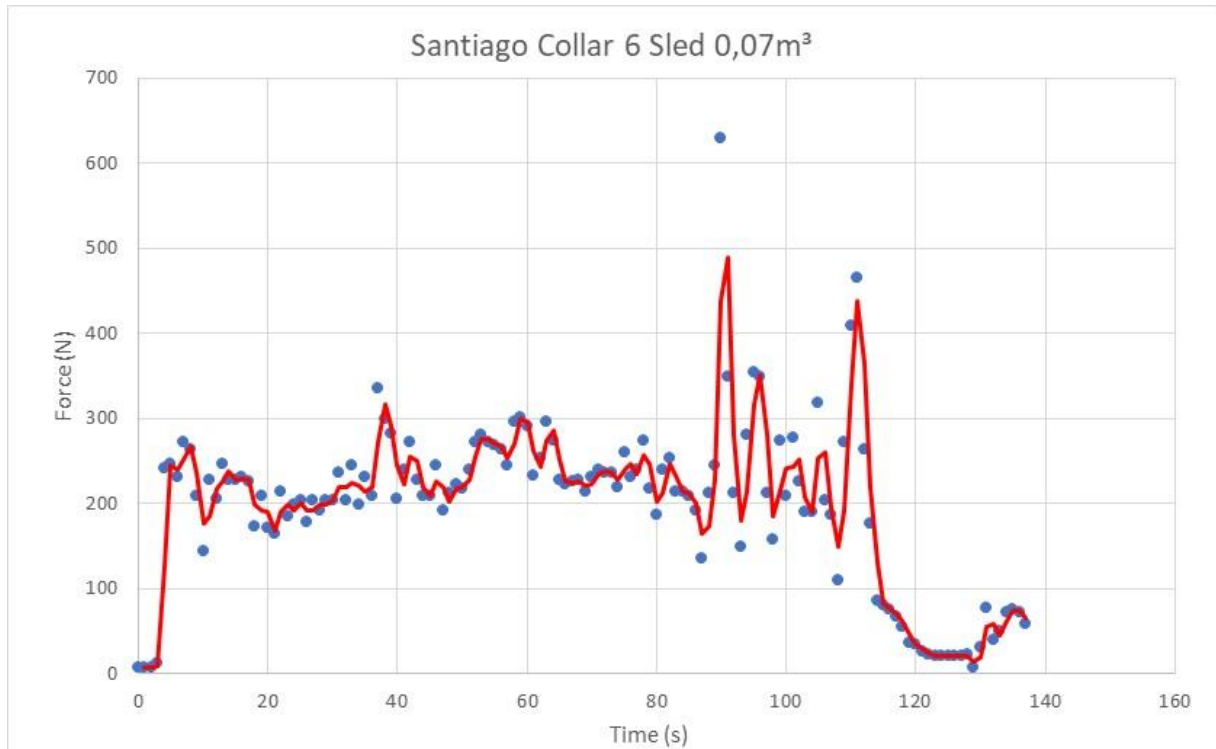


Gráfico 102 - Santiago Collar 6 Sled 0,07m³

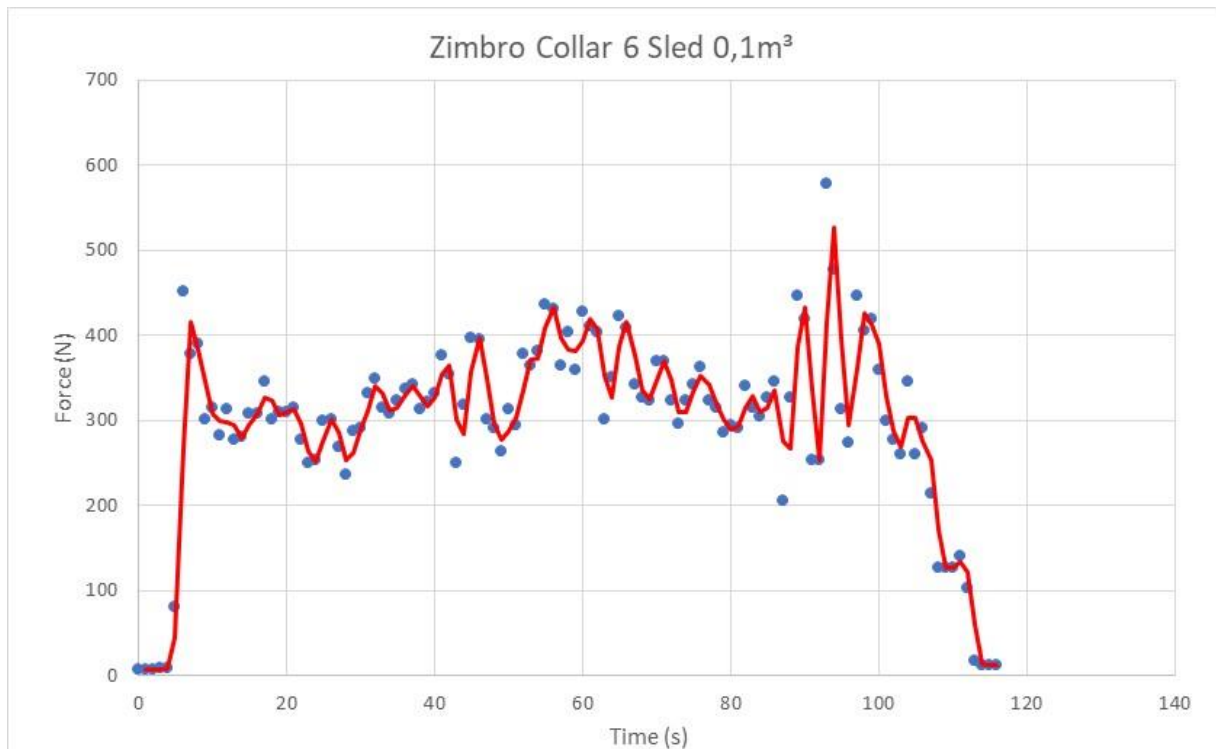
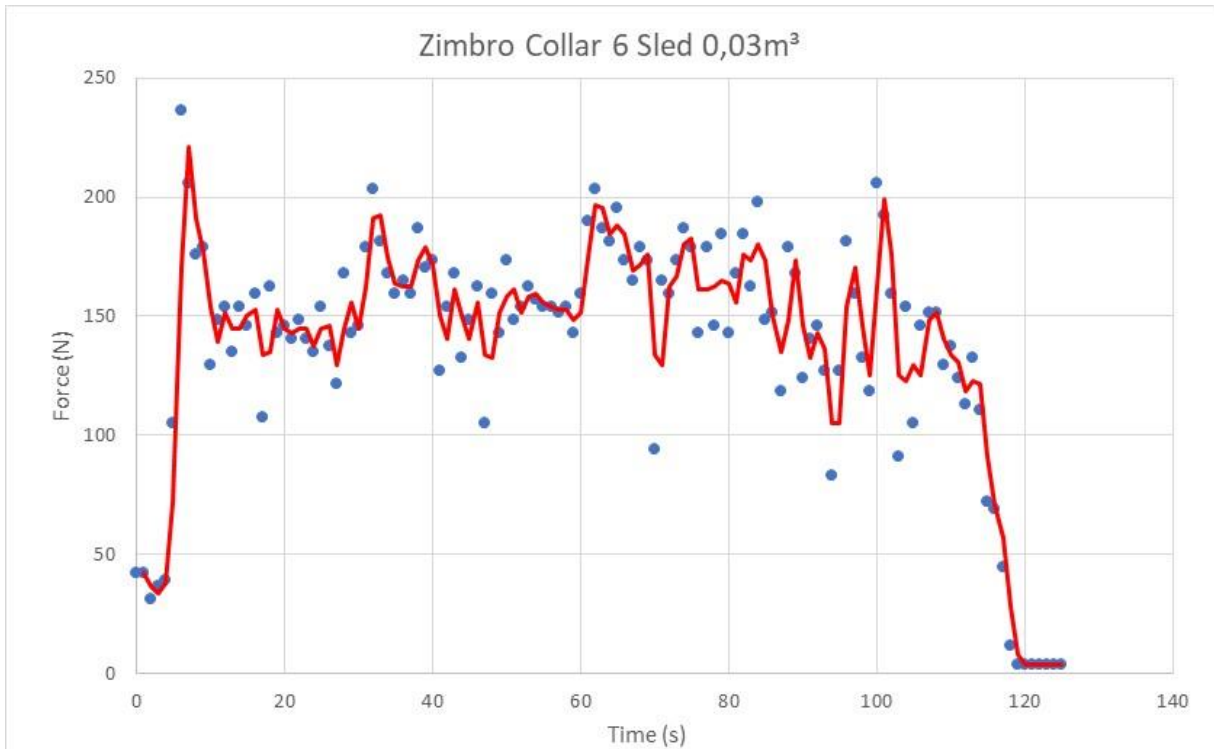
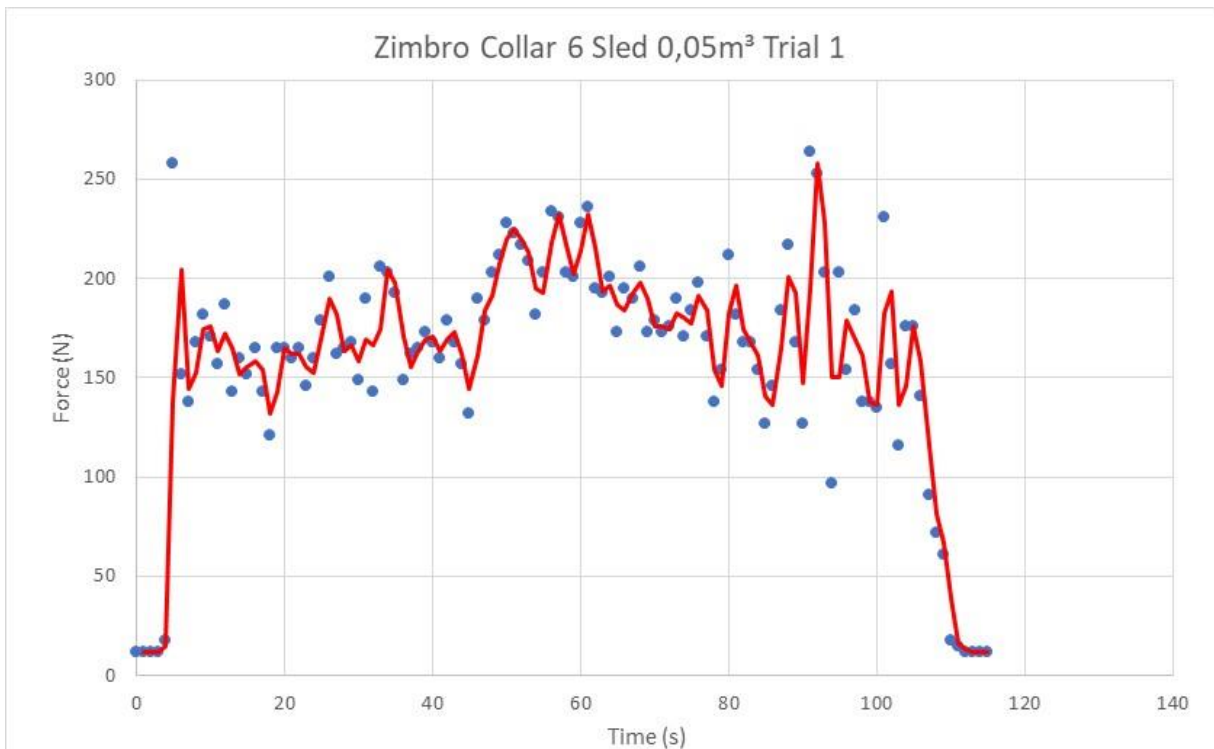
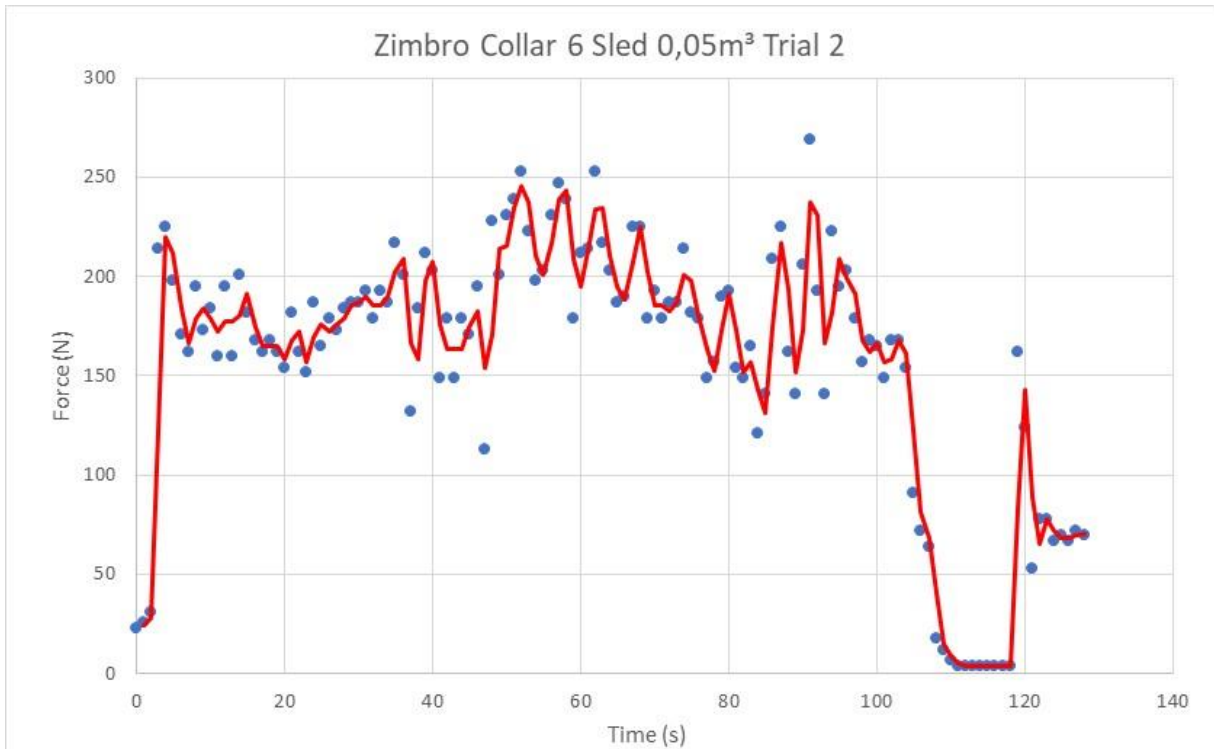
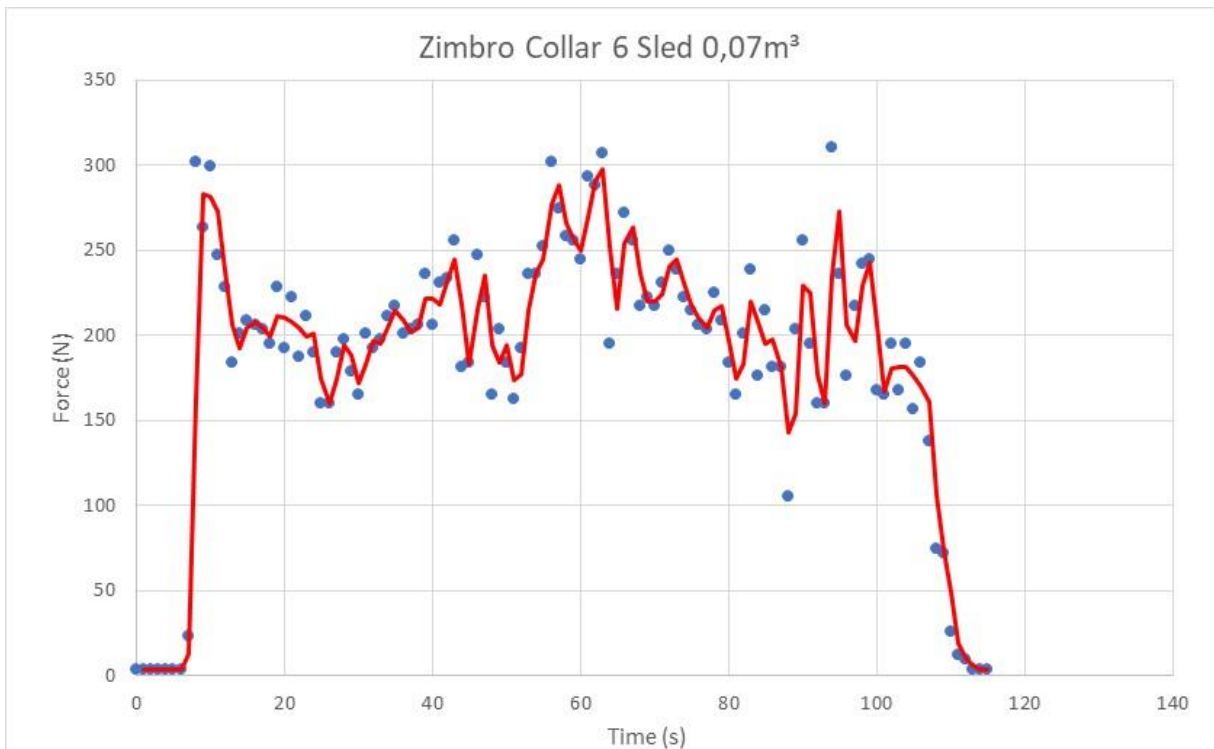
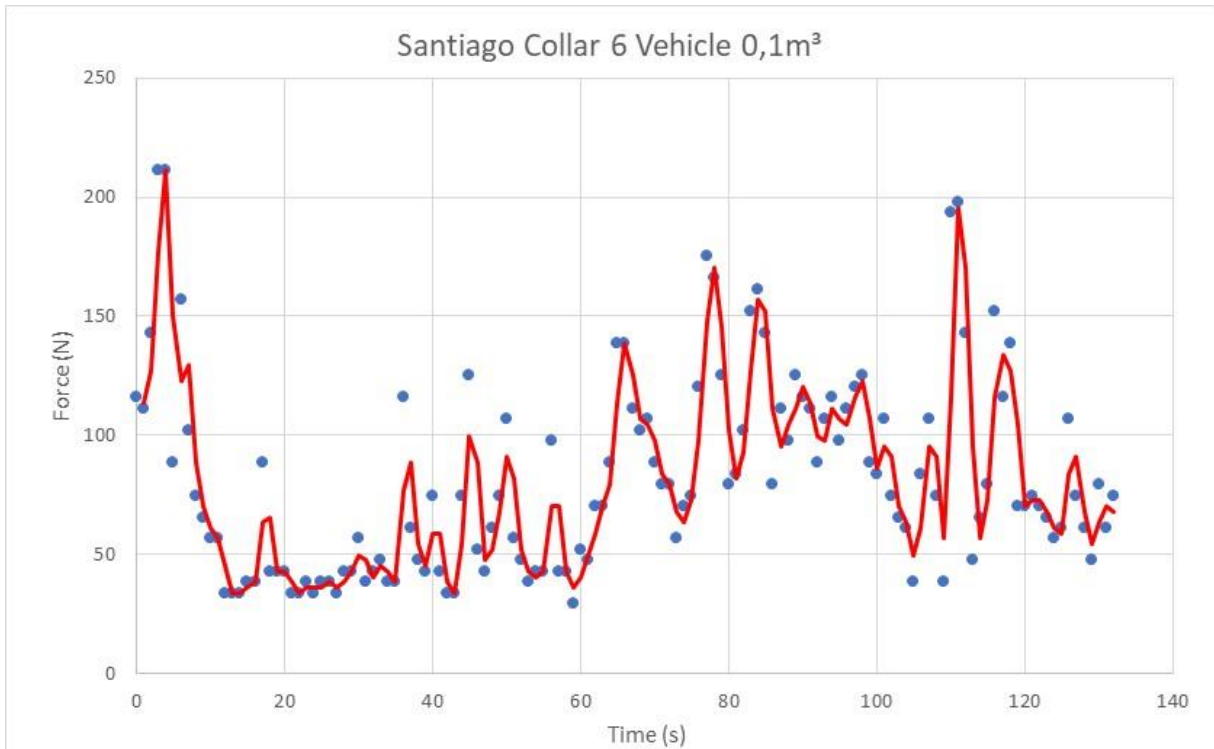
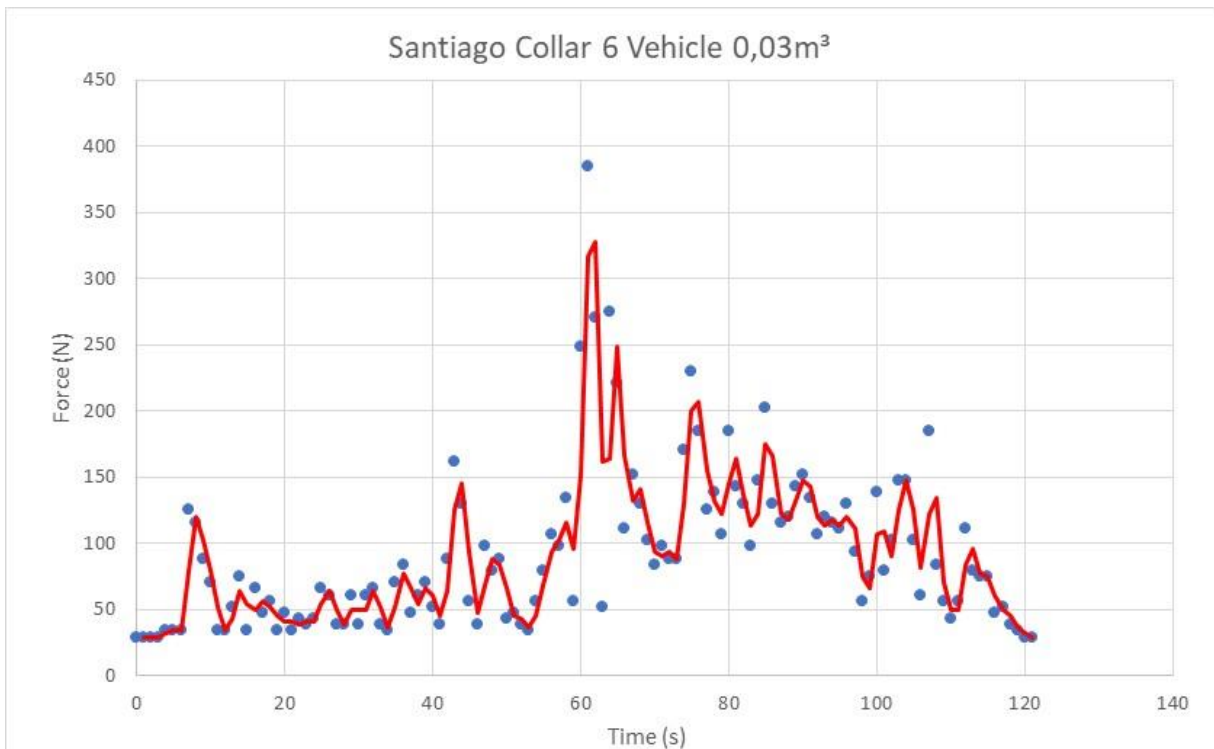
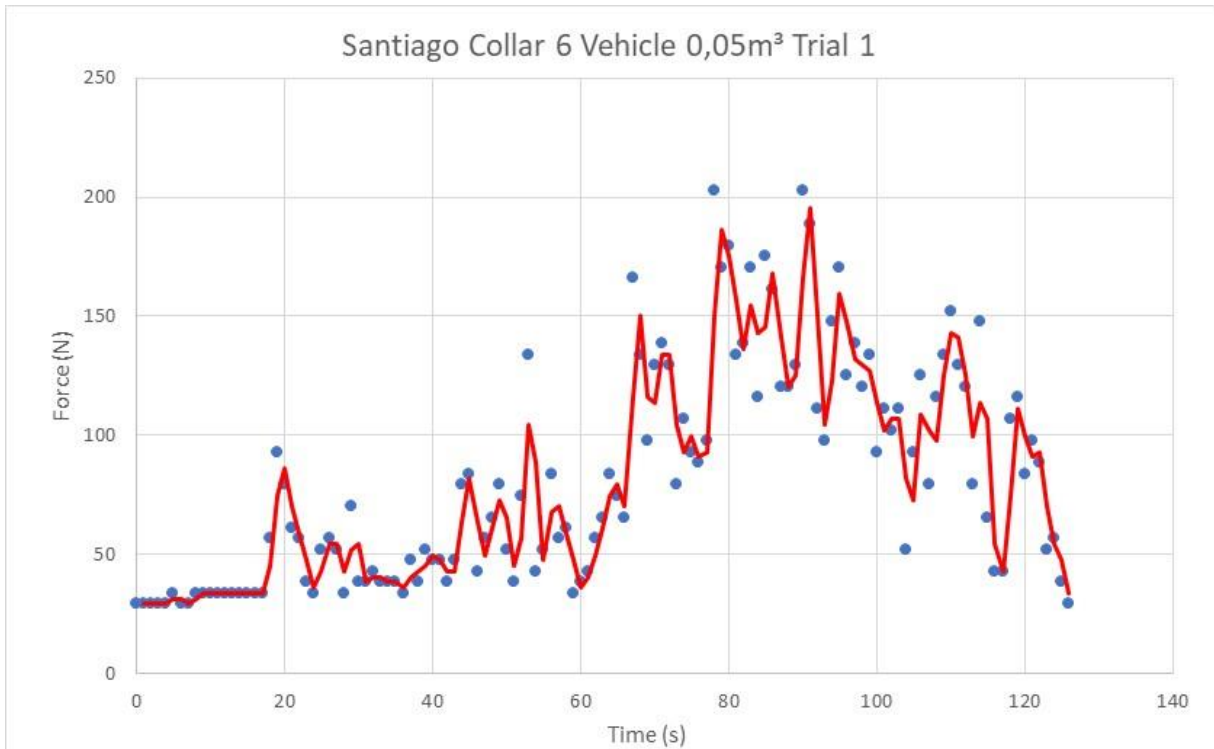
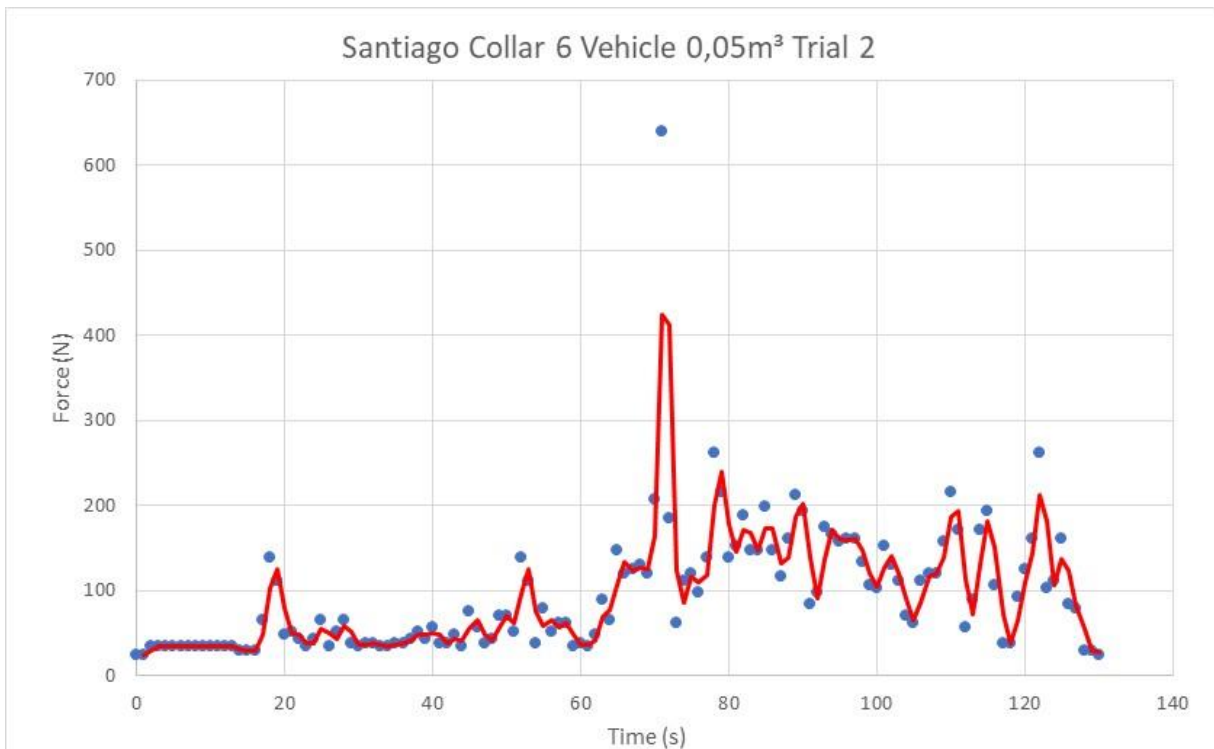


Gráfico 103 - Zimbro Collar 6 Sled 0,1m³

Gráfico 104 - Zimbro Collar 6 Sled 0,03m³Gráfico 105 - Zimbro Collar 6 Sled 0,05m³ Trial 1

Gráfico 106 - Zimbro Collar 6 Sled 0,05m³ Trial 2Gráfico 107 - Zimbro Collar 6 Sled 0,07m³

Gráfico 108 - Santiago Collar 6 Vehicle 0,1m³Gráfico 109 - Santiago Collar 6 Vehicle 0,03m³

Gráfico 110 - Santiago Collar 6 Vehicle 0,05m³ Trial 1Gráfico 111 - Santiago Collar 6 Vehicle 0,05m³ Trial 2

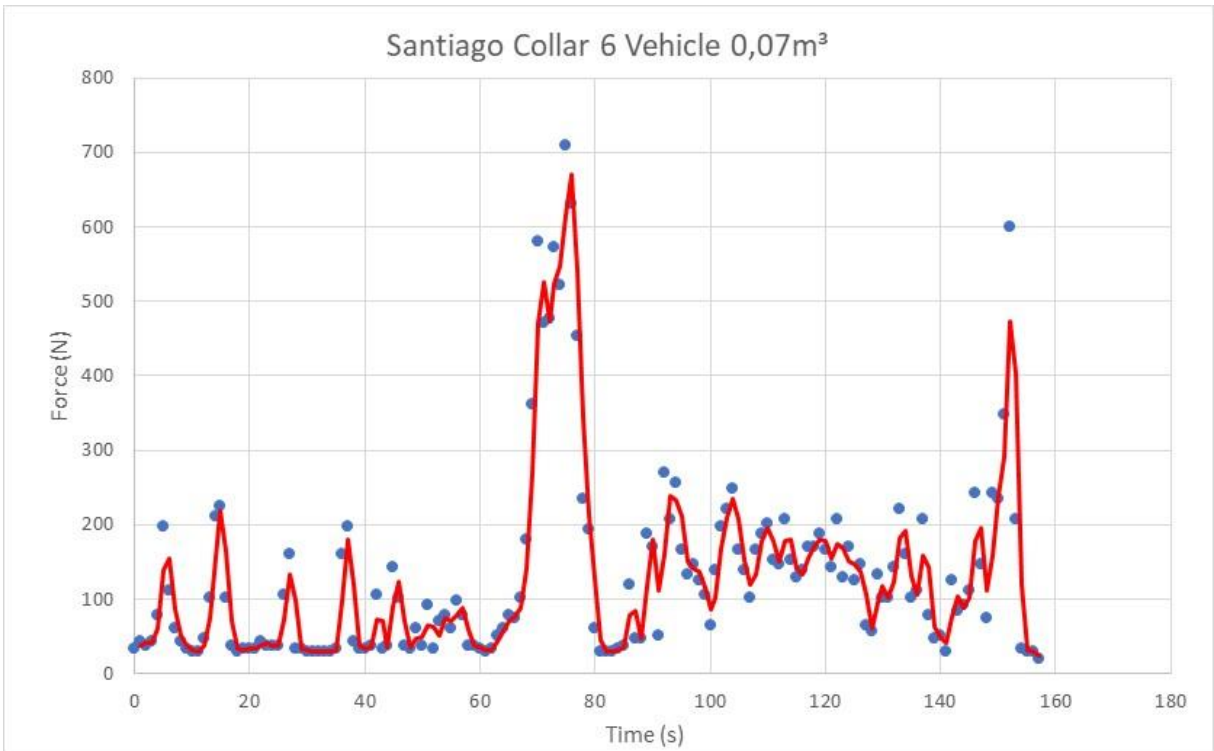


Gráfico 112 - Santiago Collar 6 Vehicle 0,07m³

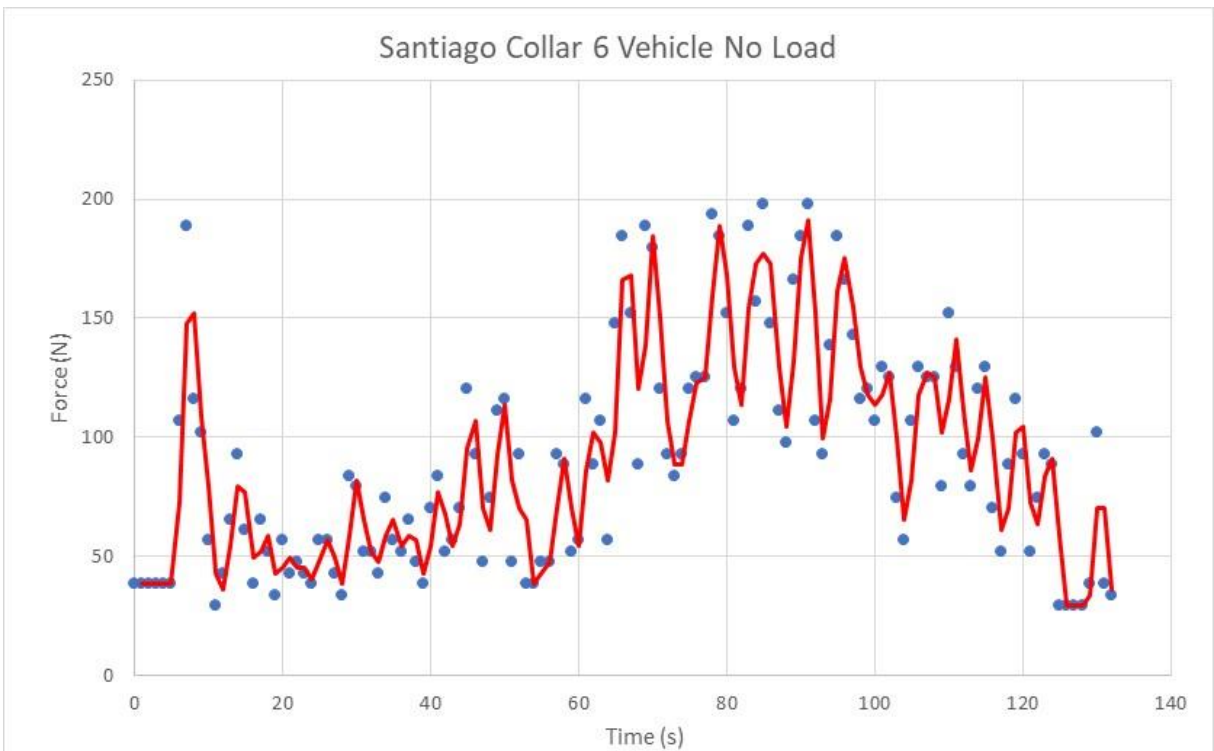
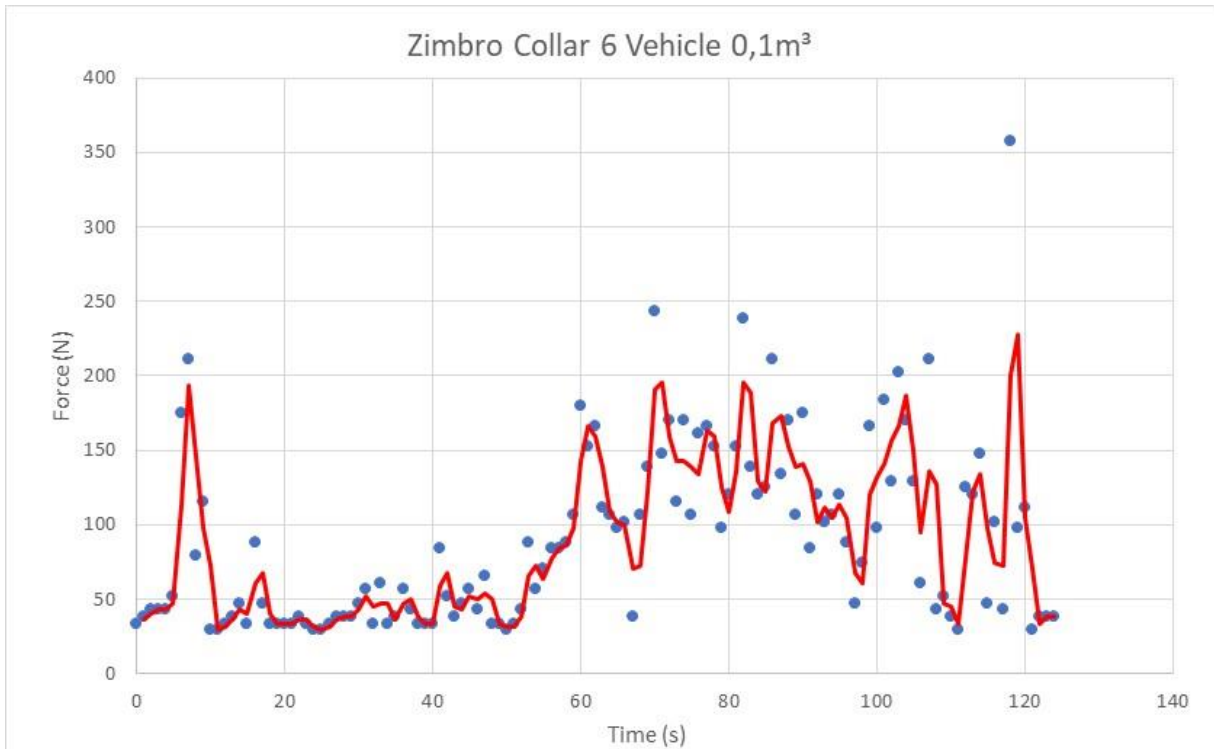
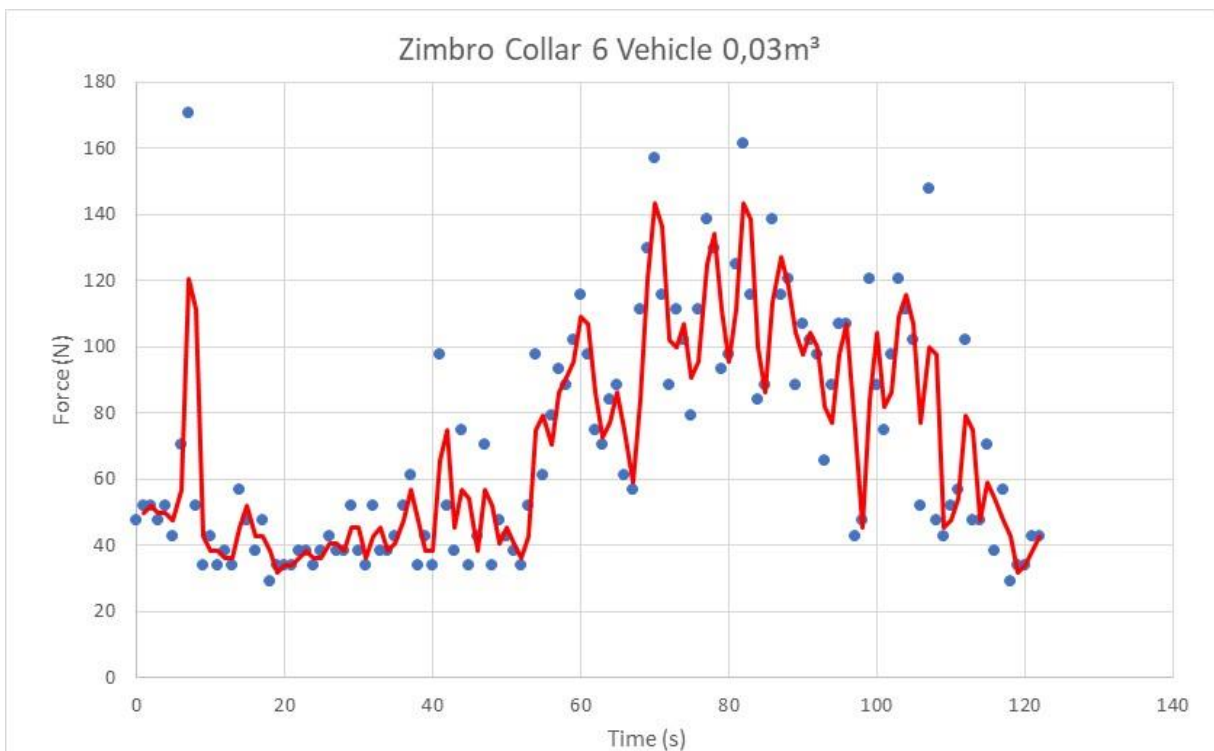
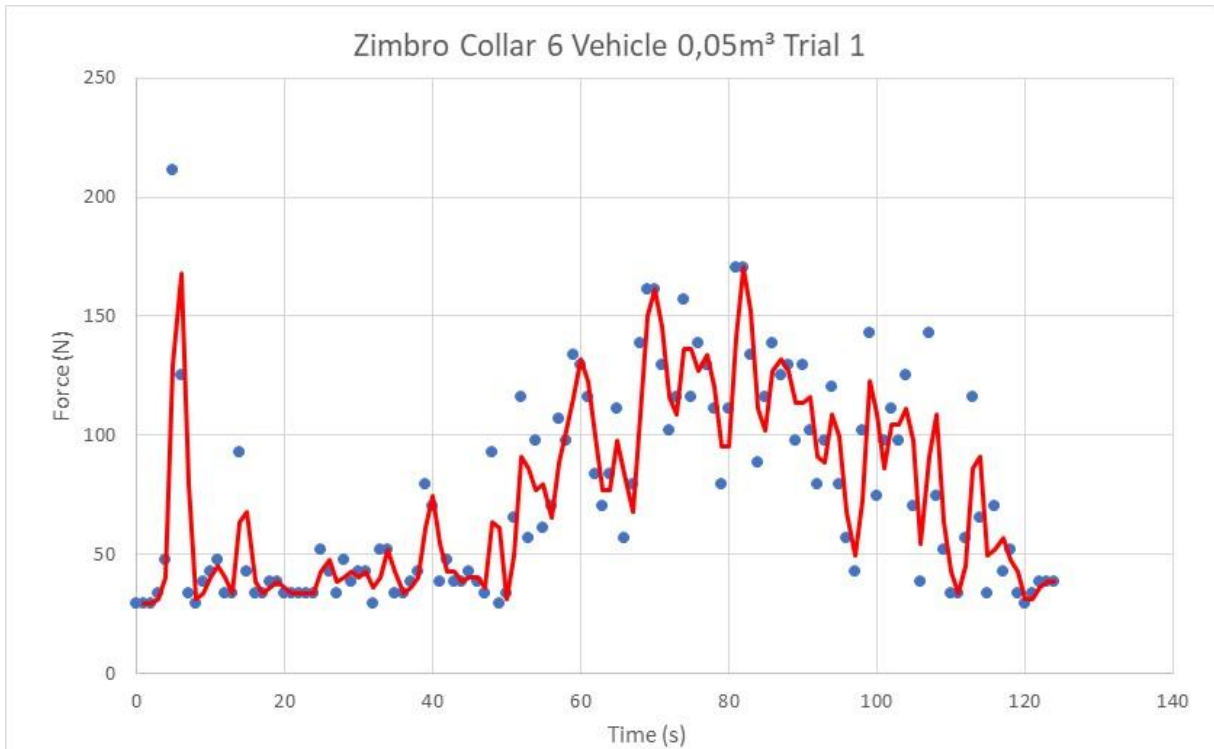
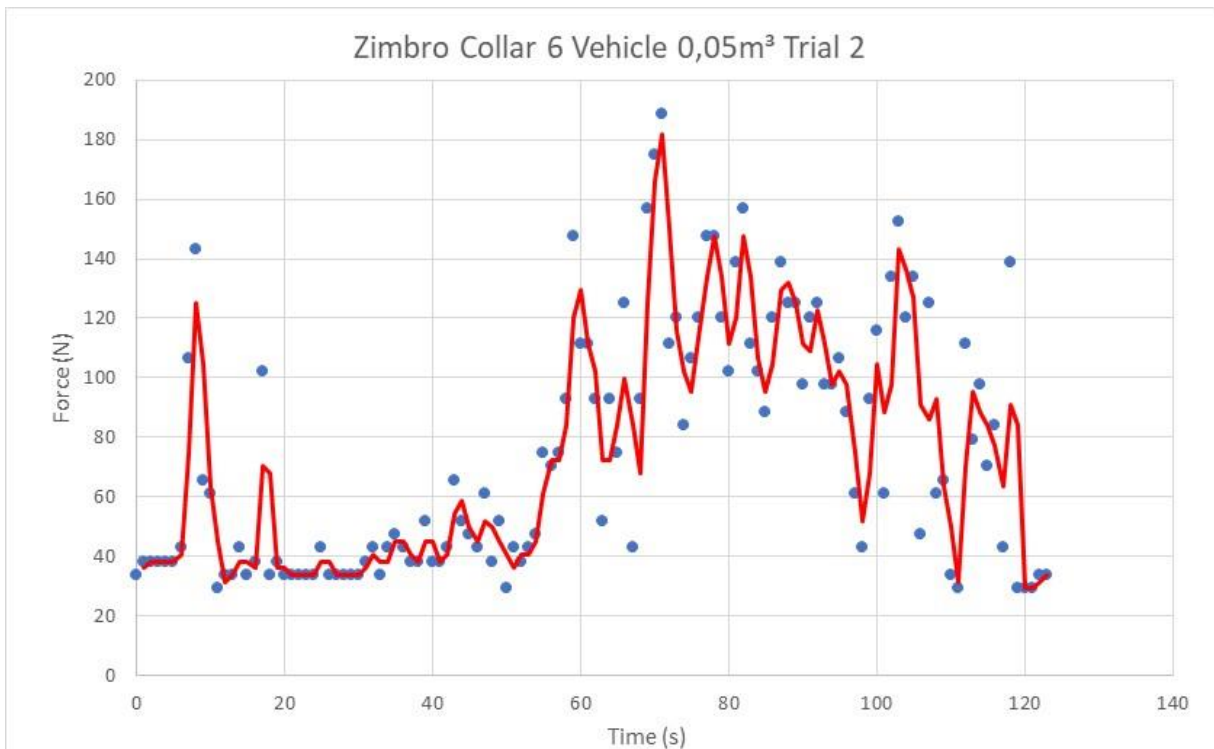


Gráfico 113 - Santiago Collar 6 Vehicle No Load

Gráfico 114 - Zimbro Collar 6 Vehicle 0,1m³Gráfico 115 - Zimbro Collar 6 Vehicle 0,03m³

Gráfico 116 - Zimbro Collar 6 Vehicle 0,05m³ Trial 1Gráfico 117 - Zimbro Collar 6 Vehicle 0,05m³ Trial 2

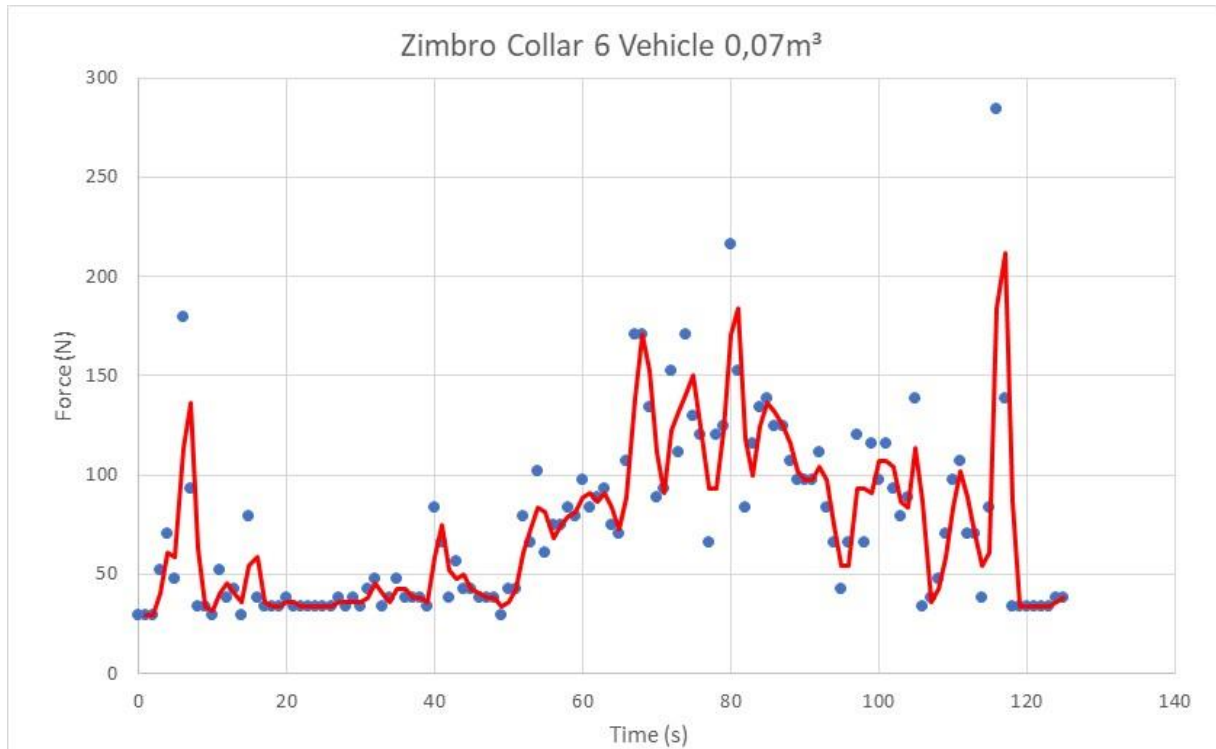
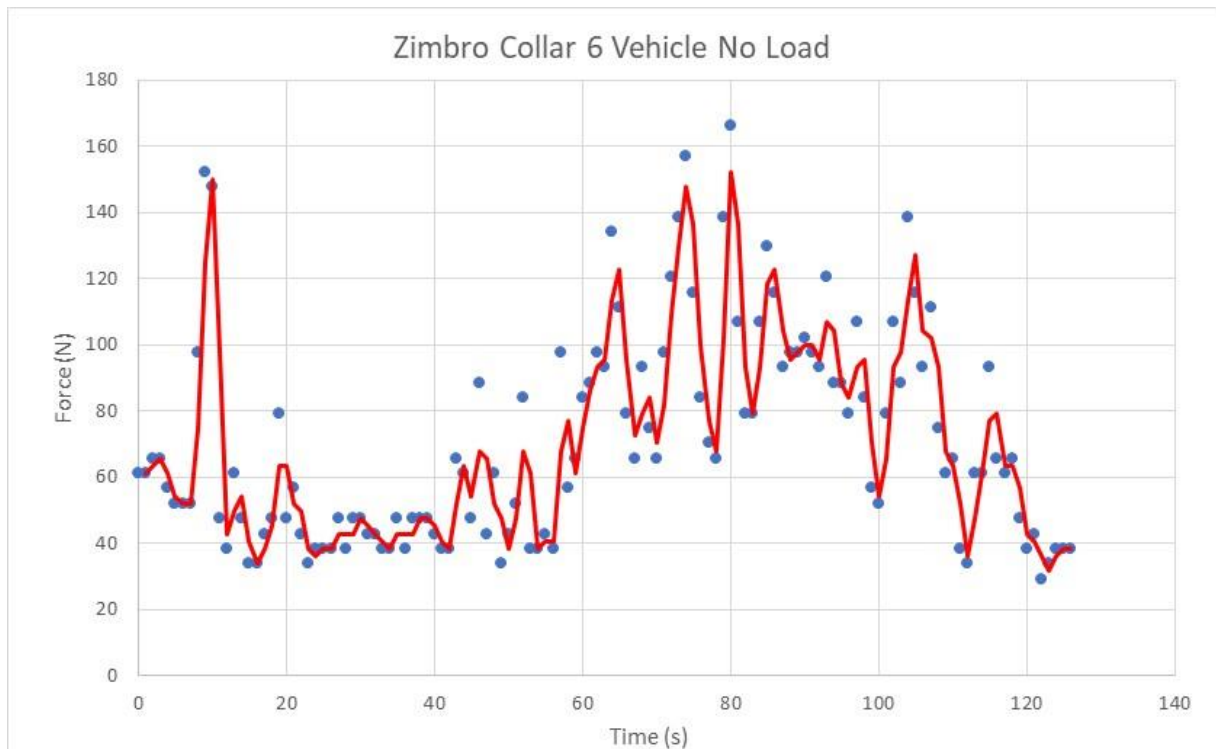
Gráfico 118 - Zimbro Collar 6 Vehicle 0,07m³

Gráfico 119 - Zimbro Collar 6 Vehicle No Load

Anexo XIX – Esteira de carga Non Skid Raised Rib

SÉRIE 1200

181

Non Skid Raised Rib		
	pol	mm
Diâmetro	1,44	36,8
Largura mínima	6	152
Incrementos de largura	1,00	25,4
Tamanho da abertura (aproximado)	-	-
Área aberta	0%	
Área de contato com o produto	10%	
Articulação	Fechada	
Método de acionamento	Acionamento central	

Observações sobre o produto	
<ul style="list-style-type: none"> • Sempre verifique com o Serviço de Atendimento ao Cliente a largura exata da esteira e o status do estoque antes de projetar uma transportadora ou pedir uma esteira. • Feito em resina usinada para aumentar a rigidez e minimizar o alongamento da esteira causado pela expansão térmica, esse material dissipativo de estática não depende da umidade para dissipar uma carga, sendo eficaz em todos os ambientes. • 1,44 pol O passo de 1,44 pol (36,8 mm) permite o uso de engrenagens de acionamento menores que as das esteiras de "plataforma móvel" tradicionais, proporcionando assim transferências mais precisas e requerendo estruturas de suporte menos profundas para instalação. • Usa o sistema de retenção de vareta SLIDELOX®. • O padrão de relevos proporciona uma superfície não escorregadia, o que aumenta a segurança. • As bordas amarelas alternadas permitem distinguir com facilidade a esteira em movimento do piso estacionário. • Não recomendada sob condições de acumulação de produto. Se forem necessários os valores de atrito entre o produto e a esteira, entre em contato com o Departamento de Engenharia de Vendas da Intralox. • O recuo da costela é de 1,0 pol (25 mm). • SLIDELOX® é feito de polipropileno reforçado com fibra de vidro. 	

Informações adicionais	
<ul style="list-style-type: none"> • Consulte "Processo de seleção da esteira" (página 5) • Consulte "Materiais padrão da esteira" (página 20) • Consulte "Materiais de esteiras para aplicações especiais" (página 20) • Consulte "Fatores de atrito" (página 25) 	

A - Sentido de percurso preferencial

SEÇÃO 2

1200

Dados da esteira												
Material da esteira	Material padrão da vareta Ø 0,31 pol (7,9 mm)	BS	Resistência da esteira ^a		Faixa de temperatura (contínua)		W	Peso da esteira		Aceitabilidade governamental: 1=Branco, 2=Azul, 3= Natural, 4=Cinza		
			lb/pe ²	kg/m	°F	°C		lb/pe ²	kg/m ²	FDA (EUA)	USDA Laticínios ^b	EU MC ^c
Composto de polipropileno	Composto de polipropileno	4000	5950	-20 a 220	-29 a 104	3,58	17,48	-	-	-	-	-
Acetal resistente a UV ^d	Acetal	2500	3713	-50 a 150	-46 a 66	4,51	22,02	-	-	-	-	-

a. A resistência nominal da esteira depende do sentido preferencial de percurso. Se operar no sentido oposto, a resistência nominal da esteira será de 2.000 lb/pe² (3.000 kg/m). A resistência das esteiras estreitas é reduzida para 3.750 lb/pe² (5.580 kg/m) quando a largura é menor que 60 pol (1.524 mm), para 3.250 lb/pe² (762 kg/m) quando a largura é menor que 30 pol (762 mm) e para 2.750 lb/pe² (4.090 kg/m) quando a largura é menor que 12 pol (305 mm). Entre em contato com o Serviço de Atendimento ao Cliente se necessitar de uma resistência de esteira mais precisa para larguras abaixo de 60 pol (1.524 mm).

b. A aprovação para laticínios pelo USDA requer o uso de sistemas de limpeza no local (CIP).

c. Certificado de Migração Europeu fornecendo aprovação para contato com alimentos, de acordo com o Regulamento da UE de 10/2011.

d. Acetal resistente a UV exige engrenagens especiais. Entre em contato com o Serviço de Atendimento ao Cliente para fazer um pedido de engrenagem para esta esteira.

Anexo XX – Simulação software Intralox®



www.intralox.com

18.02.01

Recomendações para Transportadora

Telefone
Contato
Data 26/09/2019
Referência

Dados da aplicação	
Estilo	Nonskid Raised Rib
Série	1200
Material	Composto de Polipropileno Eletro
Cor	Preto
Largura da Transportadora em milímetros	1200
Distância entre os eixos da Transportadora em metros	2,80
.....	6,55
Peso de Produto em Kilos por metro quadrado.....	450,00
Velocidade da esteira em metros por minuto	180,0
Temperatura de Acionamento em °C	40
Coefficiente de Atrito entre a Esteira e a Soleira de Ida	0,26
Coefficiente de Atrito entre o produto e a esteira	0,40
Porcentagem de Esteira Acumulada	2
Especificações da Esteira	
Peso da Esteira em Kg /metro quadrado	17,48
Largura Atual em milímetros	1193,8
número de elos por unidade de largura de esteira	70,50
Expansão/ Contração Térmica Longitudinal (mm)	7
Expansão/ Contração Térmica Transversal (mm)	1
Carregamento da Esteira	
Resistência Nominal em Kg /m por unidade de largura de esteira ..	5950
Resistência Admissível da Esteira Corrigida para temperatura e fatores	
768	
Tensão Corrigida da Esteira em Kg/m por unidade de largura de esteira	
454	
Percentual da Resistência Admissível da Esteira utilizável	59
Pressão Total na Linha em Kg	30
Engrenagens	
Número de Engrenagens Motoras Necessárias (mínimo)	22
Número de Engrenagens Conduzidas Necessárias (mínimo)	9
Diâmetro do Passo da Engrenagem em Milímetros	259,0
Número de Dentes da Engrenagem	22
Dados do Acionamento e dos Eixos	
Carga Total do Eixo Motriz (Kg)	612
RPM do eixo	223
Potência de Operação do Eixo em Watts (não inclui perdas no acionamento	
16030	
Torque no Eixo em Newton x Metro	692
Material do Eixo	Aço Inoxidável 316
Tamanho do Eixo, mm (redondo)	90,00
Diâmetro da Manga do Mancal, mm	40,00
Deflexão do eixo motor, mm	0,3
Deflexão do eixo conduzido, mm	0,0

Anexo XXI – Simulação soleira

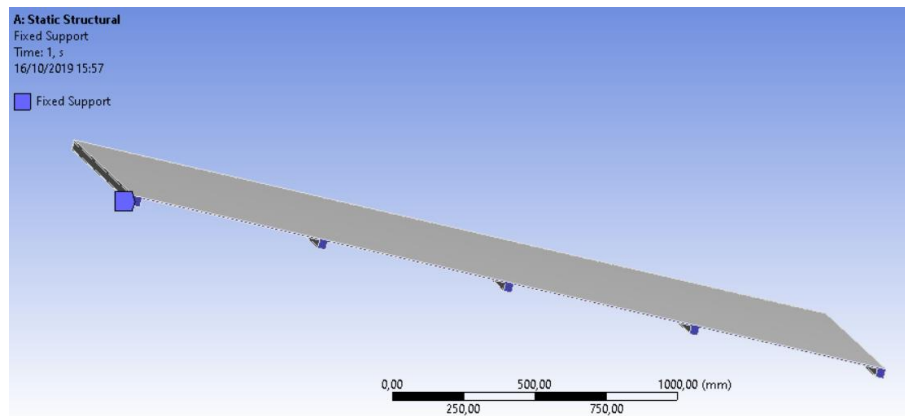


Figura 181 - Lateral esquerda fixa

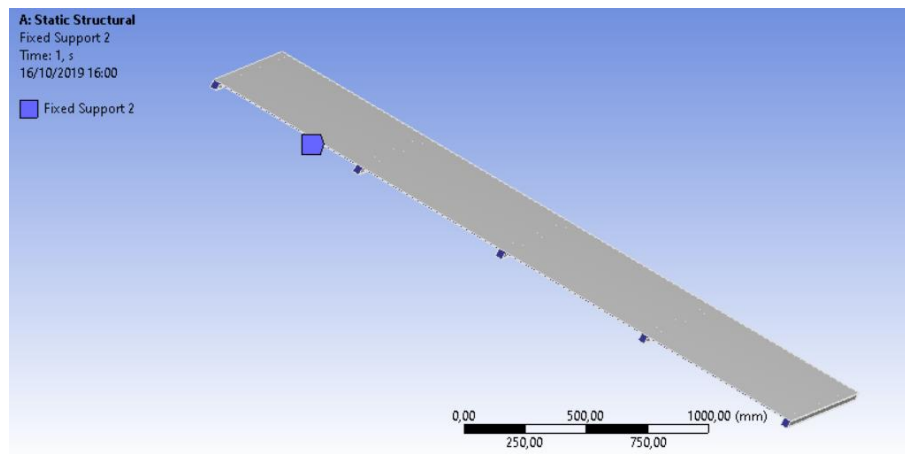


Figura 182 - Lateral direita fixa

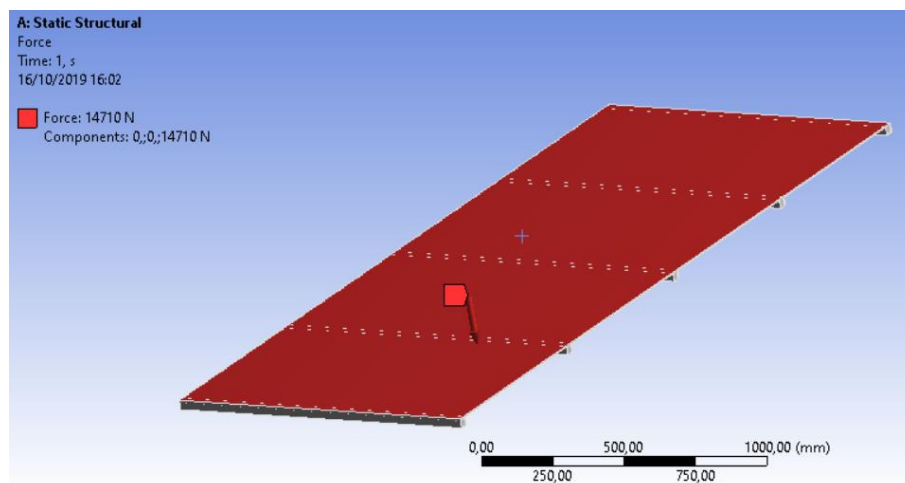


Figura 183 - Aplicação da carga de 14710N

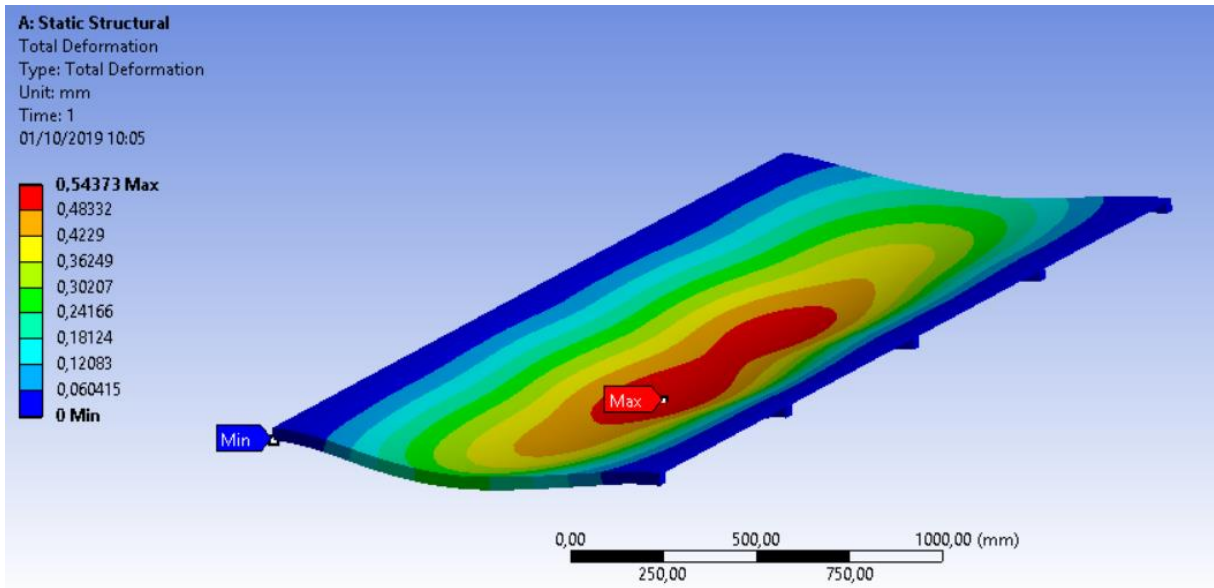


Figura 184 - Resultado da simulação - Deformação

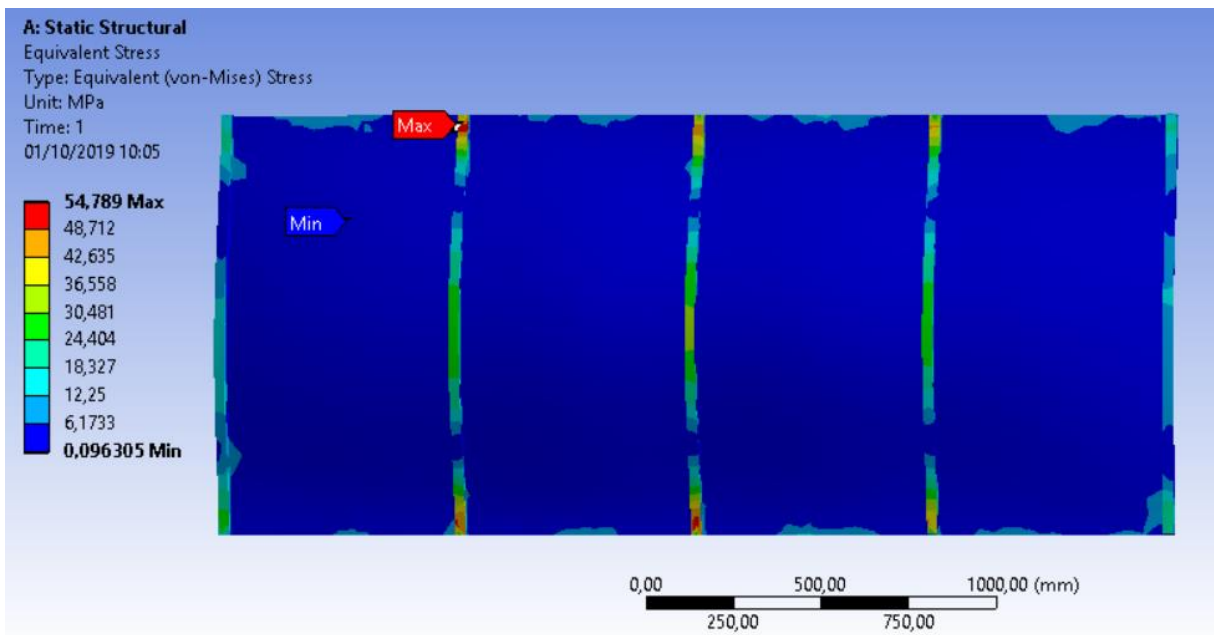
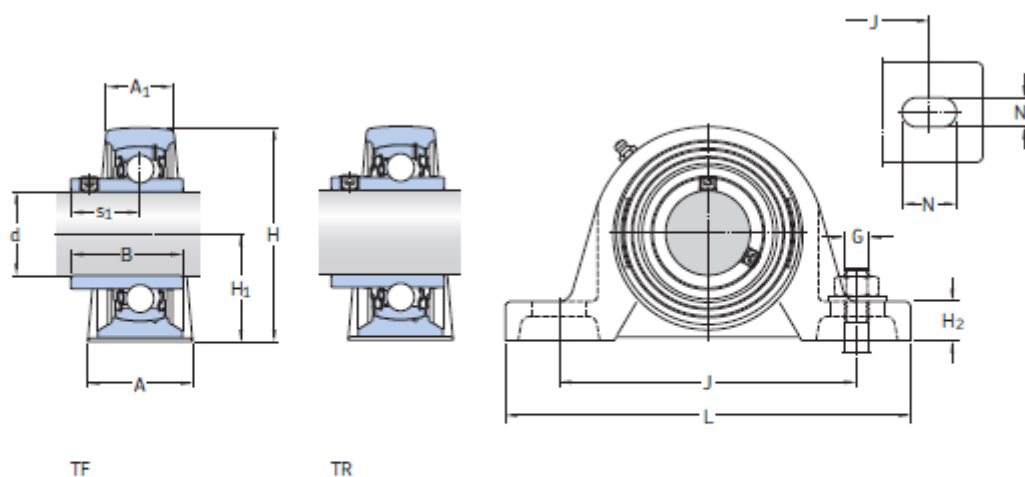


Figura 185 - Resultado da simulação – Tensão máxima

Anexo XXII – Mancais SKF

SY 40 TF - d 40 mm

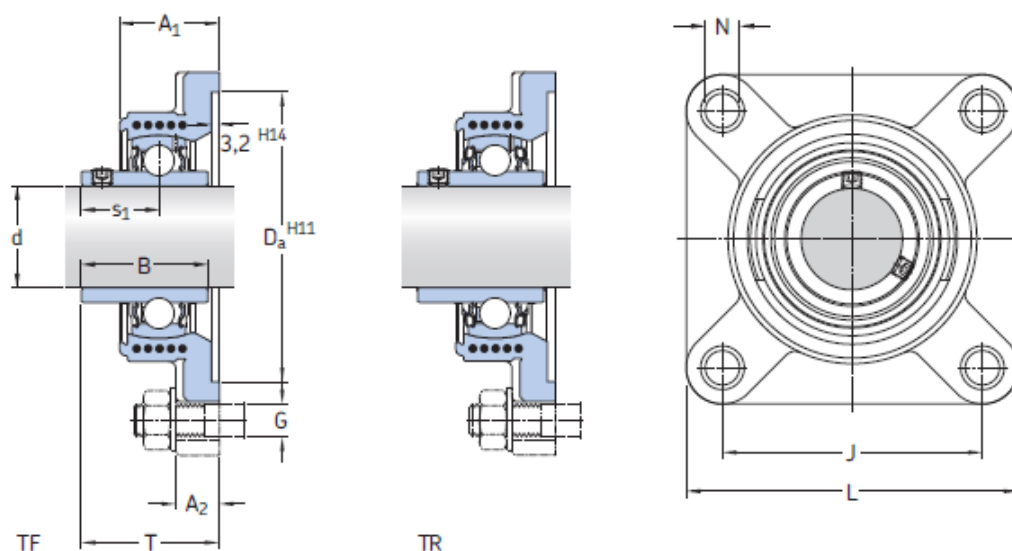
Y-bearing plummer block units with a cast housing and grub screws, metric shafts
d 12 – 60 mm



Dimensions														Basic load ratings		Fatigue load limit	Limiting speed with shaft tolerance h6	Designation
d	A	A ₁	B	H	H ₁	H ₂	J	L	N	N ₁	G	s ₁	C	C ₀	P _u	r/min	Bearing unit	
mm														kN	kN			-
12	32	18	27,4	57	30,2	14	97	127	20,5	11,5	10	15,9	9,56	4,75	0,2	9 500	SY 12 TF	
15	32	18	27,4	57	30,2	14	97	127	20,5	11,5	10	15,9	9,56	4,75	0,2	9 500	SY 15 TF	
17	32	18	27,4	57	30,2	14	97	127	20,5	11,5	10	15,9	9,56	4,75	0,2	9 500	SY 17 TF	
20	32	21	31	65	33,3	14	97	127	20,5	11,5	10	18,3	12,7	6,55	0,28	8 500	SY 20 TF	
	34	23	31	65	33,3	14	97	127	20,7	13	10	18,3	12,7	6,55	0,28	8 500	SYJ 20 TF	
	32	21	31	65	33,3	14	97	127	20,5	11,5	10	18,3	12,7	6,55	0,28	5 000	SY 20 TR	
25	36	22	34,1	70,5	36,5	16	102	130	19,5	11,5	10	19,8	14	7,8	0,335	7 000	SY 25 TF	
	38	24	34,1	70,5	36,5	16	102,5	140	21,5	13	10	19,8	14	7,8	0,335	7 000	SYJ 25 TF	
	36	22	34,1	70,5	36,5	16	102	130	19,5	11,5	10	19,8	14	7,8	0,335	4 300	SY 25 TR	
30	40	25	38,1	82,5	42,9	17	117,5	152	23,5	14	12	22,2	19,5	11,2	0,475	6 300	SY 30 TF	
	42	27	38,1	82,5	42,9	16	118	165	24	17	14	22,2	19,5	11,2	0,475	6 300	SYJ 30 TF	
	40	25	38,1	82,5	42,9	17	117,5	152	23,5	14	12	22,2	19,5	11,2	0,475	3 800	SY 30 TR	
35	45	27	42,9	93	47,6	19	126	160	21	14	12	25,4	25,5	15,3	0,655	5 300	SY 35 TF	
	46	28	42,9	93	47,6	17	129	167	24	17	14	25,4	25,5	15,3	0,655	5 300	SYJ 35 TF	
	45	27	42,9	93	47,6	19	126	160	21	14	12	25,4	25,5	15,3	0,655	3 200	SY 35 TR	
40	48	30	49,2	99	49,2	19	135,5	175	24,5	14	12	30,2	30,7	19	0,8	4 800	SY 40 TF	
	49	31	49,2	99	49,2	18	136,5	184	25,5	17	14	30,2	30,7	19	0,8	4 800	SYJ 40 TF	
	48	30	49,2	99	49,2	19	135,5	175	24,5	14	12	30,2	30,7	19	0,8	2 800	SY 40 TR	
45	48	32	49,2	107,5	54	21	143,5	187	22,5	14	12	30,2	33,2	21,6	0,915	4 300	SY 45 TF	
	52	36	49,2	107,5	54	20	143,5	190	23,5	17	14	30,2	33,2	21,6	0,915	4 300	SYJ 45 TF	
	48	32	49,2	107,5	54	21	143,5	187	22,5	14	12	30,2	33,2	21,6	0,915	2 400	SY 45 TR	
50	54	34	51,6	114,5	57,2	22	157	203	26	18	16	32,6	35,1	23,2	0,98	4 000	SY 50 TF	
	58	38	51,6	114,5	57,2	22	157,5	206	26,5	20	16	32,6	35,1	23,2	0,98	4 000	SYJ 50 TF	
	54	34	51,6	114,5	57,2	22	157	203	26	18	16	32,6	35,1	23,2	0,98	2 200	SY 50 TR	
55	60	40	55,6	126	63,5	24	171,5	219	27,5	18	16	33,4	43,6	29	1,25	3 600	SY 55 TF	
	60	40	55,6	126	63,5	24	171,5	219	27,5	20	16	33,4	43,6	29	1,25	3 600	SYJ 55 TF	
	60	40	55,6	126	63,5	24	171,5	219	27,5	18	16	33,4	43,6	29	1,25	1 900	SY 55 TR	
60	60	42	65,1	138	69,8	26,5	190,5	240	29,5	18	16	39,7	52,7	36	1,53	3 400	SY 60 TF	
	65	47	65,1	138	69,8	26,5	188,5	241	29,5	20	16	39,7	52,7	36	1,53	3 400	SYJ 60 TF	
	60	42	65,1	138	69,8	26,5	190,5	240	29,5	18	16	39,7	52,7	36	1,53	1 800	SY 60 TR	

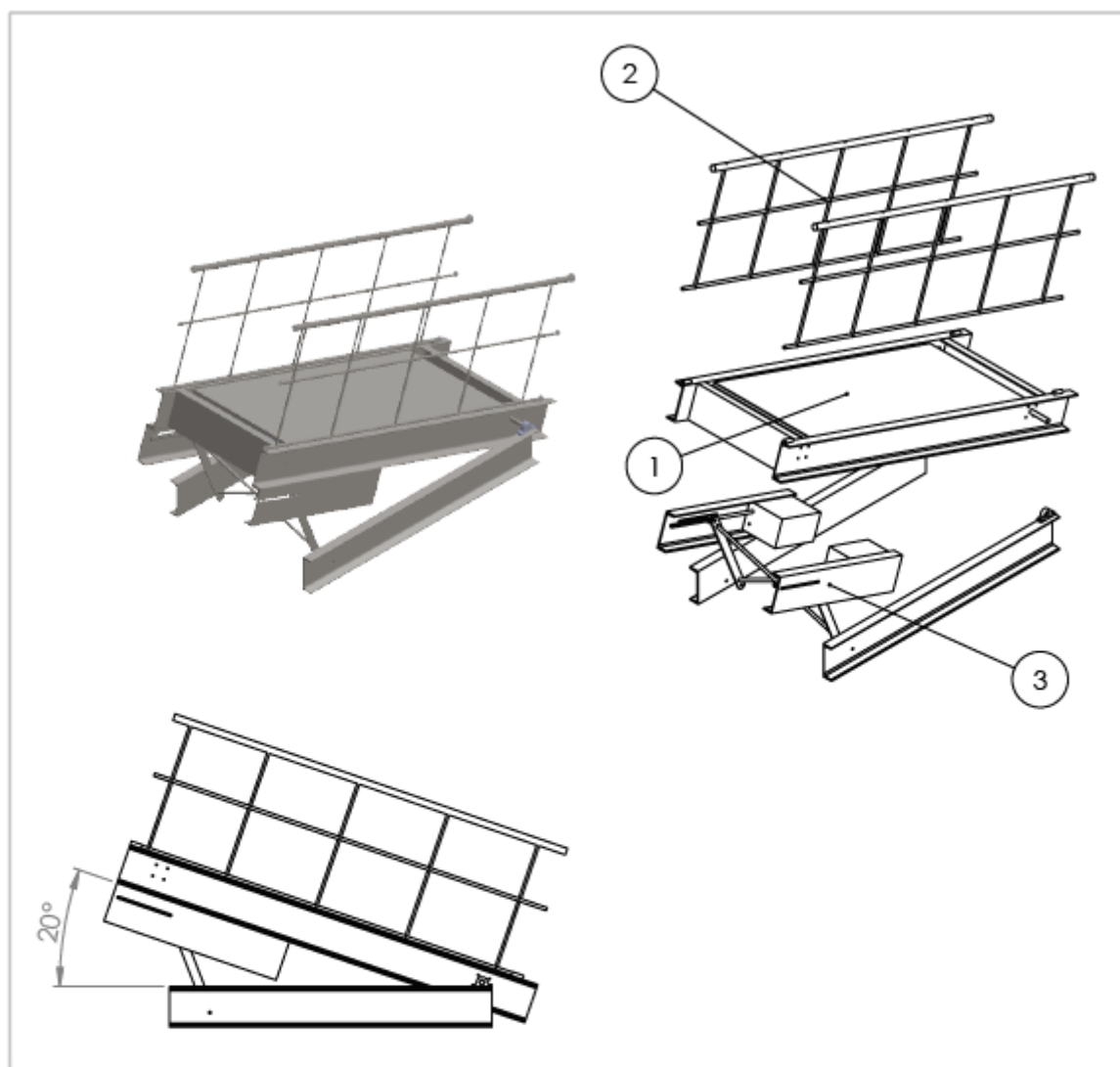
Flanged Y-TECH - d 40 mm

Flanged Y-TECH units with a housing with a square flange and grub screws, metric shafts
d 20 – 40 mm



Dimensions											Basic load ratings		Fatigue load limit	Limiting speed with shaft tolerance h6	Designation
d	A ₁	A ₂	B	D _a	J	L	N	G	s ₁	T	dynamic C	static C ₀	P _u	r/min	Bearing unit
mm											kN	kN	kN		-
20	30	15	31	68,3	63,5	86	12	10	18,3	37,3	12,7	6,55	0,28	8 500	FYK 20 TF
	30	15	31	68,3	63,5	86	12	10	18,3	37,3	12,7	6,55	0,28	5 000	FYK 20 TR
25	31	15	34,1	74,6	70	95	12	10	19,8	38,8	14	7,8	0,335	7 000	FYK 25 TF
	31	15	34,1	74,6	70	95	12	10	19,8	38,8	14	7,8	0,335	4 300	FYK 25 TR
30	33	15,3	38,1	93,7	82,5	108	12	10	22,2	42,2	19,5	11,2	0,475	6 300	FYK 30 TF
	33	15,3	38,1	93,7	82,5	108	12	10	22,2	42,2	19,5	11,2	0,475	3 800	FYK 30 TR
35	35	17	42,9	106,4	92	118	14,5	12	25,4	46,4	25,5	15,3	0,655	5 300	FYK 35 TF
	35	17	42,9	106,4	92	118	14,5	12	25,4	46,4	25,5	15,3	0,655	3 200	FYK 35 TR
40	39	17	49,2	115,9	101,5	130	14,5	12	30,2	54,2	30,7	19	0,8	4 800	FYK 40 TF
	39	17	49,2	115,9	101,5	130	14,5	12	30,2	54,2	30,7	19	0,8	2 800	FYK 40 TR

Anexo XXIII - Passadeira Completa



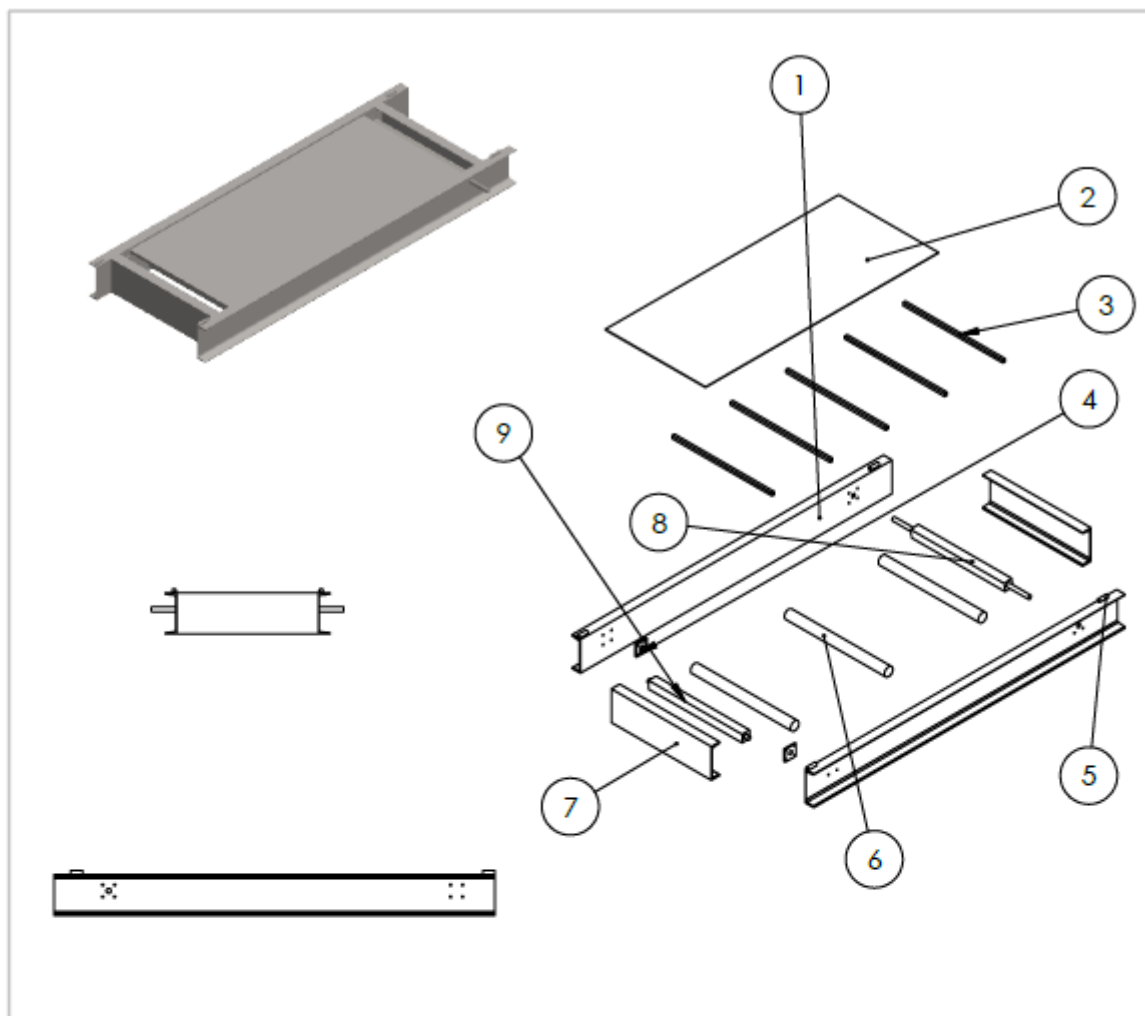
Lista de componentes

Nº do item	Descrição	Quantidade
1	Esteira	1
2	Gaiola de Proteção	2
3	Sistema de inclinação	2

ALUNO	Francisco Braga de Albuquerque			 ipb INSTITUTO POLITÉCNICO DE BRAGANÇA	 CEFET/RJ
PROF.	Luís Queijo / Leydervan				
DATA	20/07/2019	VISTO			
ESC.	TÍTULO	Curso	UNIDADES	FOLHA Nº	
1:50	Passadeira completa	Eng. Industrial	mm	1	
		NÚMERO DO DESENHO			
		1 de 1			

Produto educacional do SOLIDWORKS. Somente para fins de instrução.

Anexo XXIV – Componentes da Esteira

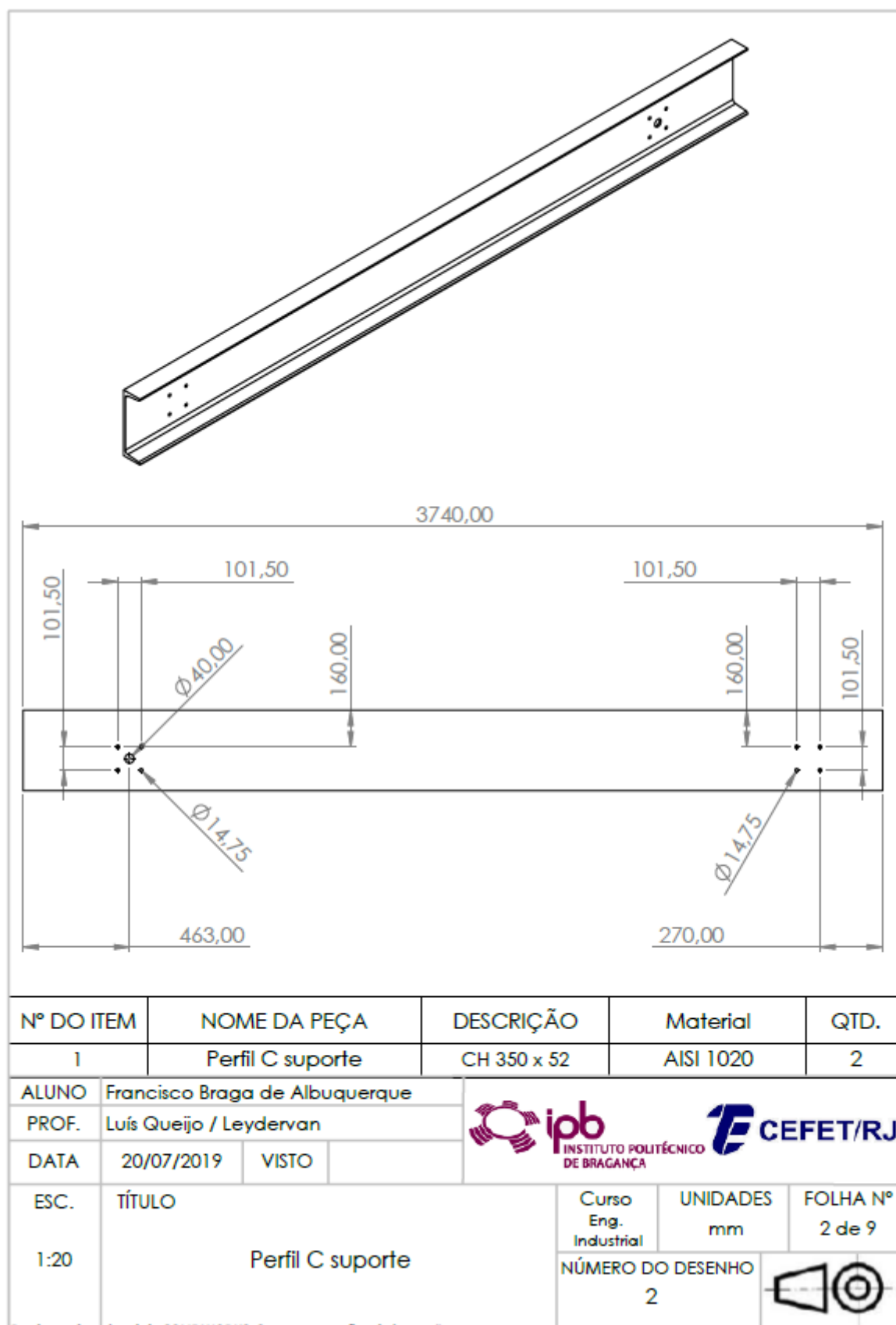


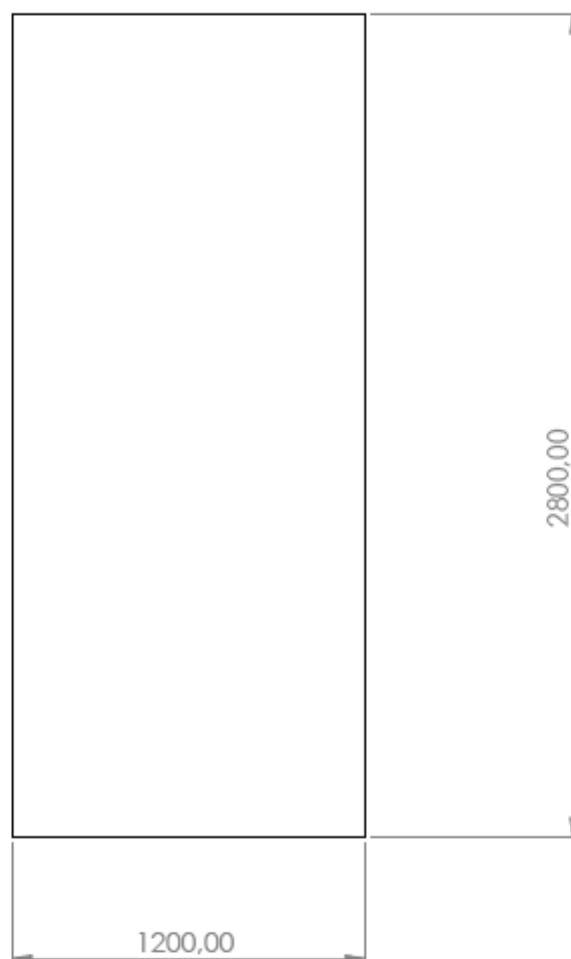
Lista de componentes

Nº item	Descrição	Quantidade
1	Perfil C suporte	2
2	Soleira	1
3	Apoio soleira	5
4	Mancal flanged Y-TECH d 40	2
5	Cavilha	4
6	Rolete	3
7	Proteção partes girantes	2
8	Eixo motor	1
9	Eixo motriz	11

ALUNO	Francisco Braga de Albuquerque			 ipb INSTITUTO POLITÉCNICO DE BRAGANÇA	 CEFET/RJ
PROF.	Luís Queijo / Leydervan				
DATA	20/07/2019	VISTO			
ESC.	TÍTULO	Curso	UNIDADES	FOLHA Nº	
1:50	Componentes esteira	Eng. Industrial	mm	1 de 9	
		NÚMERO DO DESENHO			
		1			

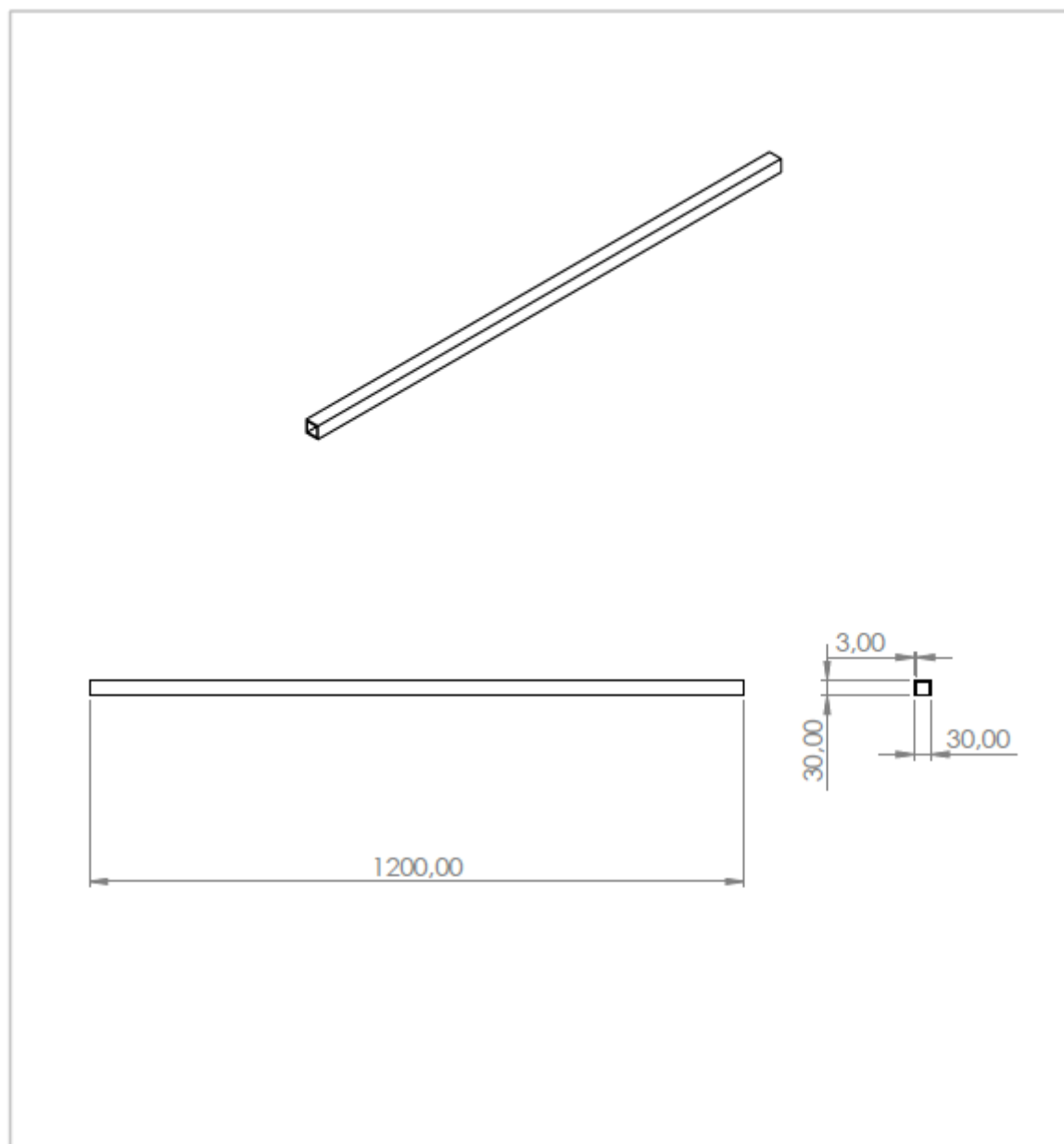
Produto educacional do SOLIDWORKS. Somente para fins de instrução.





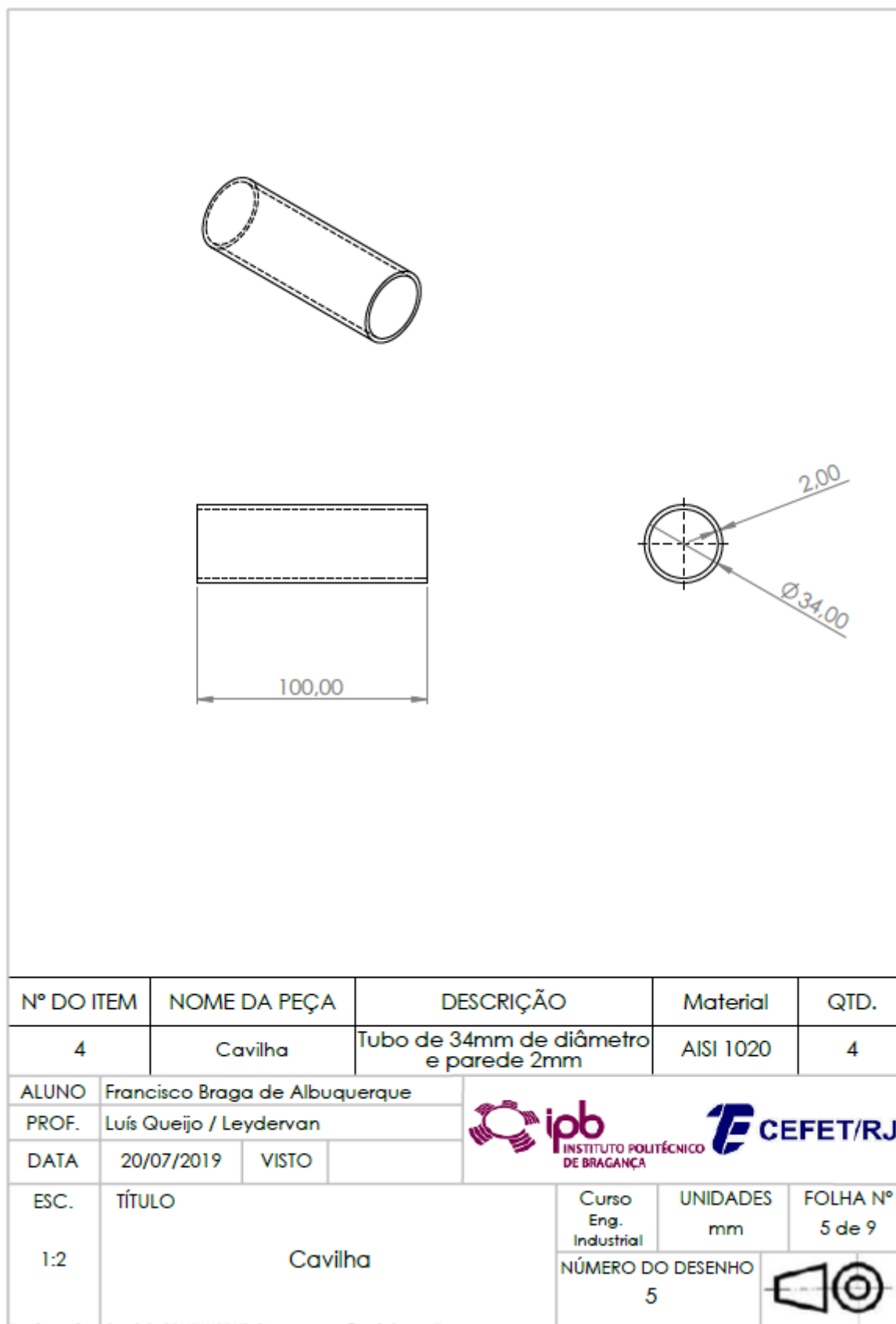
Nº DO ITEM	NOME DA PEÇA	DESCRIÇÃO	Material	QTD.
2	Soleira	Chapa de 5mm de espessura	AISI 1020	1
ALUNO	Francisco Braga de Albuquerque			
PROF.	Luís Queijo / Leydervan			
DATA	20/07/2019	VISTO		
ESC.	TÍTULO	Curso	UNIDADES	FOLHA Nº
1:20	Soleira	Eng. Industrial	mm	3 de 9
		NÚMERO DO DESENHO		
		3		

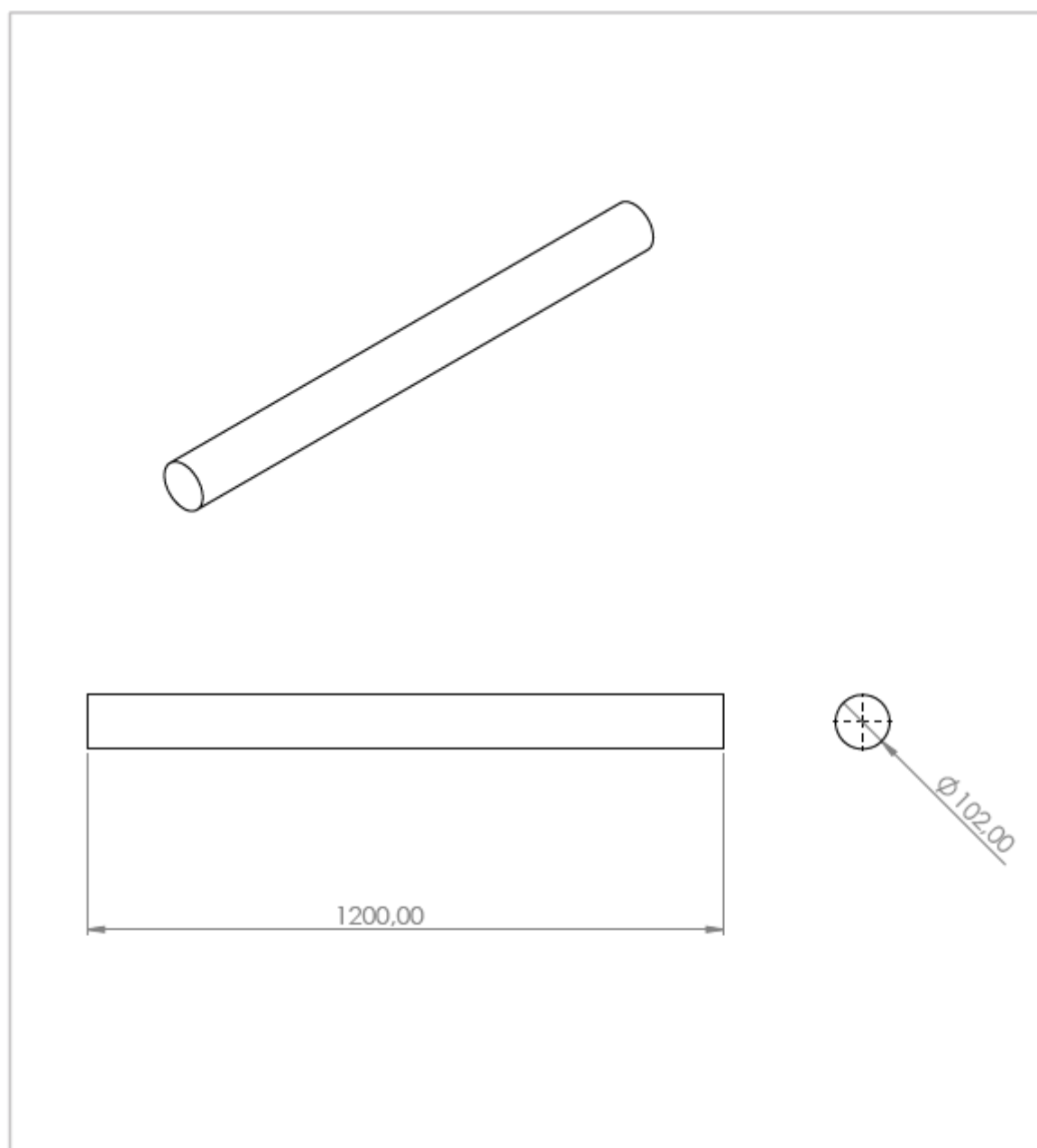
Produto educacional do SOLIDWORKS. Somente para fins de instrução.



Nº DO ITEM	NOME DA PEÇA	DESCRIÇÃO	Material	QTD.
3	Apoio soleira	Tubo quadrado de lado 30mm e espessura de 3mm	AISI 1020	5
ALUNO	Francisco Braga de Albuquerque			
PROF.	Luís Queijo / Leydervan			
DATA	20/07/2019	VISTO		
ESC.	TÍTULO	Curso Eng. Industrial	UNIDADES mm	FOLHA Nº 4 de 9
1:10	Apoio soleira	NÚMERO DO DESENHO 4		

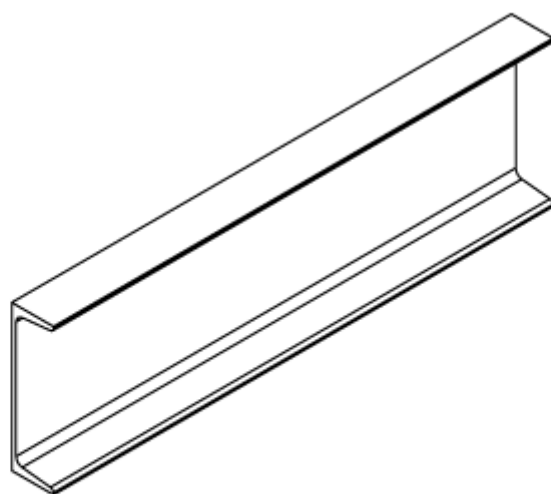
Produto educacional do SOLIDWORKS. Somente para fins de instrução.








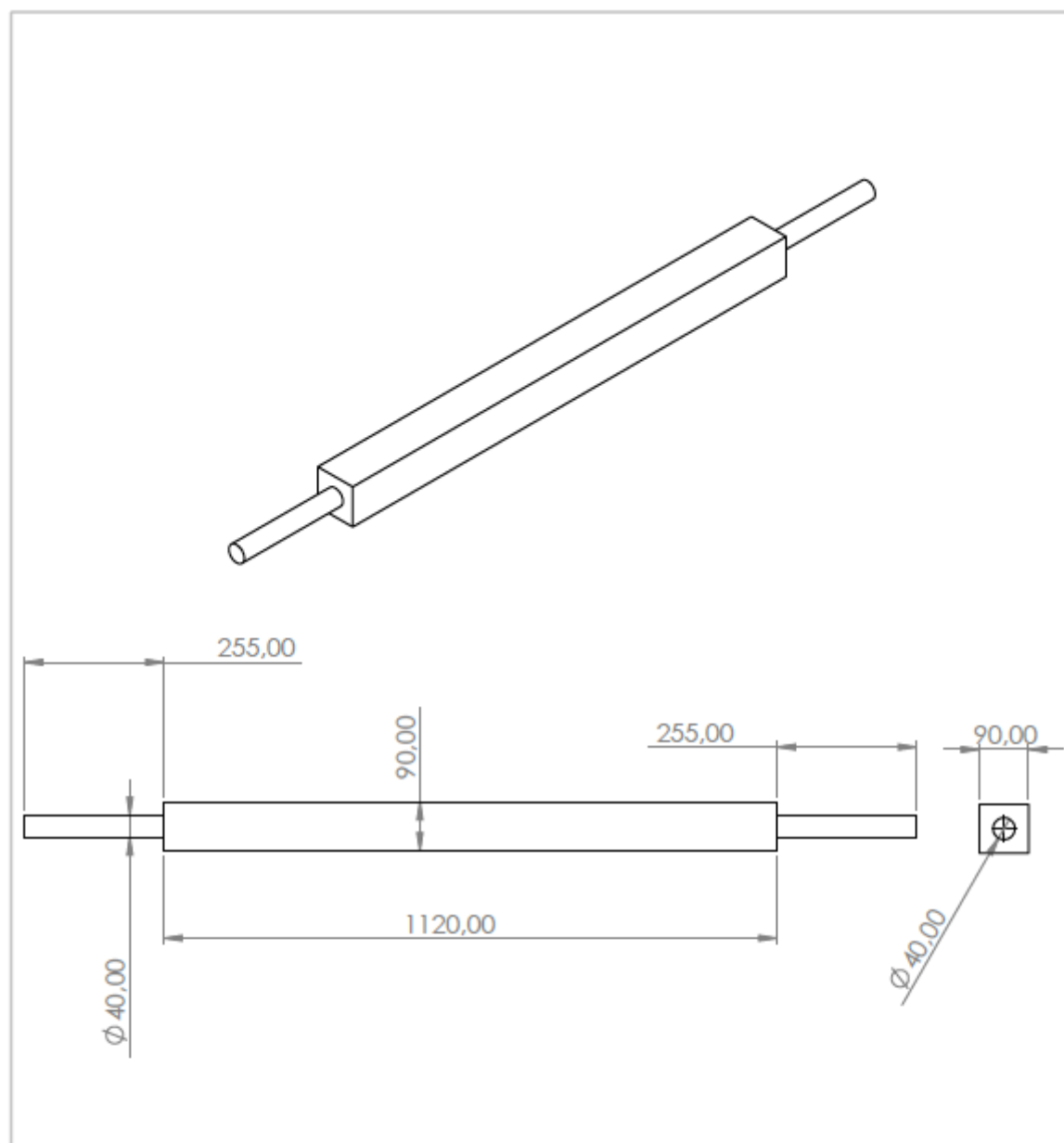
Nº DO ITEM	NOME DA PEÇA	DESCRIÇÃO	Material	QTD.
6	Rolete	Rolete 102mm de diâmetro - Intralox	AISI 1020	3
ALUNO	Francisco Braga de Albuquerque			
PROF.	Luís Queijo / Leydervan			
DATA	20/07/2019	VISTO		
ESC.	TÍTULO	Curso	UNIDADES	FOLHA Nº
1:10	ROLETE	Eng. Industrial	mm	6 de 9
		NÚMERO DO DESENHO		
		6		

Produto educacional do SOLIDWORKS. Somente para fins de instrução.



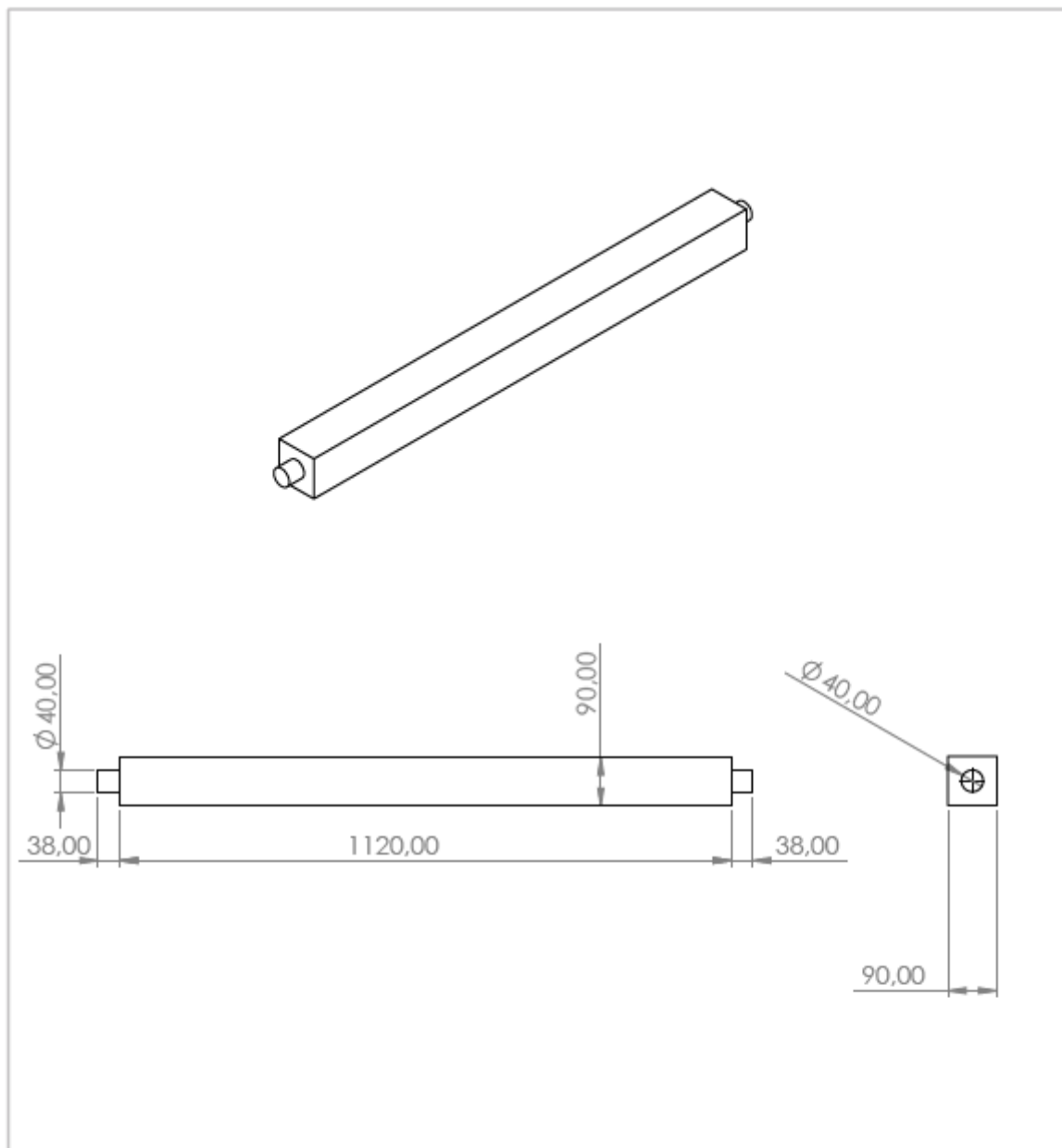
Nº DO ITEM	Nº DA PEÇA	DESCRIÇÃO	Material	QTD.
7	Proteção parte girante	CH 350 x 52	AISI 1020	2
ALUNO	Francisco Braga de Albuquerque		 	
PROF.	Luís Queijo / Leydervan			
DATA	20/07/2019	VISTO		
ESC.	TÍTULO	Curso	UNIDADES	FOLHA Nº
1:10	Proteção parte girante	Eng. Industrial	mm	7 de 9
		NÚMERO DO DESENHO		
		7		

Produto educacional do SOLIDWORKS. Somente para fins de instrução.



Nº DO ITEM	NOME DA PEÇA	DESCRIÇÃO	Material	QTD.	
8	Eixo motor	Tubo quadrado lado 90mm espessura de 3mm	AISI 1020	1	
ALUNO	Francisco Braga de Albuquerque				
PROF.	Luís Queijo / Leydervan				
DATA	20/07/2019	VISTO			
ESC.	TÍTULO		Curso Eng. Industrial	UNIDADES mm	FOLHA Nº 8 de 9
1:10	Eixo motor		NÚMERO DO DESENHO 8		

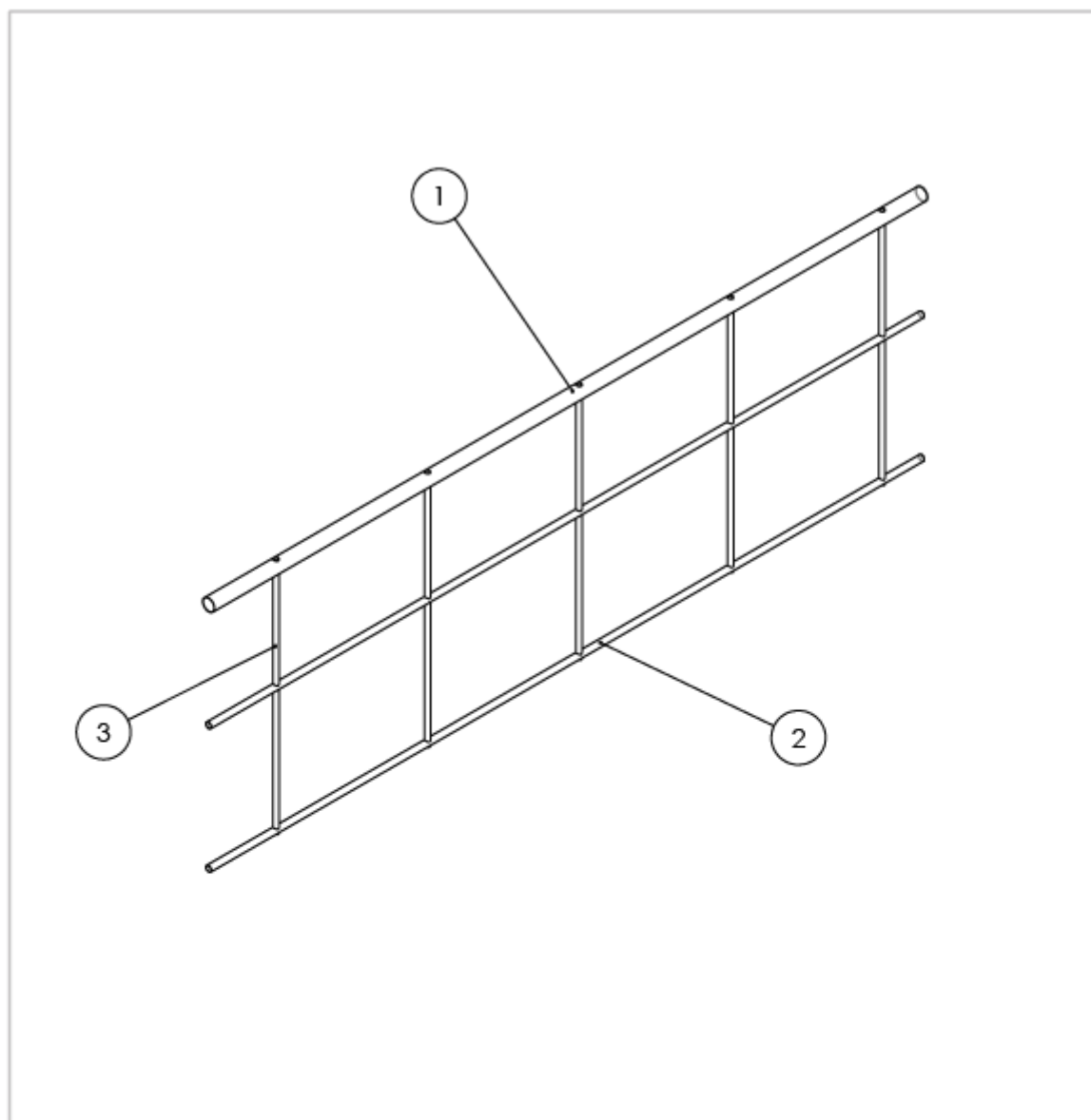
Produto educacional do SOLIDWORKS. Somente para fins de instrução.



Nº DO ITEM	NOME DA PEÇA	DESCRIÇÃO	Material	QTD.
9	Eixo movido	Tubo quadrado lado 90mm espessura de 3mm	AISI 1020	1
ALUNO	Francisco Braga de Albuquerque			
PROF.	Luís Queijo / Leydervan			
DATA	20/07/2019	VISTO		
ESC.	TÍTULO	Curso Eng. Industrial	UNIDADES mm	FOLHA Nº 9 de 9
1:10	Eixo motriz	NÚMERO DO DESENHO 9		

Produto educacional do SOLIDWORKS. Somente para fins de instrução.

Anexo XXV – Componentes da gaiola de proteção

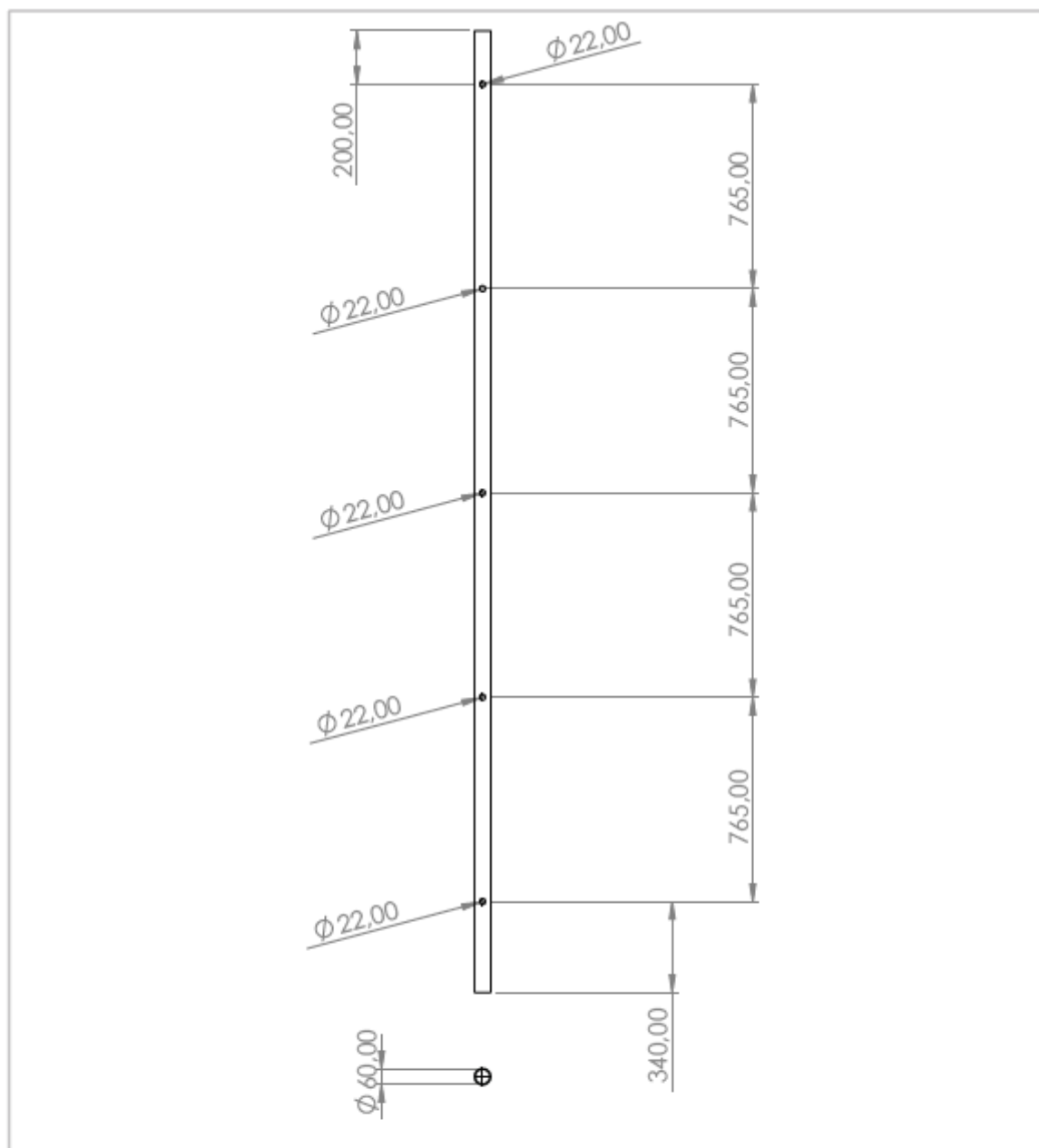


Lista de componentes

Nº do item	Descrição	Quantidade
1	Corrimão gaiola	2
2	Casquilho gaiola	4
3	Tubo vertical	10

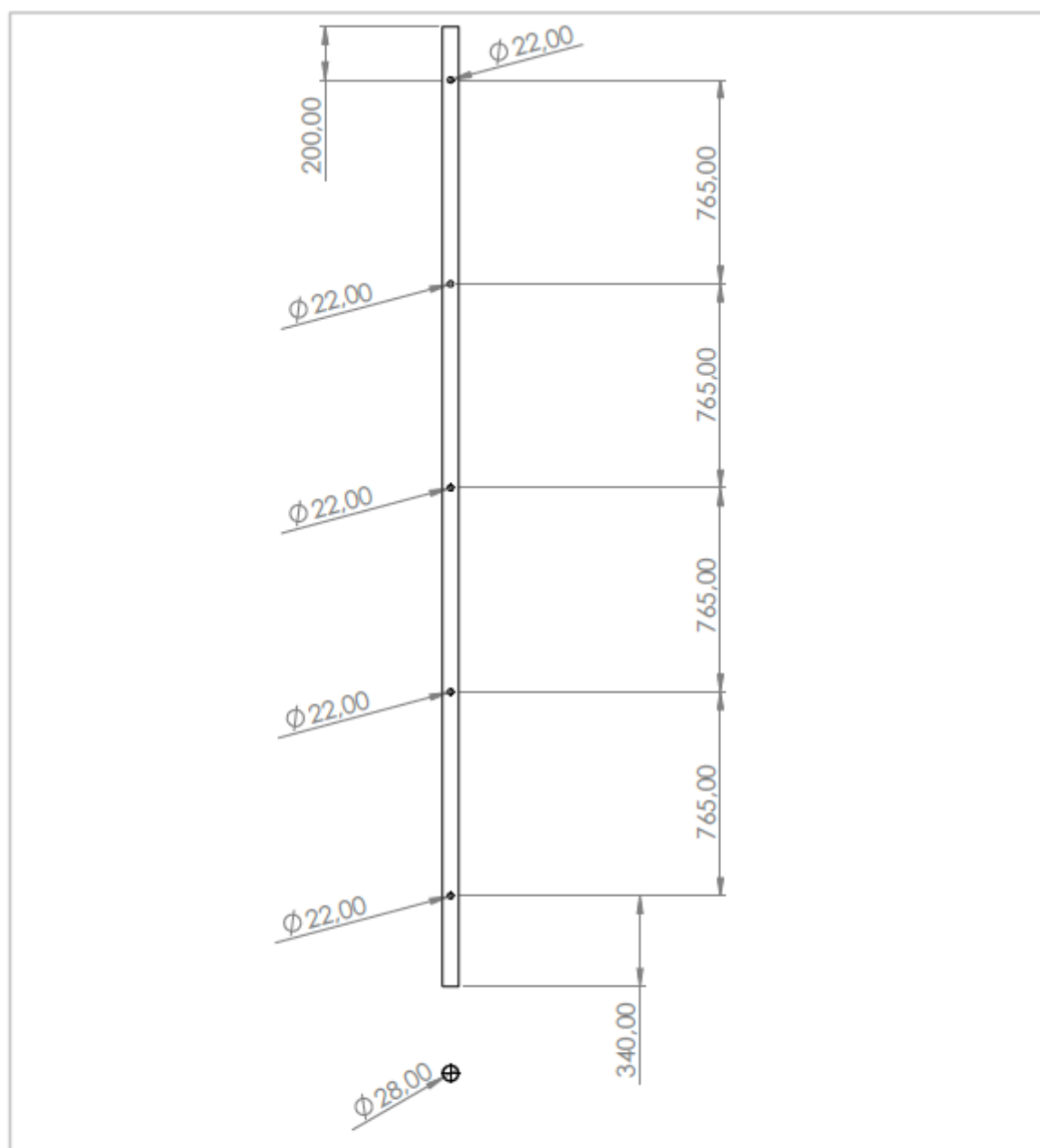
ALUNO	Francisco Braga de Albuquerque		 ipb INSTITUTO POLITÉCNICO DE BRAGANÇA	 CEFET/RJ
PROF.	Luís Queijo / Leydervan			
DATA	20/07/2019	VISTO		
ESC.	TÍTULO	Curso	UNIDADES	FOLHA Nº
1:20	Componentes Gaiola	Eng. Industrial	mm	1 de 4
		NÚMERO DO DESENHO		
		1		

Produto educacional do SOLIDWORKS. Somente para fins de instrução.



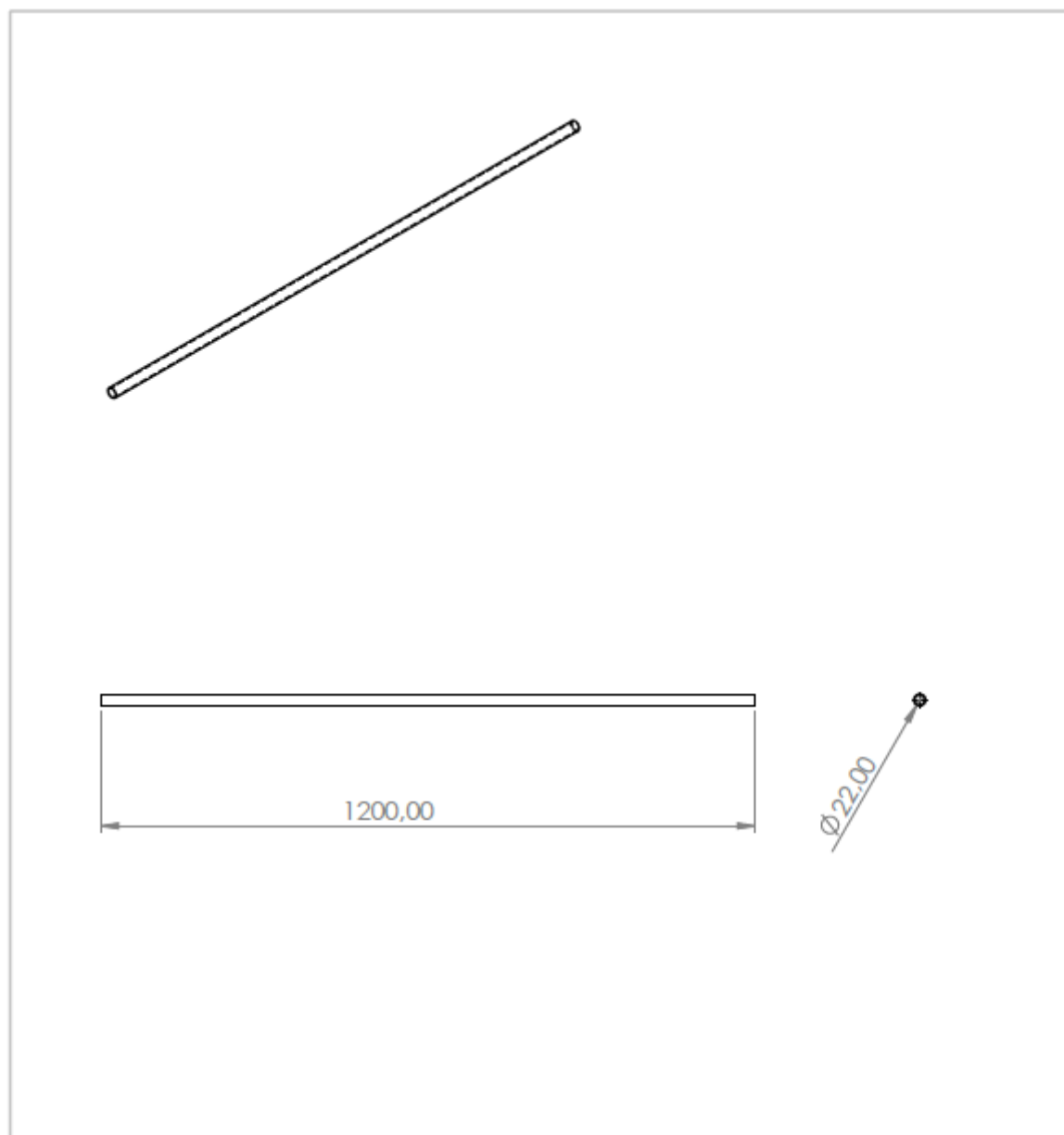
Nº DO ITEM	NOME DA PEÇA	DESCRIÇÃO	Material	QTD.
1	Corrimão gaiola	Tubo 60mm de diâmetro com parede de 2mm	AISI 1020	2
ALUNO	Francisco Braga de Albuquerque			
PROF.	Luís Queijo / Leydervan			
DATA	20/07/2019	VISTO		
ESC.	TÍTULO	Curso Eng. Industrial	UNIDADES mm	FOLHA Nº 2 de 4
1:20	Corrimão gaiola	NÚMERO DO DESENHO 2		

Produto educacional do SOLIDWORKS. Somente para fins de instrução.



Nº DO ITEM	NOME DA PEÇA	DESCRIÇÃO	Material	QTD.
2	Casquilho gaiola	Tubo 28mm de diâmetro com parede de 3mm	AISI 1020	4
ALUNO	Francisco Braga de Albuquerque			
PROF.	Luís Queijo / Leydervan			
DATA	20/07/2019	VISTO		
ESC.	TÍTULO	Curso Eng. Industrial	UNIDADES mm	FOLHA Nº 3 de 4
1:20	Casquilho gaiola	NÚMERO DO DESENHO 3		

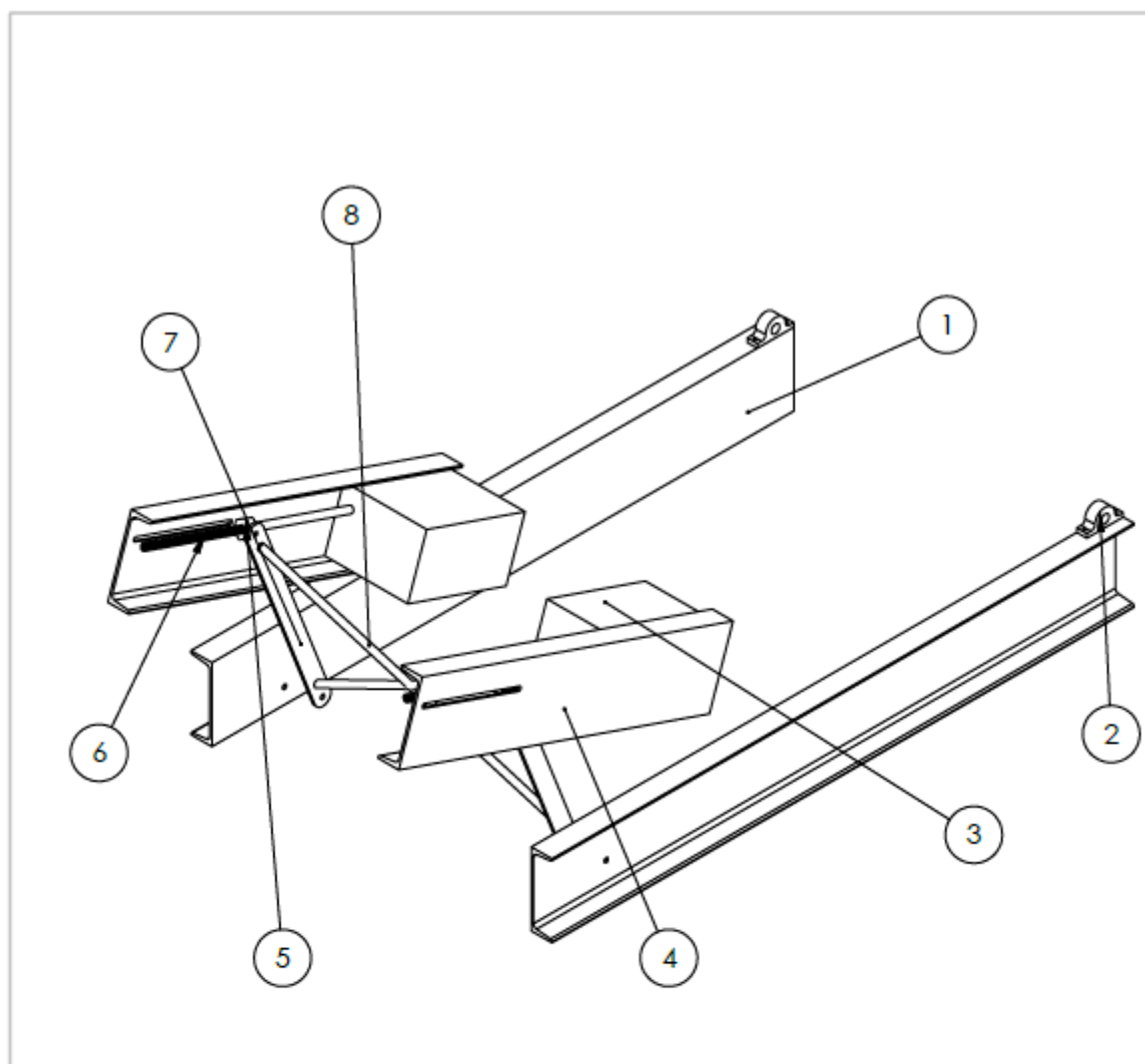
Produto educacional do SOLIDWORKS. Somente para fins de instrução.



Nº DO ITEM	NOME DA PEÇA	DESCRIÇÃO	MATERIAL	QTD.
3	Tubo vertical	Tubo de diâmetro de 22mm e parede de 2mm	AISI 1020	10
ALUNO	Francisco Braga de Albuquerque			
PROF.	Luís Queijo / Leydervan			
DATA	20/07/2019	VISTO		
ESC.	TÍTULO	Curso	UNIDADES	FOLHA Nº
1:10	Tubo vertical	Eng. Industrial	mm	4 de 4
		NÚMERO DO DESENHO		
		4		




Produto educacional do SOLIDWORKS. Somente para fins de instrução.

Anexo XXVI – Componentes do sistema de inclinação

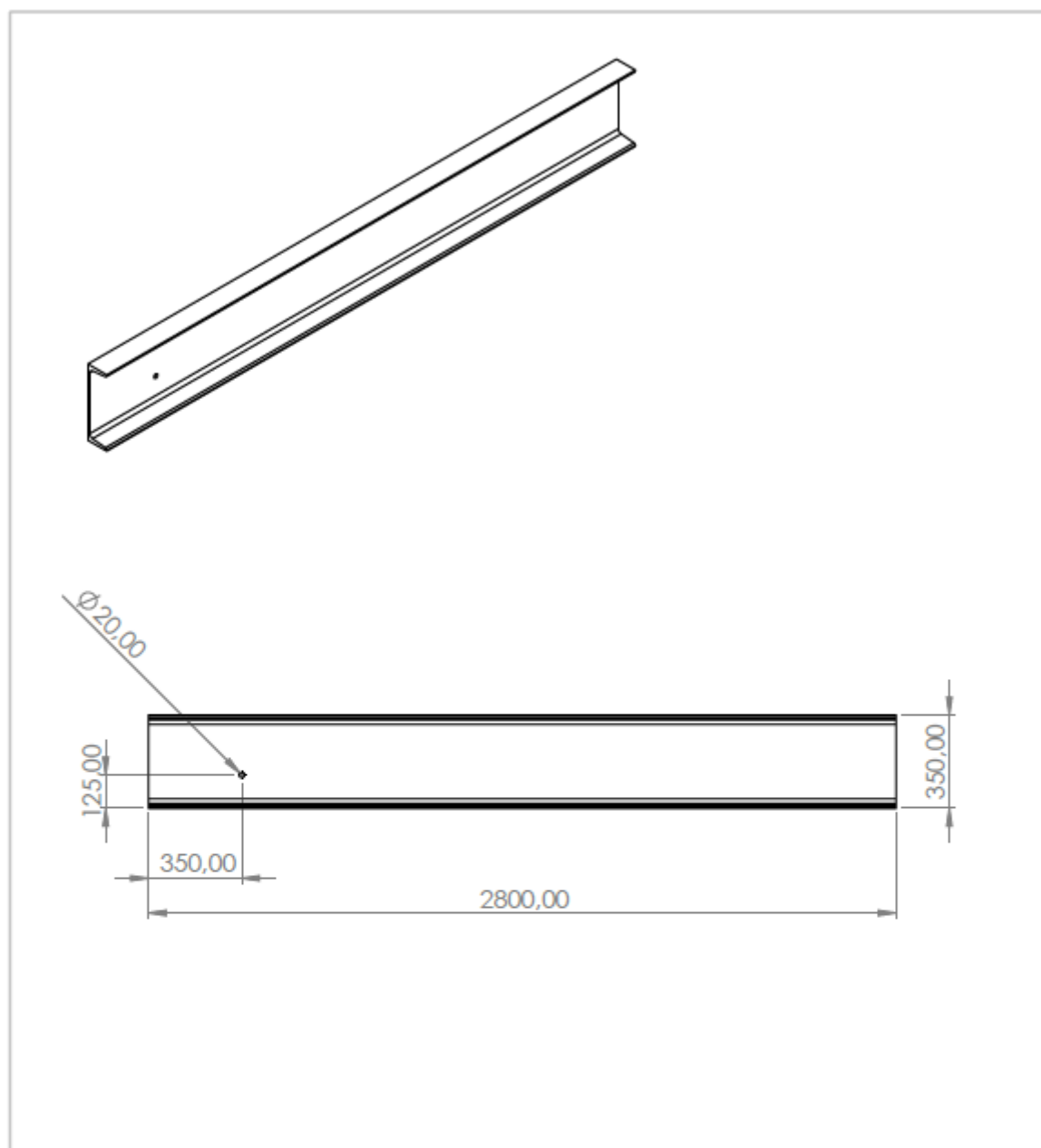


Lista de Componentes

Nº item	Descrição	Quantidade
1	Perfil C apoio inclinador	2
2	Mancal - SY 40 TF	2
3	Motoredutor - MNHL 25/2 26,05/1 P80B5 0,55KW	2
4	Perfil C suporte do parafuso sem fim	2
5	Porca	2
6	Parafuso sem fim	2
7	Haste	2
8	Tubo estabilizador	2

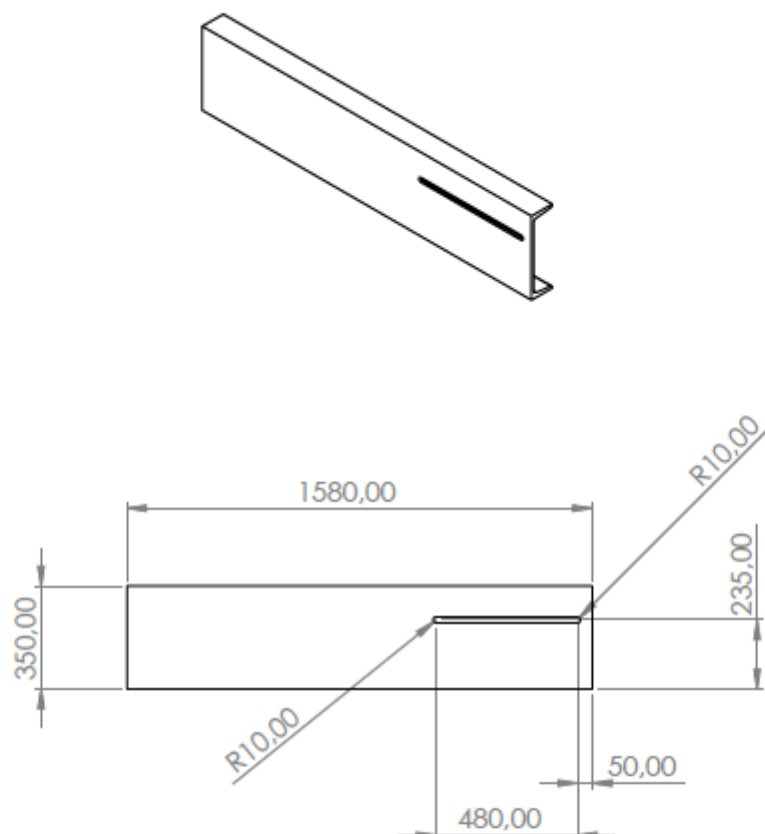
ALUNO	Francisco Braga de Albuquerque			 IPB INSTITUTO POLITÉCNICO DE BRAGANÇA	 CEFET/RJ
PROF.	Luís Queijo / Leydervan				
DATA	20/07/2019	VISTO			
ESC.	TÍTULO	Curso	UNIDADES	FOLHA Nº	
1:20	Componentes sistema de inclinação	Eng. Industrial	mm	1 de 7	
		NÚMERO DO DESENHO			
		1			

Produto educacional do SOLIDWORKS. Somente para fins de instrução.



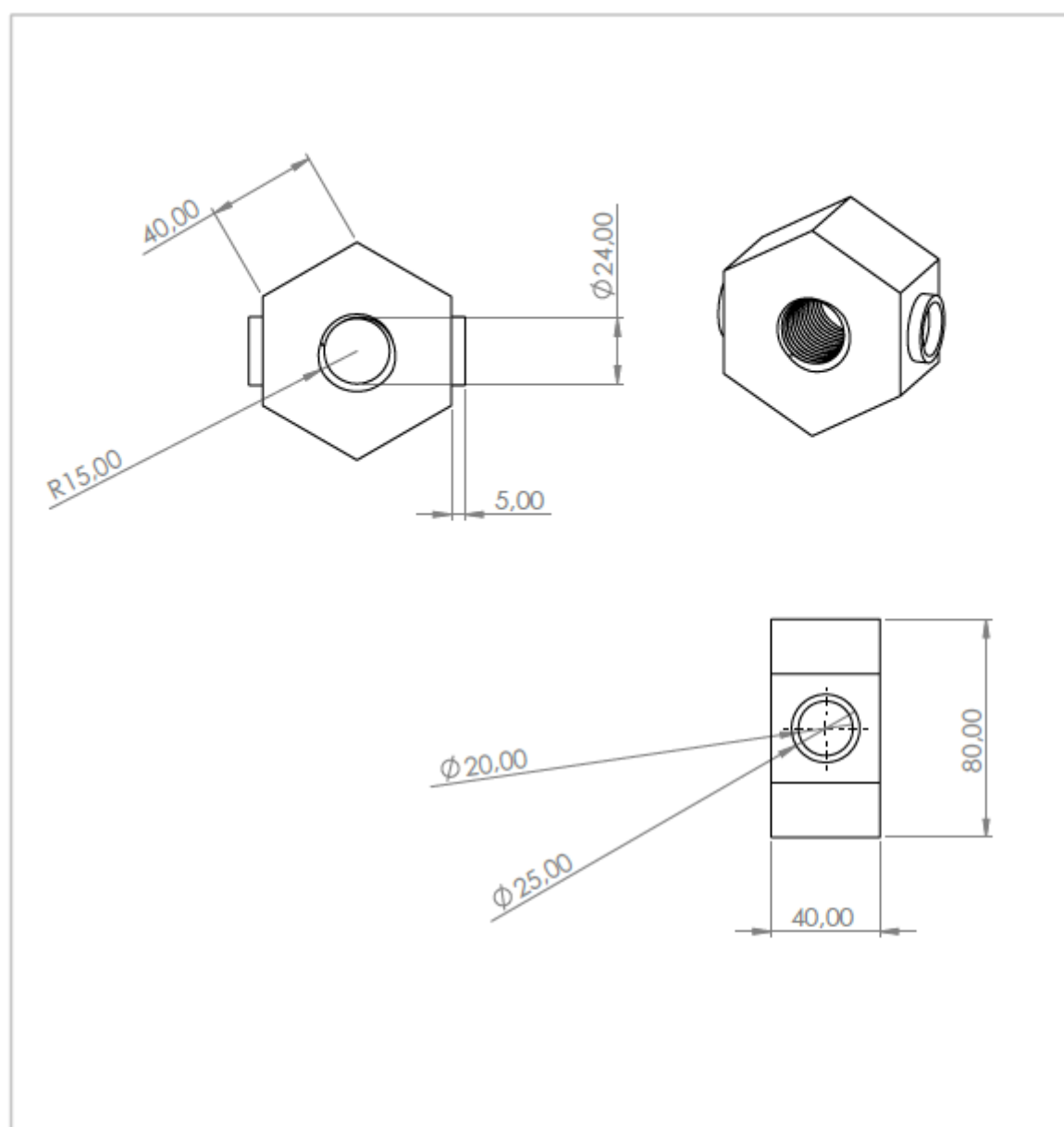
Nº DO ITEM	NOME DA PEÇA	DESCRIÇÃO	Material	QTD.
1	Perfil C apoio inclinador	CH 350 x 52	AISI 1020	2
ALUNO	Francisco Braga de Albuquerque			
PROF.	Luís Queijo / Leydervan			
DATA	20/07/2019	VISTO		
ESC.	TÍTULO	Curso	UNIDADES	FOLHA Nº
1:20	Perfil C apoio inclinador	Eng. Industrial	mm	2 de 7
		NÚMERO DO DESENHO		
		2		

Produto educacional do SOLIDWORKS. Somente para fins de instrução.



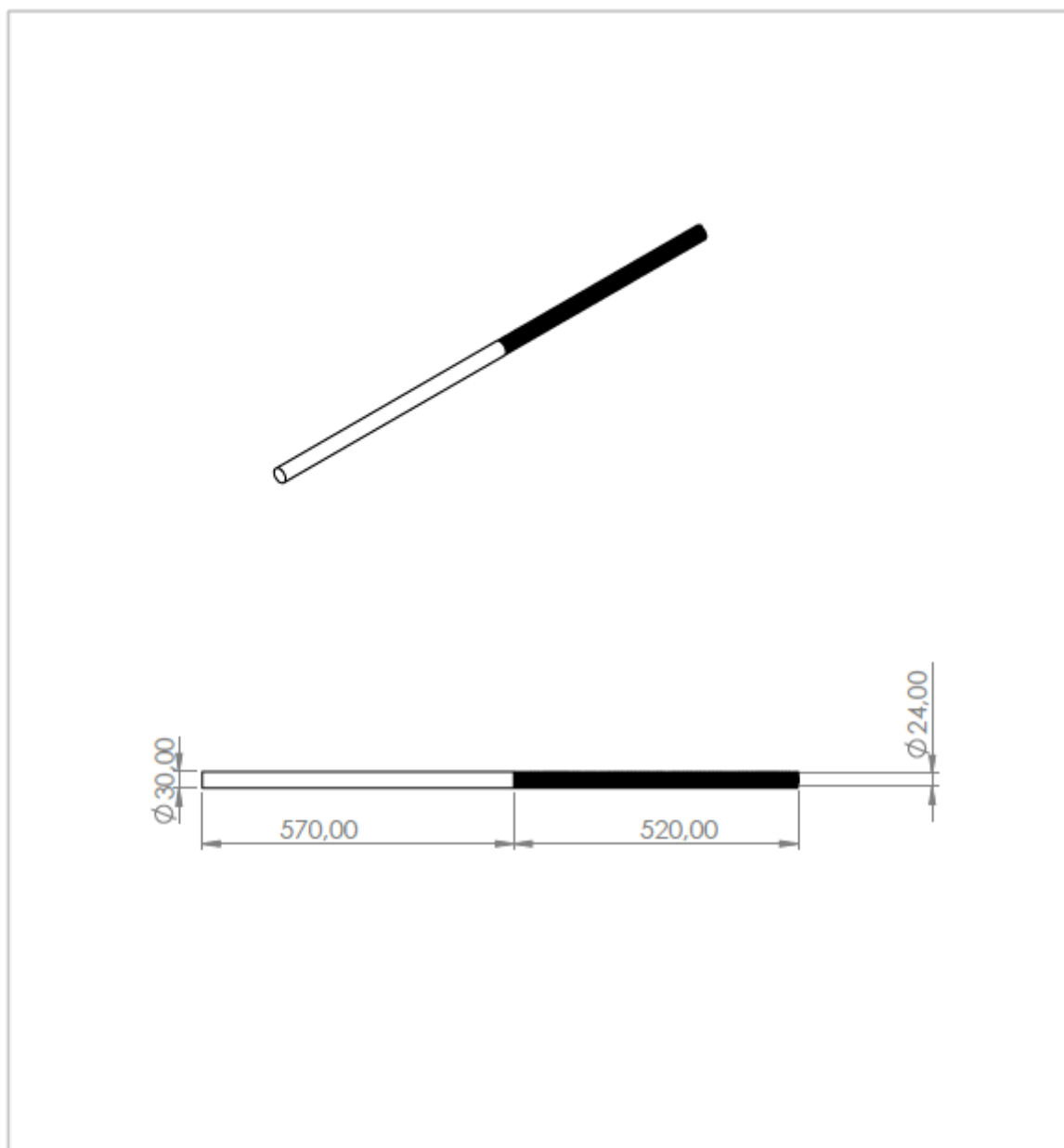
Nº DO ITEM	NOME DA PEÇA	DESCRIÇÃO	MATERIAL	QTD.
4	Perfil C suporte parafuso sem fim	CH 350 x 52	AISI 1020	2
ALUNO	Francisco Braga de Albuquerque			
PROF.	Luís Queijo / Leydervan			
DATA	20/07/2019	VISTO		
ESC.	TÍTULO	Curso Eng. Industrial	UNIDADES mm	FOLHA Nº 3 de 7
1:20	Perfil C suporte parafuso sem fim	NÚMERO DO DESENHO 3		

Produto educacional do SOLIDWORKS. Somente para fins de instrução.



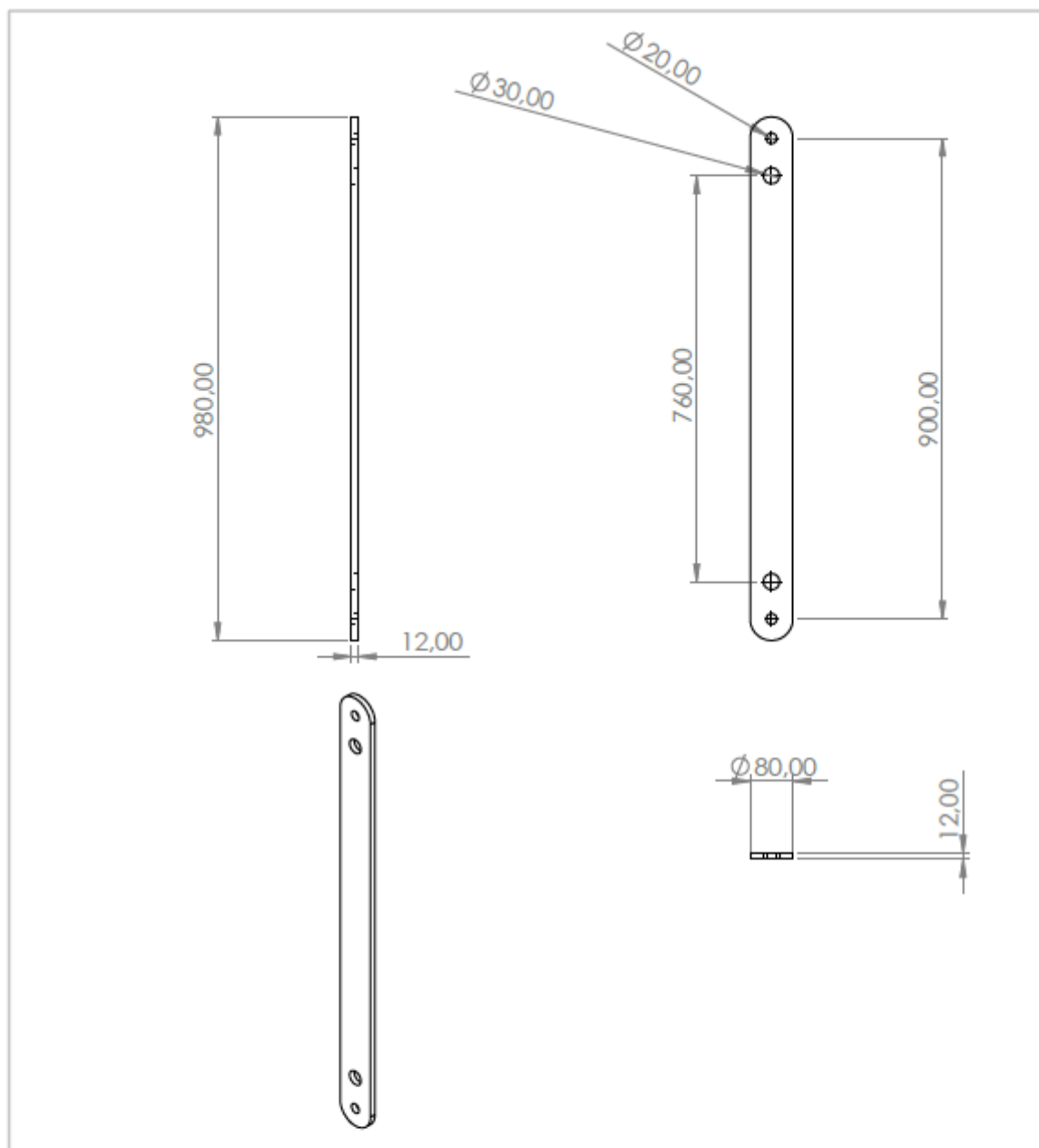
Nº DO ITEM	NOME DA PEÇA	DESCRIÇÃO	MATERIAL	QTD.
5	Porca	Porca sextavada com rosca interna no sentido anti-horário do tipo trapezoidal. Passo de 3mm e altura de dente de 3mm.	AISI 1020	2
ALUNO	Francisco Braga de Albuquerque			
PROF.	Luís Queijo / Leydervan			
DATA	20/07/2019	VISTO		
ESC.	TÍTULO	Curso Eng. Industrial	UNIDADES mm	FOLHA Nº 4 de 7
1:2	Porca	NÚMERO DO DESENHO 4		



Produto educacional do SOLIDWORKS. Somente para fins de instrução.



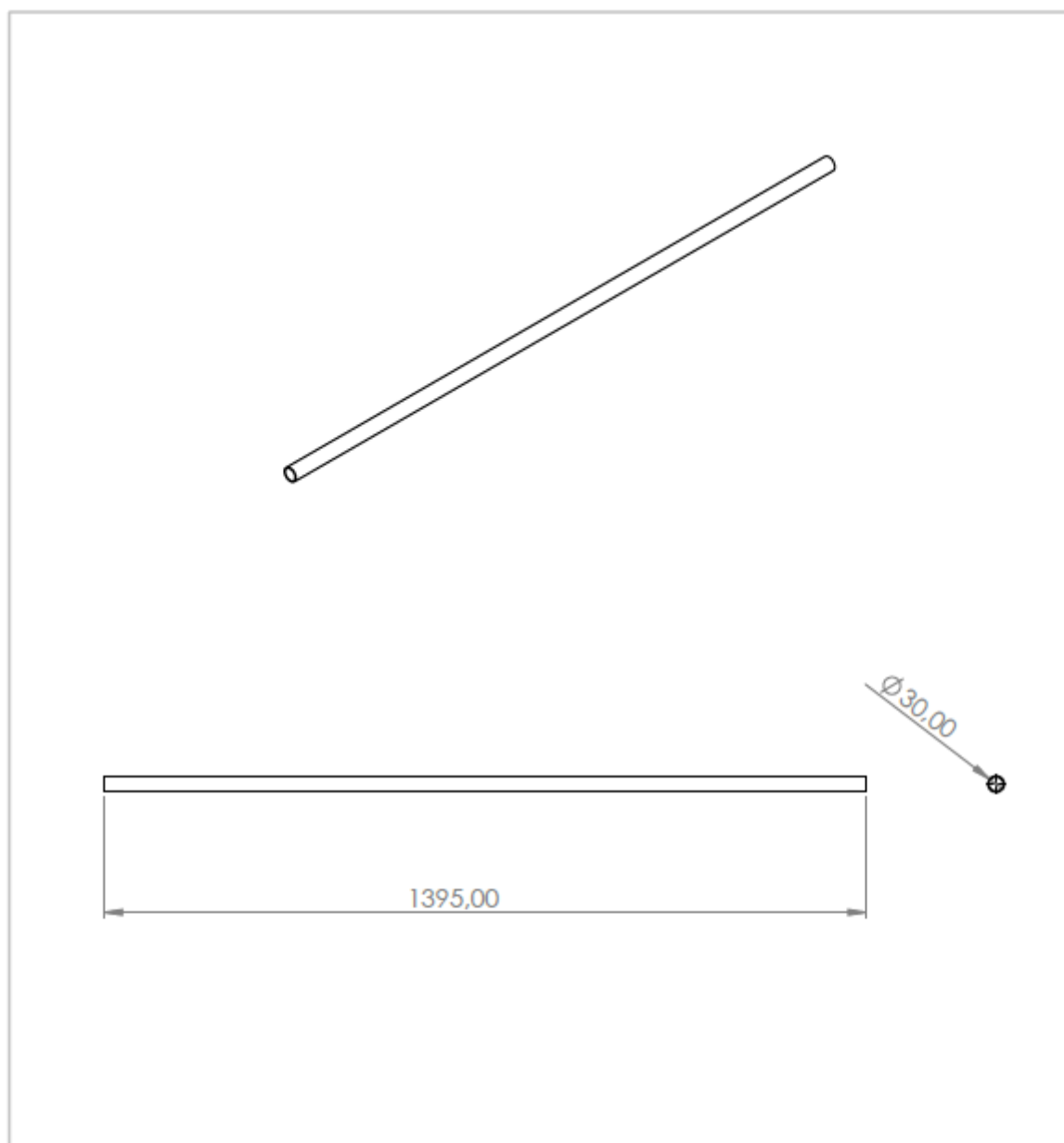
Nº DO ITEM	Nº DA PEÇA	DESCRIÇÃO	MATERIAL	QTD.
6	Parafuso sem fim	Rosca externa sentido horário trapezoidal. Passo de 3mm e altura de dente de 3mm.	AISI 1020	2
ALUNO	Francisco Braga de Albuquerque			
PROF.	Luís Queijo / Leydervan			
DATA	20/07/2019	VISTO		
ESC.	TÍTULO	Curso	UNIDADES	FOLHA Nº
1:10	Parafuso sem fim	Eng. Industrial	mm	5 de 7
		NÚMERO DO DESENHO		
		5		

Produto educacional do SOLIDWORKS. Somente para fins de instrução.



Nº DO ITEM	Nº DA PEÇA	DESCRIÇÃO	MATERIAL	QTD.
7	Haste	Haste de aço espessura 12mm	AISI 1020	2
ALUNO	Francisco Braga de Albuquerque		 	
PROF.	Luís Queijo / Leydervan			
DATA	20/07/2019	VISTO		
ESC.	TÍTULO	Curso	UNIDADES	FOLHA Nº
1:10	Haste	Eng. Industrial	mm	6 de 7
		NÚMERO DO DESENHO		
		6		

Produto educacional do SOLIDWORKS. Somente para fins de instrução.



Nº DO ITEM	NOME DA PEÇA	DESCRIÇÃO	Material	QTD.
8	Tubo estabilizador	Tubo redondo diâmetro de 30mm parede de 3mm	AISI 1020	2
ALUNO	Francisco Braga de Albuquerque			
PROF.	Luís Queijo / Leydervan			
DATA	20/07/2019	VISTO		
ESC.	TÍTULO	Curso Eng. Industrial	UNIDADES mm	FOLHA Nº 7 de 7
1:10	Tubo estabilizador	NÚMERO DO DESENHO 7		

Produto educacional do SOLIDWORKS. Somente para fins de instrução.

Referências Bibliográficas

- [1] V. Simeon, "Asnos y Mulos: Principales razas, morfologia, cria...", Editorial de Vecchi, S.A., 2008, p. 12.
- [2] V. Simeon, "Asnos y Mulos: Principales razas, morfologia, cria...", Editorial de Vecchi, S.A., 2008, pp. 14-15.
- [3] AEPGA [Site institucional], "Causas da extinção," Associação para o Estudo e Protecção do Gado Asinino, 28 Janeiro 2012. [Online]. Disponível em: <https://www.aepga.pt/portal/PT/186/default.html>. [Acesso em 27 junho 2019].
- [4] P. Herold, P. Schlechter e R. Scharnhözl, "Modern use of horses in organic farming," FECTU, setembro 2014. [Online]. Disponível em: <https://www.fectu.org/Englisch/Horses%20in%20organic%20farming.pdf>. [Acesso em 29 junho 2019].
- [5] APTRAN [Site institucional], "III Semana da Gestão Agroflorestal Sustentável Vimioso," Associação Portuguesa de Tracção Animal, 2019. [Online]. Disponível em: <https://www.aptran.pt/nota-introdutoria-2019>. [Acesso em 27 junho 2019].
- [6] AEPGA [Site institucional], "Origem da raça," Associação para o Estudo e Protecção do Gado Asinino, 28 janeiro 2012. [Online]. Disponível em: <https://www.aepga.pt/portal/PT/187/default.html>. [Acesso em 28 junho 2019].
- [7] I. Serra, "Desenvolvimento Rural Sustentável – Uma Perspectiva Participada," - Dissertação, Instituto Universitário de Lisboa, Lisboa, setembro 2013.
- [8] The Donkey Sanctuary [Site institucional], "Our story," [Online]. Disponível em: <https://www.thedonkeysanctuary.org.uk/who-we-are/our-story>. [Acesso em 29 junho 2019].
- [9] J. K. Campbell, "Dibble Sticks, Donkeys, and Diesels, machines in crop production", International Rice Research Institute, 1990, p. 5.
- [10] J. K. Campbell, "Dibble Sticks, Donkeys, and Diesels, machines in crop production", International Rice Research Institute, 1990, pp. 281-283.
- [11] V. Simeon, "Asnos y Mulos: principales razas, morfologia, cria...", Editorial de Vecchi, S.A., 2008, pp. 10-11.

- [12] R. Yevseyev, “Hyracotherium,” DeviantArt, 30 novembro 2012. [Online]. Disponível em: <https://www.deviantart.com/romanyevseyev/art/Hyracotherium-340504481>. [Acesso em 20 junho 2019].
- [13] AEPGA [Site institucional], “A magia do nordeste,” “Associação para o Estudo e Protecção do Gado Asinino”, 28 janeiro 2012. [Online]. Disponível em: <https://www.aepga.pt/portal/PT/209/default.html>. [Acesso em 28 junho 2019].
- [14] AEPGA [Site institucional], “Planalto mirandês,” Associação para o Estudo e Protecção do Gado Asinino, 28 janeiro 2012. [Online]. Disponível em: <https://www.aepga.pt/portal/PT/191/default.html>. [Acesso em 29 junho 2019].
- [15] AEPGA [Site institucional], “Padrão da Raça,” Associação para o Estudo e Protecção do Gado Asinino, 28 janeiro 2012. [Online]. Disponível em: <https://www.aepga.pt/portal/PT/188/default.html>. [Acesso em 29 junho 2019].
- [16] T. R. Carvalho, “Conseguirá o burro de Miranda sobreviver ao risco de extinção?,” Universidade Autónoma de Lisboa, 21 setembro 2018. [Online]. Disponível em: <https://ualmedia.pt/conseguira-o-burro-de-miranda-sobreviver-ao-risco-de-extincao/>. [Acesso em 24 julho 2019].
- [17] AEPGA [Site institucional], “Quem somos,” Associação para o Estudo e Protecção do Gado Asinino, 28 janeiro 2012. [Online]. Disponível em: <https://www.aepga.pt/portal/PT/123/default.html>. [Acesso em 1 julho 2019].
- [18] The Donkey Sanctuary [Site institucional], “Our impact,” The Donkey Sanctuary, [Online]. Disponível em: <https://www.thedonkeysanctuary.org.uk/what-we-do/our-impact>. [Acesso em 3 julho 2019].
- [19] The Donkey Sanctuary [Site institucional], “Why donkeys matter,” The Donkey Sanctuary, [Online]. Disponível em: <https://www.thedonkeysanctuary.org.uk/what-we-do/why-donkeys-matter>. [Acesso em 3 julho 2019].
- [20] The Donkey Sanctuary [Site institucional], “Collaborate,” The Donkey Sanctuary, [Online]. Disponível em: <https://www.thedonkeysanctuary.org.uk/what-we-do/for-professionals/research/collaborate>. [Acesso em 3 julho 2019].
- [21] P. Fernando e P. Starkey, “Donkeys and development: socio-economic aspects of donkey use in Africa,” *Starkey P and Fielding D (eds), Donkeys, people and development A resource book of the Animal Traction Network for Eastern and Southern Africa (ATNESA)*, pp. 3-9, 2004.

- [22] M. Mrema, “An economic analysis of the utilisation of donkeys in Botswana: the past and the future,” *Starkey P and Fielding D (eds), Donkeys, people and development A resource book of the Animal Traction Network for Eastern and Southern Africa (ATNESA)*, pp. 162-165, 2004.
- [23] C. Giudicelli e J. Pruneta, “En Corse, on collecte les déchets à dos d’âne,” France Bleu RCFM [Site Institucional], 16 julho 2018. [Online]. Disponível em: <https://www.francebleu.fr/infos/insolite/en-corse-collecte-les-dechets-a-dos-d-ane-1531748841>. [Acesso em 14 julho 2019].
- [24] European network for rural development [Site institucional], “Innovative business opportunities from donkey milk,” European network for rural development, 26 julho 2016. [Online]. Disponível em: https://enrd.ec.europa.eu/projects-practice/innovative-business-opportunities-donkey-milk_en. [Acesso em 30 junho 2019].
- [25] The Donkey Sanctuary [Relatório], “Under the Skin,” Sidmouth, 2017.
- [26] G. Kriel, “Donkey Farming: opportunity or threat?,” Farmer's Weekly [Site institucional], 8 fevereiro 2018. [Online]. Disponível em: <https://www.farmersweekly.co.za/agribusiness/agribusinesses/donkey-farming-opportunity-threat/>. [Acesso em 30 junho 2019].
- [27] M. Vivian, T. Segura, E. Júnior, C. Sarto, F. Schmidt, F. Júnior, K. Gabov e P. Fardim, “Qualidade das madeiras de *Pinus taeda* e *Pinus sylvestris* para a produção de polpa celulósica kraft,” *Scientia Forestalis*, vol. 43, nº 105, pp. 183-191, 2015.
- [28] C. Garrett, Interviewee, *West Africa particular reality*. [Entrevista]. 8 julho 2019.
- [29] W. Chang e A. Seigreg, “Prediction of ulcer formation on the skin,” *Medical Hypotheses* 53, pp. 141-144, 1999.
- [30] R. Daniel, D. Priest e D. Wheatley, “Etiologic factors in pressure sores: an experimental model,” *Arch Phys Med Rehab*, 62, pp. 492-498, 1981.
- [31] M. Kosiak, “Etiology of decubitus ulcers,” *Arch. Phys. Med Rehabil*, 42, pp. 19-29, 1961.
- [32] A. Byström, A. Stalfelt, A. Egenvall, K. Morgan e L. Roepstorff, “Influence of girth strap placement and panel flocking material on the saddle pressure pattern during riding of horses,” *Equine Veterinary Journal*, 42, pp. 502-509, 2010.
- [33] T. Defloor, “The risk of pressure sores: a conceptual scheme,” *J Clin Nurs*, 8, pp. 206-216, 1999.

- [34] C. Burn, J. Pritchard, M. Farajat, A. Twaissi e H. Whay, “Risk factors for strap-related lesions in working donkeys at the World Heritage Site of Petra in Jordan,” *The Veterinary Journal*, 178, pp. 261-271, 2008.
- [35] L. Agam e A. Gefen, “Pressure ulcers and deep tissue injury: a bioengineering perspective,” *Journal of Wound Care*, 16, pp. 336-342, 2007.
- [36] G. Miller e J. Seale, “The Recovery of Terminal Lymph Flow Following Occlusion,” *J Biomech Eng*, 109, pp. 48-54, 1987.
- [37] Tekscan [Site Institucional], “CONFORMat system,” Tekscan, [Online]. Disponível em: <https://www.tekscan.com/products-solutions/systems/conformat-system>. [Acesso em 3 julho 2019].
- [38] Tekscan, “CONFORMAT® USER MANUAL 7.6X,” *CONFORMat Research Rev S*, p. 124, 2016.
- [39] Tekscan, “CONFORMAT® USER MANUAL 7.6X,” *CONFORMat Research Rev S*, pp. 141-144, 2016.
- [40] K. Nicholson, “Horse Harness Work – equipment,” kathynicholson.wordpress.com [Blog], 4 março 2013. [Online]. Disponível em: <https://kathynicholson.wordpress.com/2013/03/04/horse-harness-work-equipment/>. [Acesso em 24 julho 2019].
- [41] R. Gore, “Think Like A Horse,” Rick Gore Horsemanship, 2004. [Online]. Disponível em: <http://thinklikeahorse.org/index-5.html>. [Acesso em 10 setembro 2019].
- [42] M. Freeman, “Advice for Horse Owners Buying Equine Treadmills,” *Horse Sport*, 2013.
- [43] Intralox, “<http://www.intralox.com/product-guide.aspx>,” 2019. [Online]. Disponível em: <http://www.intralox.com/product-guide.aspx>.
- [44] R. C. Hibbeler, Resistência dos materiais, São Paulo: Pearson Education do Brasil, 2010.
- [45] SEW EURODRIVE, Motoredutores - catálogo, Agosto de 2007.
- [46] R. L. Norton, Projeto de máquinas: uma abordagem integrada, Porto Alegre: BOOKMAN EDITORA LTDA, 2013.
- [47] Reiman, “MNHL 25/2 26,05/1 P80 B5 0,55KW/4 - Moto-Redutor SITI,” 2016. [Online]. Disponível em: <http://www.reiman.pt/index.php?id=547&cat=424&pid=21723>. [Acesso em 15 outubro 2019].