



## Outras petições - Tradução dos documentos apresentados no depósito

Número do Processo: BR 11 2018 001136 3

### Dados do Depositante (71)

---

Depositante 1 de 1

**Nome ou Razão Social:** FRANCIS A. NARDELLA

**Tipo de Pessoa:** Pessoa Física

**CPF/CNPJ:** US0018756419

**Nacionalidade:** Norte Americana

**Qualificação Física:** Médico

**Endereço:** 9885 NORTH 78TH PLACE, SCOTTSDALE, ARIZONA 85258

**Cidade:**

**Estado:**

**CEP:**

**País:** Estados Unidos da América

**Telefone:**

**Fax:**

**Email:**

### Referência Petição

---

**Pedido :** BR112018001136-3

## Dados do Procurador

---

### Procurador:

**Nome ou Razão Social:** Ricardo Cardoso Costa Boclin

**Numero OAB:**

**Numero API:** 1857

**CPF/CNPJ:** 97613185753

**Endereço:** Rua Teófilo Otoni, 63 - 5º ao 8º andar

**Cidade:** Rio de Janeiro

**Estado:** RJ

**CEP:** 20090-080

**Telefone:** 21-2113-1919

**Fax:** 21-2113-1920

**Email:** ricardo.boclin@kasznarleonardos.com

### Escritório:

**Nome ou Razão Social:** KASZNAR LEONARDOS PROPRIEDADE INTELECTUAL

**CPF/CNPJ:** 15305456000137

## Documentos anexados

---

<b>Tipo Anexo</b>	<b>Nome</b>
Comprovante de pagamento	GUIA P133737.pdf
Esclarecimento	ESCLARECIMENTO P133737.pdf
Procuração	substabelecimento kl.pdf
Relatório Descritivo	RELATORIO P133737.pdf
Reivindicação	REIVINDICAÇÕES P133737.pdf
Desenho	DESENHOS P133737.pdf
Resumo	RESUMO P133737.pdf

### **Declaração de veracidade**

---

Declaro, sob as penas da lei, que todas as informações acima prestadas são completas e verdadeiras.

**INSTRUÇÕES:**

**A data de vencimento não prevalece sobre o prazo legal. O pagamento deve ser efetuado antes do protocolo. Órgãos públicos que utilizam o sistema SIAFI devem utilizar o número da GRU no campo Número de Referência na emissão do pagamento. Processo: 1120180011363 Serviço: 260-Outras petições**

**Clique aqui e pague este boleto através do Auto Atendimento Pessoa Física.**

**Clique aqui e pague este boleto através do Auto Atendimento Pessoa Jurídica.**

	<b>Comprovante de pagamento eletrônico de boleto de cobrança</b>	
	Agência/Conta débito: ITAU00603012501	Valor pago: R\$36,00
	Data/Hora pagamento: 21/02/2018 16:27:16	Meio de pagamento: 2CB
	Nº do comprovante: 43451742300002	

**Informações para controle da Kasznar Leonardos**

Titular: FRANCIS A. NARDELLA  
Código do Titular: US0018756419  
Endereço do Titular: 9885 NORTH 78TH PLACE, SCOTTSDALE, ARIZONA 85258  
Usuário: Daniela Ferreira Calipo  
Nosso-número: 29409161801742625  
Referência: PI - P133737/AG28808/RQ43446/18548400/ECR/DFCalipo - CO25707127  
Descrição: Apresentação de Documentos - BR 11 2018 001136 3 de 22/07/16

Recibo do Pagador

	001-9	00190.00009 02940.916188 01742.625179 9 74710000003600
Nome do Pagador/CPF/CNPJ/Endereço KASZNAR LEONARDOS PROPRIEDADE INTELECTUAL CPF/CNPJ: 15305456000137 RUA TEOFILO OTONI N 63 8 ANDAR CENTRO, RIO DE JANEIRO -RJ CEP:20090080		
Sacador/Avalista		
Nosso-Número 29409161801742625	Nr. Documento 29409161801742625	Data de Vencimento 22/03/2018
		Valor do Documento 36,00
		(=) Valor Pago
Nome do Beneficiário/CPF/CNPJ/Endereço INSTITUTO NACIONAL DA PROPRIEDADE INDUST CPF/CNPJ: 42.521.088.0001-37 PRACA MAUA 7 - 14 ANDAR - SALA 1415 , RIO DE JANEIRO - RJ CEP: 20081240		
Agência/Código do Beneficiário 2234-9 / 333028-1		Autenticação Mecânica

	001-9	00190.00009 02940.916188 01742.625179 9 74710000003600
Local de Pagamento <b>PAGÁVEL EM QUALQUER BANCO ATÉ O VENCIMENTO</b>		Data de Vencimento 22/03/2018
Nome do Beneficiário/CPF/CNPJ INSTITUTO NACIONAL DA PROPRIEDADE INDUST CPF/CNPJ: 42.521.088.0001-37		Agência/Código do Beneficiário 2234-9 / 333028-1
Data do Documento 21/02/2018	Nr. Documento 29409161801742625	Espécie DOC DS
Uso do Banco 29409161801742625	Carteira 17	Aceite N
		Data do Processamento 21/02/2018
		Nosso-Número 29409161801742625
		(-) Valor do Documento 36,00
Informações de Responsabilidade do Beneficiário A data de vencimento não prevalece sobre o prazo legal. O pagamento deve ser efetuado antes do protocolo. Órgãos públicos que utilizam o sistema SIAFI devem utilizar o número da GRU n o campo Número de Referência na emissão do pagamento. Processo: 1120180011363 Serviço: 260-Outras petições		(-) Desconto/Abatimento
		(+) Juros/Multa
		(-) Valor Cobrado
Nome do Pagador/CPF/CNPJ/Endereço KASZNAR LEONARDOS PROPRIEDADE INTELECTUAL CPF/CNPJ: 15305456000137 RUA TEOFILO OTONI N 63 8 ANDAR CENTRO, RIO DE JANEIRO-RJ CEP:20090080		Código de Baixa
Sacador/Avalista		Autenticação Mecânica - Ficha de Compensação



ESCLARECIMENTOS NO PEDIDO BR112018001136-3 DE 22/07/2016

REQUERENTE: FRANCIS A. NARDELLA

TÍTULO: MOTOR DE COMBUSTÃO INTERNA.

R A Z Õ E S

A requerente apresenta em anexo a tradução do texto apresentado no ato do depósito e dos desenhos.

Rio de Janeiro, 22 de fevereiro de 2018

KASZNAR LEONARDOS  
PROPRIEDADE INTELECTUAL

## SUBSTABELECIMENTO

**KASZNAR LEONARDOS DALE BARBOSA COLONNA ROSMAN VIANNA – AGENTES DA PROPRIEDADE INDUSTRIAL**, Sociedade Simples Pura, também operando sob a denominação **KASZNAR LEONARDOS PROPRIEDADE INTELECTUAL**, com sede nesta Cidade, na Rua Teófilo Otoni, nº 63, 6º andar, inscrita no CNPJ/MF sob o nº 15.305.456/0001-37, matriculada como Agente da Propriedade Industrial (API) sob o nº 2297/12 (“Substabelecedora”), neste ato representada por seu sócio-administrador, **GUSTAVO JOSÉ FERREIRA BARBOSA**, brasileiro, casado, portador da C.I. RG nº 3.414.686, expedida pelo IFP/RJ, inscrito como API sob o nº 253/98 e no CPF/MF sob o nº 628.331.207-10, residente e domiciliado nesta cidade, na Rua Eurico Melo, 35, Barra da Tijuca, e por seu sócio, **FILIFE DA CUNHA LEONARDOS**, brasileiro, Agente da Propriedade Industrial (API), casado, portador da carteira de identidade nº 4396782, expedida pelo IFP/RJ, inscrito no CPF/MF sob o nº 887.191.117-20, inscrito como API sob o nº 441/1998, residente e domiciliado na Cidade e Estado do Rio de Janeiro, à Rua Timóteo da Costa nº 1.033, bloco 2, apto. 1.004, Leblon, por este instrumento substabelece os poderes recebidos mediante procuração constante nos autos, ou que se encontra aqui anexa, em favor dos seguintes Substabelecidos:

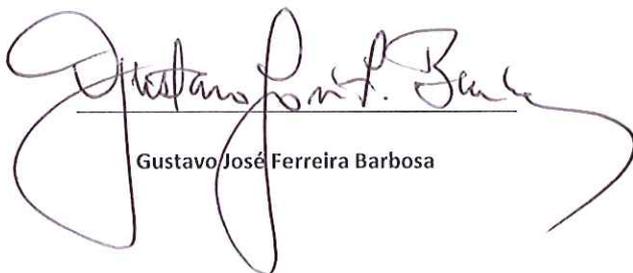
Nome	Carteira de Identidade	Expedida por	CPF	API
ADRIANA LOUREIRO JOSÉ	07288465-3	IFP/RJ	008.357.417-45	444/98
ALICE RAYOL RAMOS SANDES	10.094.561-7	IFP/RJ	081.000.137-30	2113/11
ANA LUCIA PEREIRA ROQUE	10.463.786-3	IFP/RJ	020.658.337-00	2119/11
ANDRÉ BASTOS VENTURINI	011.871.386-6	DIC/RJ	055.639.127-60	2120/11
ANDRÉ LUIS DE FARIA	09323362-5	IFP/RJ	011.733.987-32	436/98
ANTONIO CARLOS RAMOS	708255	SSP/MG	204.110.907-63	438/98
CLAUDIO ROBERTO BARBOSA	19219485	SSP/SP	138.453.388-57	1594/01
DENISE LEITE DE OLIVEIRA DALE	04.112.597-2	IFP/RJ	606.592.117-34	440/98
EDSON PAULA DE SOUZA	09.861.055-3	IFP/RJ	018.466.457-86	2148/11
EDUARDO COLONNA ROSMAN	02.762.505-2	IFP/RJ	494.507.437-20	252/98
ELISABETH KASZNAR FEKETE	3.381.313	IFP/RJ	756.284.147-00	1295/98
FABIO DE ARAUJO OTTONI FERREIRA	11.749.313-0	IFP/RJ	081.759.257-10	1813/05
FILIFE DA CUNHA LEONARDOS	04.396.782	IFP/RJ	887.191.117-20	441/98
FLAVIA BENZATTI TREMURA POLLI RODRIGUES	27.583.583-1	SSP/SP	288.352.138-78	2165/11
GABRIEL FRANCISCO LEONARDOS	04.697.909-2	IFP/RJ	002.515.997-60	251/98
GISELA RIBEIRO GLISSMANN	10530143-6	IFP/RJ	069.629.147-92	1975/07
GUSTAVO JOSÉ FERREIRA BARBOSA	3.414.686	IFP/RJ	628.331.207-10	253/98
JOÃO LUIS D'OREY FACCO VIANNA	05.199.476-2	IFP/RJ	606.741.647-68	256/98
LIZ CARNEIRO LEÃO STARLING	04.785.262-9	IFP/RJ	721.634.537-15	254/98
MARCELO CANELLAS LEITE	06.387.929-0	IFP/RJ	776.435.427-91	1369/99
MARIA CLAUDIA SABATINI	10.313.943-2	IFP/RJ	068.489.467-02	2212/11
MAURICIO LEONARDOS	1.233.204	IFP/RJ	008.357.907-97	250/98
MONICA DE CASSIA PEREIRA DA MOTTA	07.039.382-2	IFP/RJ	899.192.897-87	439/98
PATRICIA SCHNEIDER JORGE	10.626.017-7	IFP/RJ	073.938.137-77	1844/05
PRISCILA MAYUMI KASHIWABARA	28.997.419-7	SSP/RJ	284.025.168-07	2237/11
RICARDO CARDOSO COSTA BOCLIN	08050715-5	IFP/RJ	976.131.857-53	1857/05
ROBERTA DE OLIVEIRA MENDES	94014013175	IIICE/CE	618.885.833-04	2246/11
RONALDO MAGALHÃES VARELLA GOMES	4.496.124	IFP/RJ	777.613.677-87	1394/99
SONIS DE MORAES SOUZA	1.590.576	IFP/RJ	097.703.997-87	1374/99
TATIANA ALMEIDA SILVEIRA	09444762-0	IFP/RJ	032.276.897-74	1677/03
THEREZA GONÇALVES CURI ABRANCHES	08808913-1	IFP/RJ	035.340.537-02	446/98
TOMAZ FRANCISCO LEONARDOS	1.029.718	IFP/RJ	008.359.007-20	249/98
WALTER LUIS	04.870.305-2	IFP/RJ	690.807.807-82	435/98

todos brasileiros, com escritório nesta Cidade do Rio de Janeiro, na Rua Teófilo Otoni nº 63, 6º andar, a quem substabelece poderes para serem exercidos **ISOLADAMENTE**, independente da ordem de nomeação, podendo os Substabelecidos representar clientes da Substabelecedora na assinatura de quaisquer documentos, requerimentos, petições, bem como

substabelecer, e, em especial, (i) requerer e obter registros propriedade industrial, tais como os de marcas de indústria, de comércio e de serviços, títulos de estabelecimento, expressões ou sinais de propaganda, indicações geográficas, patentes de privilégio de invenção, modelos de utilidade, certificados de adição e registros de desenhos industriais; (ii) requerer e obter registros de programas de computador e de contratos relativos a programas de computador; (iii) promover perante a autoridade competente a apresentação de provas de uso e o pagamento das anuidades, quinquênios ou quaisquer outras taxas de manutenção, bem como as prorrogações ou renovações cabíveis; (iv) apresentar protestos, oposições, impugnações, pedidos de reconsideração e de nulidade administrativa, recursos, replicas e defesas escritas ou orais para defesa ativa e passiva dos interesses da mandante; (v) requerer e obter buscas e certidões, a anotação de mudanças de nome ou sede, de transferências, de cessões de domínio e de gravame ou penhor, bem com a averbação e o registro de contratos de licença para fabricação ou cessão de uso de quaisquer dos direitos acima mencionados e de contratos de transferência de tecnologia, prestação de serviços de assistência técnica, franquias e assemelhados; (vi) requerer devoluções de taxas ou retribuições, receber e dar quitação relativamente a tais taxas ou retribuições; (vii) desistir e transigir; e (viii) praticar tudo o mais que for necessário ao bom e fiel cumprimento deste mandato. São aqui ratificados os atos eventualmente já praticados pelos Substabelecidos, ficando certo, ainda, que os poderes ora enunciados poderão ser exercidos perante qualquer Repartição Pública ou Autárquica, Federal, Estadual ou Municipal do Brasil, inclusive o Instituto Nacional da Propriedade Industrial – INPI, a Agência Nacional de Vigilância Sanitária – ANVISA, o Conselho Nacional de Combate à Pirataria e Delitos Contra a Propriedade Intelectual – CNCP, e ainda perante o Banco Central do Brasil – BACEN. Para os devidos fins, este substabelecimento é aplicável a todas as procaurações já outorgadas no passado, ou que venham a ser futuramente outorgadas à Substabelecidora, cessando automaticamente seus efeitos em relação ao Substabelecido que não mais prestar serviços à Substabelecidora.

Rio de Janeiro, 04 de fevereiro de 2013.

**KASZNAR LEONARDOS PROPRIEDADE INTELECTUAL**



Gustavo José Ferreira Barbosa



Filipe da Cunha Leonardos

189 Ofício de Notas - Tabelião Luis Vitoriano Vieira Teixeira  
 Av. Presidente Vargas, 435 12. andar - RJ - Tel. 2507-6151 - Nº 966159  
 Reconheco por semelhança a(s) firma(s): GUSTAVO JOSE FERREIRA BARBOSA#  
 A-98/19-SLT28556, FILIPE DA CUNHA LEONARDOS-91/6-SLT28557, #=====

Rio de Janeiro, 4 de Fevereiro de 2013 as 15:09:42  
 2- Em Testemunho ..... da verdade.  
 FERNANDO RENAN DE QUEIROZ - Autorizado - FRQ - 1407  
 Firma 0,98 + Dados 3,60 + FETA 0,91 + Fundos 0,62 = R\$12,22



## “MOTOR DE COMBUSTÃO INTERNA”

### Aplicação Relacionada e Reivindicação Prioritária

[001] Este pedido reivindica o benefício do Pedido Provisional dos Estados Unidos No. 62195611, depositado em 22 de julho de 2015, intitulado "Internal Combustion Piston Engine For Aviation" o qual é incorporado aqui em sua totalidade por esta referência.

### Campo da Invenção

[002] A presente invenção refere-se aos motores de pistão de combustão interna para aviação. Mais particularmente, refere-se a um motor de pistão de combustão interna que é configurado de modo que as frequências de excitação harmônicas dominantes do motor convergem com a frequência natural de modo 1 do trem de acionamento em velocidades rotacionais mais baixas fora da faixa de operação normal de alta velocidade do motor, desse modo, reduzindo os momentos de torções, martelamento da engrenagem devido às inversões de torque de alta amplitude e tensão de torção. Em certas modalidades do motor, o eixo de came, além de seu papel padrão no controle da abertura e fechamento das válvulas de gatilho, provê a redução da engrenagem, redução da vibração de torção e transmissão de potência para o propulsor.

### Fundamentos

[003] Os motores de pistão para aviação geral são motores de ignição por centelha, tipicamente de grandes cilindradas, de acionamentos diretos, resfriados a ar, que queimam o combustível de aviação com chumbo e tipicamente funciona entre 2300 e 2700 rpm. Nas revoluções mais altas por minuto ("rpm"), a velocidade do propulsor aborda a velocidade do som com diminuições correspondentes na eficiência.

[004] O combustível de aviação é considerado um combustível exclusivo; é caro e não disponível em muitas partes do mundo. O futuro do combustível também está em questão porque contém chumbo. Por estas

razões, esforço considerável tem sido gasto para desenvolver motores viáveis de ignição por compressão para aviação geral para queimar o combustível diesel e de jato. Além de queimar o combustível de jato, que está amplamente disponível e mais barato, os motores de ignição por compressão são mais eficientes, e o combustível de jato e o combustível diesel tem densidades de energia mais elevadas do que a gasolina da aviação. O combustível de jato queima as soluções do turbo propulsor e do turbo jato com potência, peso e vantagens de confiabilidade sobre os motores alternativos, não são economicamente viáveis para grande parte da aviação geral neste momento porque os custos e queima de combustível são muito maiores.

[005] A potência do motor está diretamente relacionada com a pressão sobre os pistões, cilindrada do motor e rpm. A fim de gerar a potência necessária em rpm mais baixa necessária para o propulsor empregando acionamento direto do propulsor, os motores padrões de aviação de ignição por centelha têm grandes cilindradas. Por exemplo, o Continental TSIO-550-K possui uma cilindrada de 9,05 l (550 m<sup>3</sup>). Gera 315 hp (235 kW) a 2500 rpm e possui um peso não estabelecido de 578,41bs (262,4 kg) com turbo alimentadores duplos. É empregado na aeronave de aviação geral de motor único mais comercialmente bem-sucedido atualmente disponível, o Cirrus SR22T, que é uma aeronave de 4/5 lugares com 3600 libras de peso bruto e tipicamente voa em velocidades de cruzeiro aproximando-se de 200kts (370,4 Km/h) (230 mph). O TSIO-550 e sua série de motor de ignição por centelha de contraparte TIO-540 Lycoming representam o estado atual da técnica na aviação geral e refletem os alvos de peso e potência a serem obtidos na modalidade preferida desta invenção.

[006] Os esforços para desenvolver motores viáveis de ignição por compressão para aviação geral têm sido alcançados com dificuldade. Estes motores tipicamente pesam mais do que os motores de ignição por centelha para forçar os aumentos na pressão gerada. Os esforços atuais incluem tanto

motores de acionamento direto resfriados a óleo quanto ar de maior cilindrada e motores resfriados a líquido de menor cilindrada que funcionam em rpm mais elevado e que incorporam caixas de engrenagens de redução de velocidade de propulsor. Os motores de acionamento direto de maior cilindrada podem não ser bem-sucedidos na reunião dos requisitos do peso para produzir potência na gama de 300 hp. As caixas de engrenagens de motores de menores cilindradas são suscetíveis aos efeitos potencialmente destrutivos da vibração de torção característica dos motores de ignição por compressão.

[007] Thielert, agora de propriedade da Continental Motors (que é uma subsidiária da Aviation Industry Corporation of China (AVIC), por sua vez de propriedade da Peoples Republic of China), apresentou a primeira aplicação comercialmente bem-sucedida de um motor de ignição por compressão para aviação geral, o Centurion 1.7. É um motor turbo alimentado de 1,689 l (103 m<sup>3</sup>), 134 kg (295 libras) produzindo 135 hp (101 kW) com base em um motor com eixo de came aéreo duplo, resfriado a líquido, Mercedes de 4 cilindros em linha. Um bloco de liga de alumínio foi substituído pelo bloco de ferro empregado nos motores Mercedes. O motor foi certificado pela EASA ("European Aviation Safety Agency") em 2002 e a FAA ("Federal Aviation Administration") em 2003. A produção cessou em 2006 quando a produção do Centurion 2.0 (novo CD 135) começou. O 2.0 é uma variante de 1,991 litros (121,5 m<sup>3</sup>), com o mesmo peso e potência como o 1.7, que também usa um bloco do motor Mercedes. Este foi seguido mais tarde pelo 2.0S (agora CD 155) com 155 hp (114 kW). As rpm desses motores em potência máxima é de 3890 com uma relação de caixa de engrenagem de redução de velocidade de propulsor de 1:1.69.

[008] Os problemas com estes motores de ignição por compressão têm sido significantes. Sofrem de uma confiabilidade relativamente fraca, quando comparados aos motores de pistão de aviação de ignição por centelha

resfriados a ar, para os quais o tempo esperado antes da revisão ("TBO") é de 2000 horas. A variante inicial do Centurion 1.7 l foi interrompida em 2006. O tempo antes da substituição ("TBR") pelo motor é de 1000 horas com embreagem obrigatória e desmontagem da caixa de engrenagem e inspeção a cada 300 horas. O Centurion 2.0 possui um TBR de 1500 horas com inspeções da caixa de engrenagem a cada 600 horas. O Centurion 2.0S possui um TBR de 1200 horas, com inspeções da caixa de engrenagem a cada 600 horas. O desenvolvimento do V8 Centurion 4, 3,996 l (243,9 m<sup>3</sup>), 350 hp (246 kW) com caixa de engrenagem e pesando 600 libras (272,2 kg) não estabelecido não foi concluído. O Continental Motors está agora desenvolvendo o CD 300, um V6, variante de 3 l que gera 310 hp (228 kW) a 2300 rpm. É adaptado a partir de um automotor Mercedes com redução da engrenagem e pesa 560 libras não estabelecidas. Pode haver múltiplas razões para a confiabilidade relativamente fraca desses motores e suas caixas de engrenagens, mas um fator principal é provavelmente a vibração de torção inerente nos motores de ignição por compressão. Estes problemas podem, até mesmo, ser maiores para o CD 300 de maior potência com excitação de torção harmônica de 3ª ordem dominante de quatro tempos de seis cilindros.

[009] Por causa da insatisfação com os motores Centurion, Diamond Aircraft Industries, o usuário principal inicial dos motores Centurion, fundou a Austro Engines com seus parceiros em 2007 e desenvolveram o AE 300. O motor AE 300 é um motor de 1,991 l, de quatro cilindros, em linha, resfriado a líquido, turbo alimentado, que gera 168 hp (123.5 kW) a 3880 rpm e pesa 414 libras (185 kg) não estabelecido. Também é com base em um bloco do motor Mercedes e possui uma caixa de engrenagem de redução de velocidade (1:1,69). Mantém o projeto do bloco de ferro mais pesado do motor Mercedes original. Recebeu a certificação para um TBO de 1800 horas para o motor e caixa de engrenagem da EASA.

[0010] A SMA (Societe de Motorisations Aeronautiques), uma subsidiária da Snecma (Safiran), desenvolveu o motor de ignição por compressão SR305, que é similar no projeto para a aviação geral motores de ignição por centelha existente. O SR305 é um motor oposto de quatro cilindros, resfriado a óleo e a ar, de acionamento direto, de ignição por compressão com uma cilindrada de 5 l (305 cm<sup>3</sup>), que produz 227 hp (169,3 kW) a 2200 rpm e pesa 455 libras (206,4 kg) não estabelecido. Possui um TBO de 2400 horas. Foi certificado pela EASA e a FAA em 2011. A SMA está trabalhando em uma variante de 260 - 280 hp e também está desenvolvendo o SR460, uma versão na gama 300 hp de 6 cilindros, que provavelmente pesará mais do que 600 libras não estabelecido e pode não satisfazer os requisitos do peso para a classe de aeronave Cirrus SR22. A Continental Motors comprou os direitos para o menor SR305. Sua própria versão, o CD 230 foi certificado e estão trabalhando em uma variante de CD 250

[0011] A Engineered Propulsion Systems ("EPS") está desenvolvendo um motor aerodiesel. Sua abordagem tem sido usar um motor de 180 graus V8 resfriado a líquido, turbo alimentado com eixos de came aéreas e 4.4 l de cilindrada para atingir 350 hp com redução da engrenagem. A EPS está propondo reduzir a vibração do motor organizando-se os cilindros horizontalmente opostos com moentes da manivela de lançamento pareados, empregando um invólucro de manivela de ferro de grafite compactado, um eixo de equilíbrio de primeira ordem, um amortecedor de vibração de torção interna e isolamento sintonizado. Não é certo se este motor escapará dos problemas que têm afligido os motores anteriores de ignição por compressão com caixas de engrenagens. O peso não estabelecido é de cerca de 600 libras e quando estabelecido pode não satisfazer os requisitos do peso para a classe Cirrus SR22 de aeronave de aviação geral.

[0012] Tentativas anteriores foram feitas para evitar a necessidade de uma caixa separada de engrenagem de redução de velocidade de propulsor propondo-se as configurações do motor de haste impulsora que acionam o propulsor em comum acordo com o eixo de came. Em um motor de combustão interna de quatro tempos, um eixo de came é empregado para controlar mecanicamente a abertura das válvulas de escape e de admissão durante o ciclo do motor para permitir o carregamento dos cilindros com ar ou misturas de combustível e ar e para esgotar os gases queimados. Os eixos de comes, pela natureza de sua função em um motor de pistão de combustão interna de quatro tempos, giram a  $\frac{1}{2}$ , da taxa como o eixo de manivela. Nas configurações em que o eixo de came não é colocado sobre a cabeça do eixo de manivela, abre e fecha as válvulas de escape e de admissão ao impulsionar as hastes impulsoras agindo sobre os balancins. O eixo de came é geralmente acionado pelas engrenagens ou correntes conectadas com o eixo de manivela. Os eixos de comes também são geralmente colocados sobre a cabeça das válvulas ou separadamente ou em pares em que acionam as válvulas de escape e de admissão diretamente e neste exemplo seriam menos adequados como eixos de transmissão de potência.

[0013] As configurações do motor que aciona o propulsor com um eixo em comum com o eixo de came são descritas em US 1.438.289 de Barbarou, US 1.580.082 de Ybarra, US 1.627.108 de Morehouse, US 3.421.490 de Wiseman e US 3.447.515 de Wiseman, e outros. Todas estas patentes descrevem um eixo em comum com o eixo de came impulsionando o propulsor com a engrenagem na frente do motor próximo ao propulsor. Conforme explicado nesta especificação, de qualquer modo, os motores que utilizam um eixo de came para transmissão de potência para o propulsor com redução da engrenagem dianteira (algumas vezes referida aqui como a configuração CDSE-FG) ainda sofrerá de vibração de torção significativa similar às configurações padrões de redução da engrenagem em que uma

caixa de engrenagem específica é montada na frente do motor e conectada ao propulsor com um pequeno eixo geométrico de transmissão do propulsor com correspondentes problemas de confiabilidade e alta manutenção.

[0014] A patente dos Estados Unidos 5.513.601 de Benson descreve um motor de ignição por centelha V-8 com um eixo do propulsor específico e eixos de cames separados. O eixo do propulsor é acoplado ao eixo de manivela através da engrenagem traseira e os eixos de cames são acoplados ao eixo do propulsor através de correias dentadas. De acordo com Benson, o eixo do propulsor mais longo desta disposição permite ao suporte mais sólido do rolamento absorver cargas de torções e outras originando-se do propulsor, cujas reivindicações Benson reduzem a transferência dessas forças para as engrenagens, eixo de manivela e outras peças do motor. Benson falha ao considerar o uso do eixo de came com engrenagem traseira para acionar o propulsor.

[0015] Existe uma necessidade, por conseguinte, de um motor de pistão de combustão interna para aeronave que é adequado para queimar o combustível diesel ou de jato, que satisfaz os requisitos do peso para a classe Cirrus SR22 da aeronave de aviação geral, e que é mais confiável e exige menos manutenção do que os motores anteriores. É um objetivo da presente invenção prover um tal aparelho. Um tal motor também poderia encontrar uso em outras aplicações incluindo aeronave não tripulada, embarcação marítima e certos veículos terrestres.

[0016] As vantagens e os objetivos adicionais da invenção devem ser apresentados na descrição que segue, e em parte devem ser evidentes a partir da descrição, ou podem ser apurados pela prática da invenção. Os objetivos e as vantagens da invenção podem ser realizados e obtidos por meio das instrumentalidades e combinações apontadas nas reivindicações anexas.

### Sumário

[0017] Para obter os objetivos anteriores, e de acordo com as finalidades da invenção como incorporados e amplamente descritos neste documento, nesse contexto é provido um motor de combustão interna para uso com uma aeronave acionada por propulsor. O motor inclui um alojamento de invólucro de manivela que tem uma parede dianteira, uma parede traseira e um eixo de manivela articulado dentro do alojamento do motor e rotativo em torno de um eixo geométrico de eixo de manivela. O eixo de manivela é configurado para ser acionado rotativamente por uma pluralidade de pistões, e a extremidade traseira do eixo de manivela se estende através da parede traseira do alojamento. Um eixo de came é articulado dentro do alojamento do motor e possui uma extremidade frontal que se estende através da parede dianteira do alojamento e a extremidade traseira que se estende através da parede traseira do alojamento. O eixo de came é rotativo em torno de um eixo geométrico de eixo de came que é paralelo ao eixo geométrico do eixo de manivela. Uma série de engrenagens é configurada para transferir a potência rotativa do eixo de manivela para o eixo de came e para girar o eixo de came a uma velocidade que é proporcional à velocidade de rotação do eixo de manivela. A série de engrenagens é disposta para trás da parede traseira do alojamento do motor. O eixo de came é adaptado para funcionar como um eixo geométrico de transmissão que gira um propulsor para prover empuxo propulsivo.

[0018] Em uma modalidade vantajosa, o motor é um motor de ignição por compressão de seis cilindros que tem uma configuração de *boxer*. O motor possui uma potência de pico de transmissão dentro de uma faixa de cerca de 300 cavalos de potência a cerca de 350 cavalos de potência. As engrenagens da série de engrenagens são adaptadas para transferir potência para o eixo de came para impulsionar o propulsor e para girar o eixo de came em uma direção oposta à rotação do eixo de manivela.

[0019] De acordo com outro aspecto de minha invenção, um motor de combustão interna para uso com uma aeronave acionada por propulsor inclui um alojamento de invólucro de manivela que tem uma parede dianteira e uma parede traseira e um trem de acionamento. O trem de acionamento inclui um eixo de manivela e um eixo geométrico de transmissão de potência. O eixo de manivela é articulado dentro do alojamento do motor e é rotativo em torno de um eixo geométrico de eixo de manivela. O eixo de manivela é configurado para ser acionado rotativamente por uma pluralidade de pistões e a extremidade traseira do eixo de manivela se estende através da parede traseira do alojamento. O eixo geométrico de transmissão de potência é articulado dentro do alojamento do motor e possui uma extremidade frontal que se estende através da parede dianteira do alojamento e uma extremidade traseira que se estende através da parede traseira do alojamento. O eixo geométrico de transmissão de potência é rotativo em torno de um eixo geométrico de transmissão que é geralmente paralelo ao eixo geométrico do eixo de manivela. Uma série de engrenagens é configurada para transferir a potência rotativa do eixo de manivela para o eixo geométrico de transmissão de potência e para girar o eixo geométrico de transmissão de potência a uma velocidade que é proporcional à velocidade de rotação do eixo de manivela. A série de engrenagens é disposta para trás da parede traseira do alojamento do motor. O trem de acionamento do motor possui uma frequência natural de modo 1 que converge com as frequências de excitação harmônicas dominantes do motor em uma velocidade que é deslocada abaixo da faixa de operação normal de alta velocidade do motor.

[0020] As configurações do motor de acordo com a presente invenção proveem redução acentuada na vibração de torção originando-se no motor quando comparadas as configurações anteriormente conhecidas. O mecanismo para a redução da vibração de torção é um resultado do aumento no comprimento do trem de potência que reduz sua primeira frequência

natural de modo. Isto é realizado sem aumentar o comprimento do motor por empregar o eixo de came (no caso de um motor de haste impulsora de quatro tempos como o eixo geométrico de transmissão de potência com redução da engrenagem de 2:1). Os estudos de simulação de uma configuração de motor de acordo com a presente invenção (os quais são descritos abaixo) mostram que a convergência da primeira frequência natural de modo inferior com harmônicas de excitação dominantes do motor ocorre em rpm mais baixo. Além disso, estes estudos mostram que a ressonância na velocidade mais baixa está associada com a redução acentuada na vibração de torção.

#### Breve Descrição dos Desenhos

[0021] Os desenhos anexos, os quais são incorporados e constituem uma parte da especificação, ilustram os métodos e modalidades atualmente preferidos da invenção e, juntamente com a descrição geral dada acima e a descrição detalhada dos métodos e modalidades preferidos dados abaixo, servem para explicar os princípios da invenção.

[0022] A FIG. 1 é uma vista em perspectiva de uma modalidade de um conjunto de invólucro de manivela para um motor de combustão interna de acordo com a presente invenção.

[0023] A FIG. 2 é uma vista em perspectiva que mostra um lado do conjunto de invólucro de manivela da FIG. 1 com o eixo geométrico de transmissão do came, eixo de manivela e série de engrenagens de acionamento exposta.

[0024] A FIG. 3 é uma vista aumentada do conjunto de invólucro de manivela da FIG. 1.

[0025] A FIG. 4 é uma vista em perspectiva de um lado de outra modalidade de um conjunto de invólucro de manivela de acordo com a presente invenção com o eixo geométrico de transmissão do came, eixo de manivela série de engrenagens de acionamento exposta.

[0026] A FIG. 5 representa um modelo de massa elástica para simular a vibração de torção de um motor *boxer* oposto de seis cilindros com redução padrão da engrenagem (SGRE).

[0027] A FIG. 6 representa um modelo de massa elástica para simular a vibração de torção de um *boxer* oposto de seis cilindros/motor do eixo geométrico de transmissão específico com redução da engrenagem dianteira (CDSE-FG).

[0028] A FIG. 7 representa um modelo de massa elástica para simular a vibração de torção de um *boxer* oposto de seis cilindros/motor do eixo geométrico de transmissão específico com redução da engrenagem traseira (CDSE-RG).

[0029] A FIG. 8 é um diagrama de Campbell (interferência) para o modelo de SGRE da FIG. 5, que mostra as frequências de excitação forçadas para a configuração de motor como uma função da velocidade de rotação do motor.

[0030] A FIG. 9 é um diagrama de Campbell (interferência) para o modelo de CDSE-FG da FIG. 6.

[0031] A FIG. 10 é um diagrama de Campbell (interferência) para o modelo de CDSE-RG da FIG. 7.

[0032] A FIG. 11 é um gráfico que mostra as deflexões máximas de ângulo de torção nos nódulos de trem de potência para cada um dos componentes do motor no modelo de SGRE como uma função de rpm.

[0033] A FIG. 12 é um gráfico que mostra as deflexões máximas de ângulo de torção nos nódulos de trem de potência para cada um dos componentes do motor no modelo de CDSE-RG como uma função de rpm.

[0034] A FIG. 13 é um gráfico que mostra a tensão máxima de torção do eixo do propulsor como uma função de rpm e ordem harmônica para o modelo de SGRE.

[0035] A FIG. 14 é um gráfico que mostra a tensão máxima de torção do eixo do propulsor como uma função de rpm e ordem harmônica para o modelo de CDSE-RG.

[0036] A FIG. 15 é um gráfico que mostra a tensão máxima de torção para cada segmento do eixo do motor como uma função de rpm para o modelo de SGRE.

[0037] A FIG. 16 é um gráfico que mostra a tensão máxima de torção para cada segmento do eixo do motor como uma função de rpm para o modelo de CDSE-RG.

[0038] A FIG. 17 é um gráfico que mostra os momentos de torções de acoplamento do motor no modelo de SGRE.

[0039] A FIG. 18 é um gráfico que mostra os momentos de torções de acoplamento do motor no modelo de CDSE-RG.

[0040] A FIG. 19 é um gráfico que mostra o potencial de martelamento da engrenagem do modelo de SGRE.

[0041] A FIG. 20 é um gráfico que mostra o potencial de martelamento da engrenagem do modelo de CDSE-RG.

### Descrição

[0042] Referência neste pedido é feita para as modalidades atualmente preferidas da invenção. Embora a invenção seja descrita mais completamente com referência a estes exemplos, a invenção em seus mais amplos aspectos não é limitada aos detalhes específicos, dispositivos representativos, e exemplos ilustrativos mostrados e descritos. De preferência, a descrição é para ser entendida como uma ampla descrição, de ensinamento, direcionada às pessoas de versatilidade ordinária nas técnicas apropriadas, e não como limitada na invenção.

[0043] Deve ser observado que os termos, tais como, "dianteira," "traseira," "superior," "interno," "externo," "vertical," "horizontal," "inferior,"

"abaixo," "parte de cima," "lateral," "interiormente," "externamente," "para baixo" e "mais abaixo" e outros termos posicionalmente descritos empregados nesta especificação são empregados simplesmente para facilidade de descrição e se referem à orientação dos componentes referenciados como mostrado nas figuras. Deve ser entendido que qualquer orientação dos componentes descritos aqui está dentro do escopo da presente invenção. O termo "geralmente" como empregado nesta especificação é definido como "sendo em geral, mas não necessariamente exatamente ou totalmente o que é especificado." Por exemplo, "geralmente paralelo" é empregado aqui para indicar os componentes que são, em geral, mas não necessariamente exatamente ou totalmente, paralelos.

#### Configuração de Motor

[0044] Referindo-se às FIGS. 1-3, um conjunto de invólucro de manivela 10 é mostrado para um motor de combustão interna para aviação geral de acordo com a presente invenção. O conjunto de invólucro de manivela 10 é configurado para uso com um motor "boxer" de seis cilindros, que possui dois bancos de pistões horizontalmente opostos (não mostrados). O conjunto de invólucro de manivela 10 inclui um alojamento de invólucro de manivela 6 formado pelos alojamentos laterais 6a, 6b. Um eixo de manivela 1 e um eixo de came 4 são independentemente articulados dentro do alojamento de invólucro de manivela 6. O motor é orientado em relação a uma aeronave (não mostrada) de modo que o eixo de manivela 1 e o eixo de came 4 são, cada um, suportados para a rotação em torno dos eixos que são geralmente paralelos ao eixo geométrico na parte de trás da fuselagem da aeronave.

[0045] O eixo de came 4 possui uma extremidade dianteira 12 com um flange do propulsor 14 para montar um propulsor (não mostrado) no eixo de came 4 para prover empuxo propulsivo para a aeronave quando girado. Nesta configuração, o eixo de came 4 também funciona como o eixo geométrico de transmissão para girar o propulsor. Como pode ser visto na

FIG. 2, o eixo de came 4 se estende para trás do flange do propulsor 14, através de uma parede dianteira 16 e uma parede traseira 18 do alojamento de invólucro de manivela 6, e termina atrás da parede traseira 18. O eixo de came 4 é articulado dentro do alojamento de invólucro de manivela 6 pelos rolamentos radiais 20. Um rolamento de empuxo dianteiro 21 está localizado adjacente a parede dianteira 16, e um rolamento de empuxo traseiro 5 está localizado adjacente a parede traseira 18 para rotativamente suportar e absorver o empuxo axial aplicado ao eixo de came 4.

[0046] Referindo-se às FIGs. 2 e 3, o eixo de manivela 1 está localizado abaixo e no mesmo plano vertical como o eixo de came 4. Uma pluralidade de rolamentos radiais 22 rotativamente suportar o eixo de manivela 1 dentro do alojamento de invólucro de manivela 6. O eixo de manivela 1 inclui uma extremidade dianteira 24, que está localizado dentro do alojamento de invólucro de manivela 6. O eixo de manivela 1 se estende para trás de sua extremidade dianteira 24, através da parede traseira do alojamento de invólucro de manivela 18, e possui uma extremidade traseira 25 que está atrás da parede traseira 18. As partes do eixo de manivela 1 e o eixo de came 4 localizado atrás da parede traseira 18 são rotativamente acoplados umas às outras para transferir movimento rotacional a partir do eixo de manivela 1 até o eixo de came 4. O acoplamento inclui uma série de engrenagens de acionamento 26, que inclui uma engrenagem de acionamento 2 fixamente montada sobre o eixo de manivela 1 e uma engrenagem de transmissão de potência 3 fixamente montada sobre o eixo de came 4. A engrenagem de transmissão de potência 3 possui um diâmetro que é duas vezes o diâmetro da engrenagem de acionamento 2. As engrenagens da série de engrenagens de acionamento 26 são dimensionadas para acomodar a função de transmissão de potência. Embora o acoplamento de potência seja de preferência um trem de engrenagem, a transferência de potência rotativa do eixo de manivela 1 para o

eixo de came 4 também pode ser obtida por meio de uma engrenagem e corrente ou outra tal disposição.

[0047] Na configuração anterior, o eixo de came 4 funciona não apenas para controlar a abertura e o fechamento das válvulas, mas também para transmitir potência diretamente para o propulsor à metade da velocidade do eixo de manivela. Conforme os pistões giram o eixo de manivela 1 e a engrenagem de acionamento 2, a engrenagem de transmissão de potência 3 é girada em uma direção oposta aquela da engrenagem de acionamento 2. Por conseguinte, quando o eixo de manivela 1 gira em sentido horário (como visto da frente) na direção da seta R1 gira o eixo de came 4 em sentido anti-horário na direção da seta R2 (veja a FIG. 2). Porque a engrenagem de transmissão de potência 3 possui um diâmetro que é duas vezes aquele da engrenagem de acionamento 2, o eixo de came 4 gira a  $\frac{1}{2}$  da velocidade do eixo de manivela 1, desse modo provendo a redução da engrenagem e multiplicação de torque. Da mesma forma, o eixo de manivela contra rotação 1 e o eixo de came 4, com suas respectivas engrenagens 2, 3, opõem-se uma à outra e reduzem a inclinação lateral esquerda induzida pelo torque e tendências de giro a esquerda na aeronave.

[0048] Referindo-se à FIG. 4, outra modalidade de um conjunto de invólucro de manivela 10 de acordo com a presente invenção é similar àquele mostrado nas FIGs. 1-3, exceto que é provido com rolamentos de empuxos adicionais 23.

[0049] Um motor de combustão interna que utiliza o conjunto de invólucro de manivela 10 da presente invenção também terá vibração de torção reduzida e exigirá manutenção menos frequente. Porque a série de engrenagens de acionamento 26 está disposta na traseira do alojamento de invólucro de manivela 6, o eixo geométrico de transmissão de potência (que é o eixo de came 4 nas modalidades das FIGs. 1-4) pode ser mais longo do que o eixo do propulsor das configurações de motor que utiliza redução da

engrenagem dianteira. Conforme explicado abaixo, com este eixo geométrico de transmissão de potência mais longa, o motor pode ser projetado para induzir menos vibração de torção sobre o trem de acionamento.

[0050] A vibração de torção por muitos motivos é um fator principal na falha dos componentes do trem de acionamento nos motores de combustão interna, especialmente motores de ignição por compressão. Tal vibração principalmente origina-se como resultado dos pulsos de pressão a partir da queima nos cilindros agindo sobre os pistões e transmitidos pela ligação das hastes ao eixo de manivela. Uma torção no eixo de manivela é induzida, que em seguida relaxa na extremidade dos pulsos de pressão e no começo dos tempos de escape. Os motores de ignição por compressão funcionam em pressões mais elevadas e podem causar mais torção, por conseguinte, maiores amplitudes de vibração, do que os motores de ignição por centelha. Outras, embora menores, fontes de vibração de torção podem vir dos eixos de transmissão do acessório e propulsor e componentes.

[0051] Os trens de potência apresentam frequências naturais de vibração,  $\omega$ , os quais estão diretamente relacionados com a raiz quadrada de sua rigidez,  $K$ , e indiretamente relacionados com a raiz quadrada de seu momento de massa de inércia,  $J$  ( $\omega = (K/J)^{0,5}$ ). Além disso, a rigidez,  $K$ , está diretamente relacionada com o momento de área de inércia do eixo,  $I_p$ , o módulo de rigidez,  $G$ , e inversamente relacionado com o comprimento do eixo,  $L$  ( $K=GI_p/L$ ). A ordem de excitação harmônica dominante de um motor está relacionada com o número de cilindros ( $n$  em um motor de dois tempos e a  $1/2$  de  $n$  em um motor de quatro tempos) e aumenta com as rpm do motor. Quando as frequências de excitação forçadas dos pulsos de torque do motor atingem a mesma frequência conforme as frequências naturais do trem de potência, ressonância potencialmente destrutiva ocorre. Pode-se reduzir a frequência do modo fundamental 1 do sistema ao aumentar o comprimento do eixo, de modo que sua convergência com a frequência de excitação harmônica

dominante do motor seja atingida nas velocidades do motor abaixo da maior faixa de operação de potência do motor, desse modo reduzindo os momentos de torções e as tensões na maior faixa de operação de potência. Meus estudos de simulação descritos abaixo têm mostrado benefícios com esta abordagem para os motores modelados com mais do que quatro cilindros e até mesmo ordens de queima. Outros modelos com ordens de queima desiguais e diferentes inércias rotativas e rigidez do eixo podem comportar-se diferentemente.

[0052] De acordo com um aspecto da presente invenção, a redução da engrenagem está disposta na traseira do motor, permitindo o comprimento total do eixo geométrico de transmissão de potência participar na transmissão de potência. Ao fazê-lo, o comprimento do trem de acionamento é aumentado sem alterar o comprimento do motor, desse modo reduzindo a frequência dominante do modo natural 1 do trem de potência. Isso pode permitir as velocidades de ressonância serem atingidas em rpm's que estão abaixo da faixa de operação normal de alta velocidade do motor com uma redução nos deslocamentos de ângulo máximo de torção do motor, momentos de torções, inversões de torque e martelamento da engrenagem e tensões de torção.

#### Estudos de Simulação

[0053] Executei estudos comparativos de simulação de vibração de torção nos modelos de massas elásticas de três configurações de motor seis cilindros *boxer* oposto com a redução da engrenagem. Estas configurações incluídas:

SGRE: uma configuração de motor utilizando uma redução da engrenagem padrão

CDSE-FG: uma configuração de motor utilizando um eixo de esboço de came com redução da engrenagem dianteira

CDSE-RG: uma configuração de motor utilizando um eixo geométrico de transmissão do came com redução da engrenagem

traseira.

[0054] Os estudos de simulação comparam o desempenho de uma modalidade de uma configuração de CDSE-RG de acordo com a presente invenção com as configurações de SGRE e CDSE-FG.

[0055] Os modelos de massas elásticas para os estudos de simulação foram construídos e modelados empregando o módulo de vibração de torção no Shaft Designer, um programa de modelagem desenvolvido pela International Maritime Technologies e vendido pela Svenska Kullagerfabriken (SKF). As propriedades do motor empregadas para estes modelos são mostradas abaixo na Tabela 1. O eixo de came também foi considerado para representar os eixos de transmissão interna específicos com redução da engrenagem de 2:1. A faixa de velocidade do motor para as simulações foi de 200 a 5000 rpm. Os coeficientes das harmônicas de pressão do gás do motor a diesel

TABELA 1

Propriedade	
Disposição do Cilindro	<i>Boxer</i> Oposto Horizontal
Número de Cilindros	6
Bore & Stroke (mm)	96 x 105
Deslocamento (l, em <sup>3</sup> )	4,45, 278
Potência (kW, hp)	236, 316
Velocidade Calculada (RPM)	3600
Comprimento <i>Conrod</i> (mm)	164
Massa Alternativa (kg) por cilindro	2,72
Massa Rotativa (kg) por cilindro	5,07
Ordem de Queima (A1 à esquerda, na extremidade não impulsorada)	A1 - B2 - A3 - B1 - A2 - B3
Ângulos de Queima (graus)	A1 0, B1 360, A2 480, B2 120, A3 240, B3 600
Pressão Efetiva Média (bar, psi)	17,35, 252
Coefficientes das Harmônicas de Pressão do Gás	Pacote de Excitação de Registro da Lloyd

foram obtidos a partir do pacote de excitação de registro da Lloyd e providos com o *software*. Os propulsores foram modelados como passo fixo, de 2000 mm de diâmetro com 4 lâminas e momentos de massa

polar de inércia de  $3 \text{ kgm}^2$ . A excitação do propulsor não foi ativada e nenhum amortecimento foi aplicado no propulsor. O eixo de manivela, eixo de came, engrenagem, pistões, pinos de pistão e ligação das hastes com parafusos foram modelados empregando um programa de projeto assistido por computador Solidworks® comercializado pela Dassault Systèmes Solidworks Corp. Os momentos de massa polar de inércia e as dimensões do componente foram obtidos a partir dos componentes modelados no programa Solidworks®. Onde disponível, as dimensões do componente foram com base nas tabelas de tamanhos do componente do motor a diesel de Taylor, C. F., 1985, *The Internal Combustion Engine in Theory and Practice: Volume 2*, Segunda Edição Revisada, MIT Press, pp. 460 - 469. A rigidez da seção do eixo de came foi calculada a partir dos momentos polares de área de inércia com base nos comprimentos, módulo de rigidez e diâmetros externos e internos da seção do eixo. A rigidez da seção do eixo de manivela foi calculada a partir dos momentos polares de área de inércia com base nos comprimentos do eixo sólido equivalente de diâmetro do mancal principal calculado de acordo com Ker Wilson, W., 1956, *Practical Solution of Torsional Vibration Problems*, Volume 1, Wiley, pp. 593-613, e módulo de rigidez. Bom entendimento foi constatado para a determinação da rigidez do segmento do eixo de manivela entre a análise do elemento finito empregando ANSYS e a fórmula Ker Wilson com erro relativo médio analisando dois diferentes modelos de segmento do eixo de manivela de 3,2% de Feese, T. e Hill, C., 2009, "Prevention of Torsional Vibration Problems in Reciprocating Machinery", *Processo do Twenty-Eighth Turbomachinery Symposium*, pp. 213-238. A rigidez da engrenagem foi calculada empregando as fórmulas de Nestorides, E. J., 1958, *A Handbook on Torsional Vibration*, Cambridge University Press, pp. 81-91. Todo o amortecimento foi modelado como amortecimento interno dependente da frequência e determinado como 1,59% de amortecimento crítico com base em Corbo, M. e Malanoski, S. B., 1996, "

Practical Design Against Torsional Vibration", Processo do Twenty-Fifth Turbomachinery Symposium, pp. 189- 222, e Wachel, J.C. e Szenasi, F.R., 1993, "Analysis of Torsional Vibration in Rotating Machinery", Processo do Twenty Second Turbomachinery Symposium, pp. 127-152. FIGs. 5-7 mostram os modelos de massas elásticas para as configurações SGRE, CDSE-FG e CDSE-RG, respectivamente. Os modelos usam massas agrupadas que têm inércias específicas conectadas pelos elementos de rigidez sem massa. Os números horizontais sobre os elementos do eixo são a rigidez em kNm/rad. os números verticais são momentos polares de inércia das massas rotativas no eixo de manivela (mordentes da manivela com segmentos de eixo intermediário, moentes da manivela, cabeça de biela da ligação das hastes e parafusos), engrenagens e propulsor em  $\text{kgm}^2$ . Os eixos de cames nos modelos de CDSE-RG e de CDSE-FG são divididos em três segmentos pelos nódulos que representam a colocação de rolamentos. Os eixos inferiores em cada caso representam os eixos de manivelas ligados às engrenagens do pinhão. No modelo de SGRE, a engrenagem do pinhão engrena com a engrenagem acionada que é conectada ao eixo do propulsor. No modelo de CDSE-FG, a engrenagem acionada é conectada tanto ao eixo do propulsor quanto ao eixo de came. No modelo de CDSE-RG, a engrenagem acionada é ligada de modo que todo o eixo de came esteja envolvido na transmissão de potência que termina com o último segmento conectado com o eixo do propulsor. A transmissão de potência foi determinada como 100% para o propulsor em todos os três modelos. A redução da engrenagem é de 2:1 para todos os três modelos. As setas verticais indicam os componentes que são envolvidos na excitação forçada. Os mancais hidráulicos horizontais indicam o amortecimento interno.

#### Modos de Vibração e Frequências Naturais

[0056] A Tabela 2 abaixo mostra uma comparação das frequências naturais não amortecidas para os diferentes modos de vibração dos modelos

de SGRE, de CDSE-RG e de CDSE-FG. As frequências naturais de modos 1 a 8 para SGRE e CDSE-FG foram idênticas. A primeira frequência natural de modo inferior do modelo de CDSE-RG foi significativamente

TABELA 2

Modo	SGRE	CDSE-FG	CDSE-RG
1	150	150	88
2	501	501	474
3	945	945	938
4	1402	1402	1401
5	1823	1823	1823
6	2169	2169	2169
7	2400	2400	2400
8	4210	4210	4209
9		2,32E^27	3,30E^27
10		6,34E^27	6,34E^27
11		8,65E^27	8,33E^27

inferior a 88 Hz embora todas as frequências do modo restante foram as mesmas ou quase as mesmas como no modelo de CDSE-FG. A redução na frequência natural na configuração DSE- RG não é com base em maior limitação do eixo do propulsor, mas é ao invés disso com base em uma redução da frequência natural de modo 1 do sistema com o aumento no comprimento do trem de potência. A forma de frequência do modo 1 é descrita como uma vibração em todo o comprimento do trem de potência em um modo contínuo e é a menor frequência. Os modos restantes são as vibrações que incluem progressivamente mais nódulos do motor em que as vibrações passam vibração com zero e sinal de mudança com frequências progressivamente mais alta quanto mais nódulos estão incluídos nos modos crescentes.

### Diagramas de Campbell

[0057] As FIGs. 8-10 são os diagramas de Campbell (interferência) para os modelos de SGRE, de CDSE-RG e de CDSE-FG, respectivamente, que mostram as frequências de excitação forçadas como uma função da velocidade de rotação do motor para cada configuração de motor. As linhas horizontais em negrito mostram as frequências naturais do trem de potência. As linhas diagonais são as frequências de excitação harmônicas do motor

forçado como uma função de rpm com seus respectivos números de ordem aparecendo acima das diagonais. As diagonais em negrito mostram as ordens em referência à velocidade do propulsor, que é a metade da velocidade do motor como ordens de Z. Os pontos de interseção mostrados como pontos claros são as velocidades de ressonância significantes. As áreas sombreadas representam a área delimitada por 0,87 e 1,14 vezes a classificação contínua máxima (MCR). As linhas verticais tracejadas indicam as menores velocidades simuladas do motor (200 rpm).

#### Convergência das Frequências de Excitação Forçadas Harmônicas com Frequências Naturais não Amortecidas

[0058] Referindo-se às FIGs. 8-10, as linhas diagonais traçam os aumentos nas frequências para cada harmônica do motor numerado como uma função de rpm. A Tabela 2 lista o 8 nas frequências naturais no modelo de SGRE e o 11 nos modelos de CDSE-RG e de CDSE-FG. Apenas as primeiras três frequências naturais surgem e são plotadas sobre os diagramas de Campbell sobre a faixa de velocidade selecionada e apenas a primeira frequência natural de modo inferior provida para ser significativa na faixa de velocidade do motor na MCR. Os pontos de convergência das frequências de excitação harmônicas do motor diagonal com as frequências naturais horizontais são indicados como pontos claros e escuros. Existem 24 frequências de excitação harmônicas do motor nos modelos com 35 pontos de ressonância (pontos claros e escuros) mostrados nos modelos de CDSE-FG e de SGRE e 37 no modelo de CDSE-RG. Duas velocidades de ressonância significantes são consideradas nos modelos envolvendo a convergência das harmônicas do motor de 3ª e 6ª ordem com as frequências naturais do modo 1. São os pontos claros nos diagramas de Campbell. A frequência de excitação dominante esperada em um motor de quatro tempos de 6 cilindros é de 3ª ordem ou de 3 vezes por rotação do eixo e isto foi confirmado nos estudos de simulação a seguir. A frequência harmônica de 3ª ordem convergida com a

primeira frequência natural de modo inferior (150 Hz) a 3.002 rpm em ambos os modelos de CDSE-FG e de SGRE e convergida com a primeira frequência natural de modo inferior (88 Hz) a 1.755 rpm no modelo de CDSE-RG. A harmônica de 6ª ordem convergida com a primeira frequência natural de modo inferior (150 Hz) em uma velocidade do motor de 1.501 rpm nos modelos de CDSE-FG e de SGRE e com a primeira frequência natural de modo inferior (88 Hz) a 878 rpm no modelo de CDSE-RG.

[0059] Com o modelo de CDSE-RG, a convergência das frequências de excitação harmônicas dominantes do motor e a frequência natural de modo 1 estão em velocidades mais baixas do que das configurações de SGRE e de CDSE-FG e ocorre fora da faixa de operação normal de alta velocidade do motor, resultando em menores deslocamentos de ângulo máximo de torção, momentos de torções, martelamento reduzido da engrenagem devido às inversões de torque de alta amplitude e tensão de torção reduzida na faixa de operação normal. Com a configuração de CDSE-RG, os momentos de torções na faixa de operação normal de alta velocidade (de 3000 a 3600 rpm) são bastante baixos e estão mesmo abaixo dos torques médios. As tensões de torção de pico no eixo do propulsor são em torno de 5 - 6 vezes menos do que para a SGRE e CDSE-FG (em torno de 23 vezes menos do que a Resistência à Tração Final ("UTS") para o aço 4340 e estão longe da faixa de operação normal de alta velocidade do motor. As tensões na faixa de operação normal de alta velocidade estão em torno de 18 vezes menos do que para as configurações de SGRE e de CDSE-FG e estão em torno de 70 vezes menos do que a UTS para o aço 4340 e na faixa desejada para vida de fadiga indefinida.

#### Deflexões Máximas de Ângulo de Torção

[0060] As FIGs. 11 e 12 mostram as deflexões máximas de ângulo nos nódulos de trem de potência para cada um dos componentes do motor nos modelos de CDSE-RG e de SGRE, respectivamente, como uma função de

rpm. Observe que existe uma pequena diferença entre as escalas do eixo geométrico y para cada um dos modelos. A legenda à direita de cada gráfico referencia as curvas dos diferentes componentes do motor. As curvas inferiores nos gráficos são para o propulsor. As curvas sobrejacentes com crescente deflexão no modelo de SGRE (FIG. 11) são a engrenagem acionada e as curvas individualmente identificadas para o pinhão e cilindros 6 até 1. No modelo de CDSE-RG (FIG. 12), as curvas sobrejacentes são para os rolamentos do eixo de came 3, 2, 1, a engrenagem acionada e o pinhão precisamente grupado e cilindros 6 até 1. Os picos significantes em ambos os modelos estão nas 3ª e 6ª harmônicas de excitação do motor interagindo com as primeiras frequências naturais do modo. O modelo de CDSE-FG comportou-se exatamente como o modelo de SGRE e seus dados não são mostrados aqui ou no restante das simulações apresentadas.

[0061] Comparando as FIGs. 11 e 12 revelam que, com o modelo de CDSE-RG, existe uma redução de amplitude nos picos de 3ª e 6ª ordem e uma translação desses picos para velocidades mais baixas. Grandes deflexões ocorreram nas velocidades do motor de menos do que 400 rpm em todos os modelos devido quase inteiramente às harmônicas do motor de 3ª ordem. No modelo de SGRE (FIG. 11), dentro da faixa de velocidade do motor de 400 a 3600 rpm, as maiores deflexões ocorreram na velocidade de ressonância envolvendo a harmônica de 3ª ordem a 3.012 rpm. As curvas inferiores, indicando as deflexões mais baixas nos diferentes nódulos do motor, foram vistas no propulsor com crescente deflexão com progressão retrógrada no trem de acionamento com a maior deflexão indicada no cilindro de 1 a 4,8 graus.

[0062] No modelo de CDSE-RG (FIG. 12), o pico associado com a harmônica de 3ª ordem foi deslocado para 1752 rpm com a maior deflexão no cilindro 1 a 1,8 graus. A deflexão de torção de pico para a ressonância associada com a harmônica de 6ª ordem foi de 1.502 para o modelo de SGRE

com deflexão máxima no cilindro 1 a 1,0 grau. A deflexão de torção de pico associada com a harmônica de 6ª ordem foi deslocada para 878 rpm com um aumento na deflexão do cilindro 1 para 2,1 graus para o modelo de CDSE-RG. A deflexão máxima no eixo de came no modelo de CDSE-RG entre 400 e 3600 rpm foi no rolamento do eixo de came 1 e foi de 0,6 graus a 878 rpm. Isto foi devido principalmente à ressonância induzida pela harmônica de 6ª ordem.

### Tensão de Torção

[0063] As FIGs. 13 e 14 mostram a tensão de torção do eixo do propulsor como uma função de rpm e ordem harmônica para os modelos de CDSE-RG e de SGRE, respectivamente. A escala de rpm mais baixo é a velocidade do propulsor e a escala de rpm superior a velocidade do motor. As ordens harmônicas são referenciadas nas legendas à direita. A tensão de torção (psi) está sobre o eixo geométrico y. Observe que a escala do eixo geométrico y para o modelo de CDSE-RG é muito menor do que a escala para o modelo de SGRE. As linhas sólidas em alto-relevo são a síntese das tensões de todas as harmônicas. Os principais picos de tensão são associados com as harmônicas de 3ª e 6ª em ambos os modelos. No modelo de CDSE-RG, quando comparado ao modelo de SGRE, existe uma redução significativa na amplitude dos picos de tensão harmônica de 3ª e 6ª e sua translação para as velocidades mais baixas.

[0064] No modelo de SGRE (FIG. 13), a tensão associada com a harmônica de 3ª ordem dominante predomina e ocorre a 3.012 rpm. Isto é seguido muito atrás pela tensão associada com a harmônica de 6ª ordem a 1.506 rpm. Em comparação, no modelo de CDSE-RG (FIG. 14), as tensões máximas para estas harmônicas do motor em cada caso são deslocadas para rpm mais baixo, 1.758 rpm e 878 rpm respectivamente e são associadas com as reduções acentuadas na tensão de torção. A maior redução ocorreu com o pico harmônico de 3ª ordem dominante indo de 41.132 psi (283,59 KPa) no

eixo do propulsor do modelo de SGRE para 6.227 psi (42,93 KPa) no modelo de CDSE-RG. A tensão máxima associada com a harmônica de 6ª ordem foi de 8.642 psi (59,58 KPa) no modelo de SGRE que caiu ligeiramente para 7.625 psi (52,57 KPa) para o modelo de CDSE-RG.

[0065] As FIGs. 15 e 16 mostram a tensão de torção para cada segmento do eixo do motor como uma função de rpm para os modelos de CDSE-RG e de SGRE, respectivamente. As legendas à direita se referem às curvas para os diferentes segmentos do eixo. Observe a diferença na escalada do eixo geométrico y para o modelo de CDSE-RG. Os picos de tensão dominantes na MCR estão associados com as harmônicas de 3ª e de 6ª ordem. No modelo de SGRE (FIG. 15), as tensões máximas estão mais no eixo do propulsor seguido pelo eixo da engrenagem com tensões sucessivamente mais baixas nos elementos do eixo de manivela retrógrados acima do trem de acionamento. No modelo de CDSE-RG (FIG. 16), as tensões máximas estão com os segmentos do eixo de came 3, 2 e 1 que são idênticos e sobrepostos seguidos de tensões sucessivamente mais baixas no eixo do propulsor, eixo da engrenagem e elementos do eixo de manivela retrógrados acima do trem de potência.

[0066] No modelo de CDSE-RG (FIG. 16), as tensões máximas são acentuadamente reduzidas e são trasladadas para rpm mais baixo comparado com aquele do modelo de SGRE (FIG. 15). As tensões máximas do segmento do eixo no modelo de CDSE-RG, de qualquer modo, estão agora nos segmentos do eixo de came em vez do eixo do propulsor. As tensões máximas nos segmentos do eixo de came foram de 8.647 psi (59,80 KPa) associadas com a harmônica de 3ª ordem e 10.590 psi (73,01 KPa) com a harmônica de 6ª ordem. Por conseguinte, a tensão associada com a harmônica de 6ª ordem torna-se a tensão dominante no modelo de CDSE-RG em velocidades na MCR. Além das velocidades de ressonância, é notável que o eixo da engrenagem, eixo de came e tensões do segmento do eixo do propulsor

permanecem relativamente estáveis. As tensões do segmento do eixo de manivela, de qualquer modo, aumentam estavelmente para a MCR e além; se bem que, na MCR ainda permanecem abaixo do eixo de came máximo e tensões do eixo do propulsor.

#### Momentos de torções e Potencial de Martelamento da Engrenagem

[0067] As FIGs. 17 e 18 mostram os momentos de torções de acoplamento do motor nos modelos de CDSE-RG e de SGRE, respectivamente. O momento de engrenagem está no eixo geométrico  $y$ . Observe que existe uma diferença na escala do eixo geométrico  $y$  para o modelo de CDSE-RG. Cada uma das figuras inclui uma curva que representa a síntese dos momentos para todas as excitações harmônicas do motor como uma função de rpm assim como uma curva que representa o torque médio do motor. As posições da harmônica de 3ª ordem e de 6ª ordem associadas aos picos do momento são indicadas em cada figura.

[0068] No modelo de SGRE (FIG. 17), o momento de torção significativo na MCR foi associado com o pico harmônico de 3ª ordem dominante, 6.278 Nm a 3.006 rpm seguido pelo momento associado com a pico harmônico de 6ª ordem, 1.317 Nm a 1.506 rpm. Em comparação, no modelo de CDSE-RG (FIG. 18), os momentos de torções máximos são trasladados para rpm mais baixo e reduzidos em amplitude. A maior redução ocorre na harmônica de 3ª ordem para 896 Nm a 1.755 rpm com menor redução na 6ª para 1, 138 Nm a 878 rpm.

[0069] As FIGs. 19 e 20 mostram o potencial de martelamento da engrenagem dos modelos de CDSE-RG e de SGRE, respectivamente. Os momentos associados com o potencial para o martelamento da engrenagem originam-se quando o momento vibratório é maior do que o torque médio do motor. São calculados conforme a diferença entre o torque médio do motor e o momento vibratório. Observe a diferença na escalada do eixo geométrico  $y$  entre o modelo de SGRE (FIG. 19) e o modelo de CDSE-RG (FIG. 20).

Observe também que os momentos para o potencial de martelamento da engrenagem no modelo de CDSE-RG comparado com o modelo de SGRE são reduzidos e trasladados em velocidade mais baixa.

[0070] Como mostrado na FIG. 19, o potencial significativo para o martelamento da engrenagem foi visto no modelo de SGRE e foi associado como o pico harmônico de 3ª ordem em -5,842 Nm a 3.006 rpm seguido pelo momento associado com o pico harmônico de 6ª ordem em -1.277 Nm a 1.504 rpm. Em comparação, no modelo de CDSE-RG (FIG. 20), os momentos de pico são trasladados para rpm mais baixo e reduzidos em amplitude. A maior redução na amplitude ocorre no pico harmônico de 3ª ordem em -747 Nm a 1.754 rpm com menor redução na 6ª para -1, 101 Nm a 878 rpm.

### Conclusões

[0071] Os estudos anteriores de simulação demonstram a redução acentuada na vibração de torção em um motor de acordo com a presente invenção que tem um comprimento de trem de potência aumentado com transmissão de potência através do eixo de came ou um eixo geométrico de transmissão interno específico, tal como a configuração de CDSE-RG nas FIGs. 1- 3.

[0072] Uma das preocupações em torno do emprego do eixo de came para transmissão de potência é que os deslocamentos de torção no eixo de came irão interferir com a temporização na abertura e fechamento das válvulas de gatilho. É notável, de qualquer modo, que a deflexão máxima de torção no eixo de came no modelo de CDSE-RG ocorreu no rolamento do eixo de came 1 e foi de 0,6 graus a 878 rpm devido à ressonância associada com a harmônica de 6ª ordem. Isso sugere que a deflexão de torção do eixo de came não seja provavelmente para ser um problema significativo com os motores do projeto de CDSE-RG.

[0073] As tensões de torção nos modelos de CDSE-FG e de SGRE foram bastante elevadas e ocorreram no que seria esperado ser a faixa de

operação de cruzeiro normal para o motor como empregado na aviação geral. Em contraste, no modelo de CDSE-RG, as tensões associadas de 3ª ordem dominantes não são apenas reduzidas maior do que seis vezes, são deslocadas para rpm mais baixo fora da faixa de operação de cruzeiro normal em que as operações seriam esperadas serem provisórias ou transitórias.

[0074] O martelamento da engrenagem é provavelmente uma questão significativa que contribui para problemas de acionamento de acessório e da caixa de engrenagem nos motores a diesel de aviação. O potencial significativo para o martelamento da engrenagem foi visto nos modelos de CDSE-FG e de SGRE devido à interação das harmônicas de excitação do motor de 3ª ordem com a primeira frequência natural de modo inferior a 3.006 rpm que foi de -5.842 Nm. O valor absoluto desta amplitude é maior do que 9 vezes significa o torque máximo do motor na MCR. No modelo de CDSE-RG, esta velocidade de ressonância foi trasladada para 1.754 rpm com a maior redução na amplitude do potencial dos momentos de martelamento da engrenagem a -747 Nm com uma amplitude de valor absoluto um pouco mais alta do que o torque médio do motor na MCR.

[0075] As características da presente invenção que proveem a redução da frequência natural de modo 1 dominante de trem de potência com redução resultante na vibração de torção por empregar o eixo de came para transmissão de potência também pode ser aplicada às configurações de motor que utilizam um eixo específico engrenado para prover redução de velocidade e transmissão de potência ao propulsor. Tais configurações de motor seriam úteis nas aplicações que não devem ser forçadas pela 2/1 do motor para a velocidade do eixo de came, nos motores empregando os eixos de comes aéreos e por qualquer outra razão que empregue o eixo de came como um eixo geométrico de transmissão não pode ser desejado.

[0076] Os estudos de simulação mostram que a transmissão de potência através do eixo de came ou através de um eixo geométrico de

transmissão interna específico de acordo com a presente invenção podem aumentar o comprimento do trem de acionamento para reduzir a rigidez e diminuir a primeira frequência natural de modo inferior do trem de potência embora obtendo a redução da engrenagem. Isso resulta na translação das frequências da ressonância originando-se da convergência da primeira frequência natural de modo inferior com harmônicas do motor excitatórias para rpm mais baixo com redução acentuada nas deflexões de torção, tensões de torção, momentos de torções e potencial de martelamento da engrenagem. Esta abordagem pode ser útil para superar os obstáculos atuais no desenvolvimento de motores a diesel de aviação confiáveis de maior potência para aviação geral. A abordagem também pode ser aplicada aos motores de ignição por centelha e de dois tempos e aos motores com diferentes números e disposições de cilindros.

[0077] A partir do anterior, deve ser entendido que os métodos e as modalidades da presente invenção irão prover uma série de vantagens. Por exemplo, um motor de combustão interna de acordo com a presente invenção evita a necessidade de uma caixa separada de engrenagem de redução de velocidade. Ao mesmo tempo, provê um meio de reduzir a vibração, permitindo o desenvolvimento de um motor de ignição por compressão na faixa de 300-350 hp para satisfazer os requisitos de potência e de peso para aeronave de aviação geral na classe Cirrus SR22T. O motor também pode satisfazer os requisitos para outras aplicações incluindo veículos aéreos não tripulados, embarcação marítima e certos veículos terrestres.

[0078] Ao ler esta descrição, aqueles versados na técnica observarão que várias mudanças e modificações podem ser feitas para as modalidades e os métodos da invenção e que tais mudanças e modificações podem ser feitas sem o afastamento do espírito da invenção. Por exemplo, se bem que a modelagem apresentada foi executada com um motor de ignição por compressão, de quatro tempos, de 6 cilindros, os mesmos princípios podem

ser aplicados aos motores que são de dois tempos usam ignição por centelha e têm diferentes números e disposições de cilindros. Por conseguinte, a invenção em seus mais amplos aspectos não é limitada aos detalhes específicos, dispositivos representativos, e exemplos ilustrativos mostrados e descritos. Por conseguinte, os afastamentos podem ser feitos a partir de tais detalhes sem o afastamento do espírito ou escopo do conceito inventivo geral.

## REIVINDICAÇÕES

1. Motor de combustão interna para uso com uma aeronave acionada por propulsor, o motor caracterizado pelo fato de compreender:

um alojamento de invólucro de manivela que tem uma parede dianteira e uma parede traseira;

um eixo de manivela articulado dentro do alojamento do motor e rotativo em torno de um eixo geométrico de eixo de manivela, em que o eixo de manivela é configurado para ser acionado rotativamente por uma pluralidade de pistões e a extremidade traseira do eixo de manivela se estende através da parede traseira do alojamento;

um eixo de came articulado dentro do alojamento do motor e tendo uma extremidade frontal que se estende através da parede dianteira do alojamento e uma extremidade traseira que se estende através da parede traseira do alojamento, em que o eixo de came é rotativo em torno de um eixo geométrico de eixo de came que é geralmente paralelo ao eixo geométrico do eixo de manivela,

uma série de engrenagens configurada para transferir a potência rotativa do eixo de manivela para o eixo de came e girar o eixo de came a uma velocidade que é proporcional à velocidade de rotação do eixo de manivela, em que a série de engrenagens é disposta para trás da parede traseira do alojamento do motor; e

em que o eixo de came também funciona como um eixo geométrico de transmissão que gira um propulsor para prover empuxo propulsivo.

2. Motor de combustão interna de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de que a extremidade frontal do eixo de came está adaptada para montar o propulsor no mesmo.

3. Motor de combustão interna de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de que o motor é um motor de ignição por

compressão.

4. Motor de combustão interna de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de que a pluralidade de pistões consiste em seis pistões.

5. Motor de combustão interna de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de que o motor possui uma configuração de motor *boxer*.

6. Motor de combustão interna de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de que o motor tem uma potência de pico de transmissão dentro de uma faixa de cerca de 300 cavalos a cerca de 350 cavalos de potência.

7. Motor de combustão interna de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de que a série de engrenagens está configurada para prover redução de velocidade e multiplicação de torque.

8. Motor de combustão interna de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de que o comprimento do eixo de came reduz a vibração de torção do motor.

9. Motor de combustão interna de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de que as engrenagens da série de engrenagens são adaptadas para girar o eixo de came em uma direção oposta à rotação do eixo de manivela.

10. Motor de combustão interna para uso com uma aeronave acionada por propulsor, o motor caracterizado pelo fato de que compreende:

um alojamento de invólucro de manivela que tem uma parede dianteira e uma parede traseira; e

um trem de acionamento que compreende:

um eixo de manivela articulado dentro do alojamento do motor e rotativo em torno de um eixo geométrico do eixo de manivela, em que o eixo de manivela é configurado para ser acionado rotativamente por uma

pluralidade de pistões e a extremidade traseira do eixo de manivela se estende através da parede traseira do alojamento;

um eixo geométrico de transmissão de potência articulado dentro do alojamento do motor e que tem uma extremidade frontal que se estende através da parede dianteira do alojamento e uma extremidade traseira que se estende através da parede traseira do alojamento, em que o eixo geométrico de transmissão de potência é rotativo em torno de um eixo geométrico de transmissão geralmente paralelo ao eixo geométrico do eixo de manivela; e

uma série de engrenagens configurada para transferir potência de rotação do eixo de manivela para o eixo geométrico de transmissão de potência e para girar o eixo geométrico de transmissão de potência a uma velocidade que é proporcional à velocidade de rotação do eixo de manivela, em que a série de engrenagens está disposta para trás da parede traseira do alojamento do motor;

em que o trem de transmissão possui uma frequência natural dominante de modo 1 e o motor possui uma faixa de operação normal de alta velocidade; e

em que a convergência da frequência natural fundamental do modo 1 do trem de potência com as frequências de excitação harmônicas dominantes do motor são deslocadas abaixo da faixa operacional normal de alta velocidade do motor.

11. Motor de combustão interna de acordo com a reivindicação 10, caracterizado pelo fato de que o motor é um motor de ignição por compressão.

12. Motor de combustão interna de acordo com a reivindicação 10, caracterizado pelo fato de que a pluralidade de pistões consiste em seis pistões.

13. Motor de combustão interna de acordo com a reivindicação

10, caracterizado pelo fato de que o motor possui uma configuração de motor *boxer*.

14. Motor de combustão interna de acordo com a reivindicação 10, caracterizado pelo fato de que o motor tem uma de potência de pico de transmissão dentro de uma faixa de cerca de 300 cavalos a cerca de 350 cavalos

15. Motor de combustão interna de acordo com a reivindicação 10, caracterizado pelo fato de que a série de engrenagens é configurada para prover redução de velocidade e multiplicação de torque.

16. Motor de combustão interna de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de que as engrenagens da série de engrenagens podem ser adaptadas para girar o eixo geométrico de transmissão em uma mesma direção ou oposta à rotação do eixo de manivela.

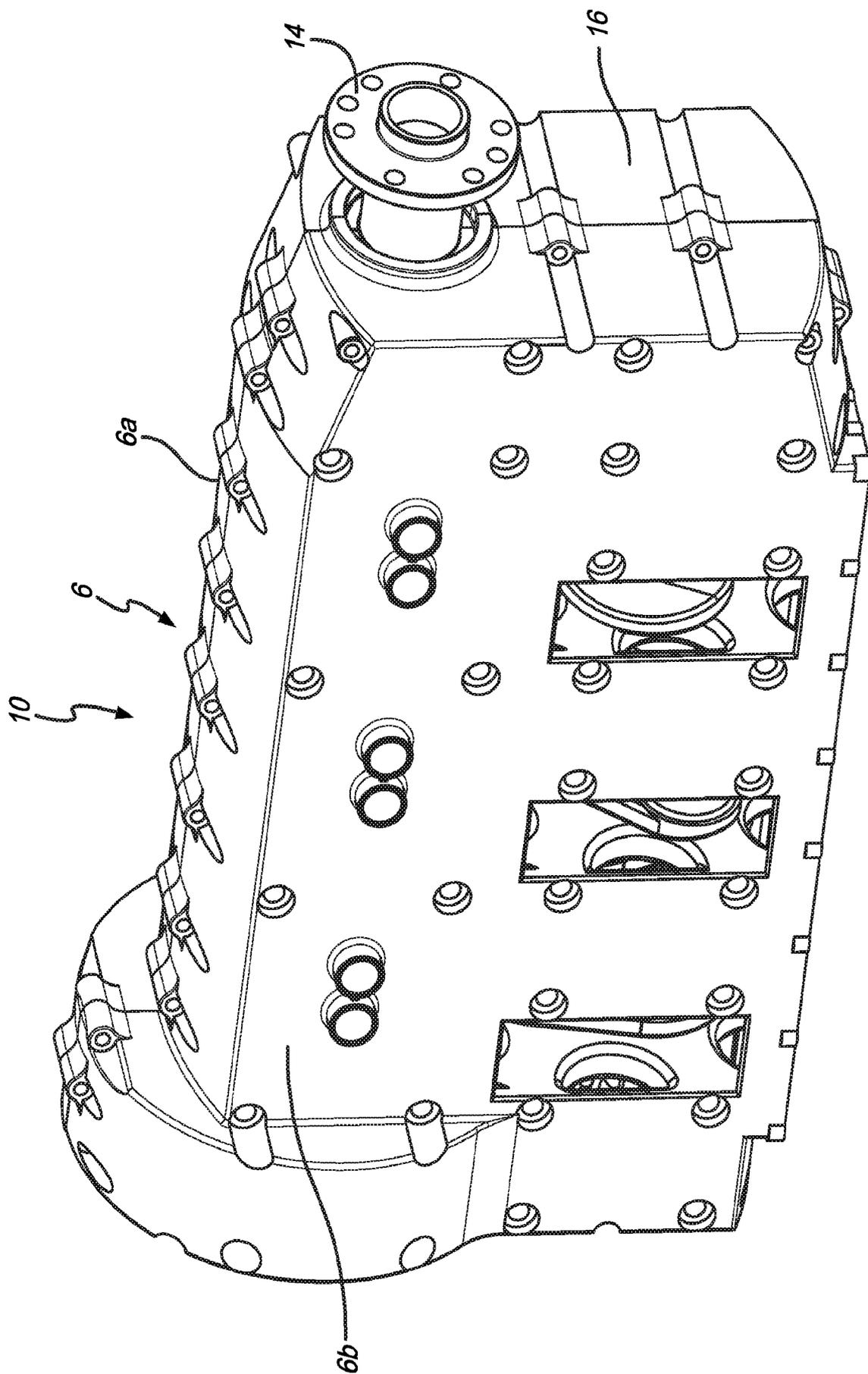


FIG. 1

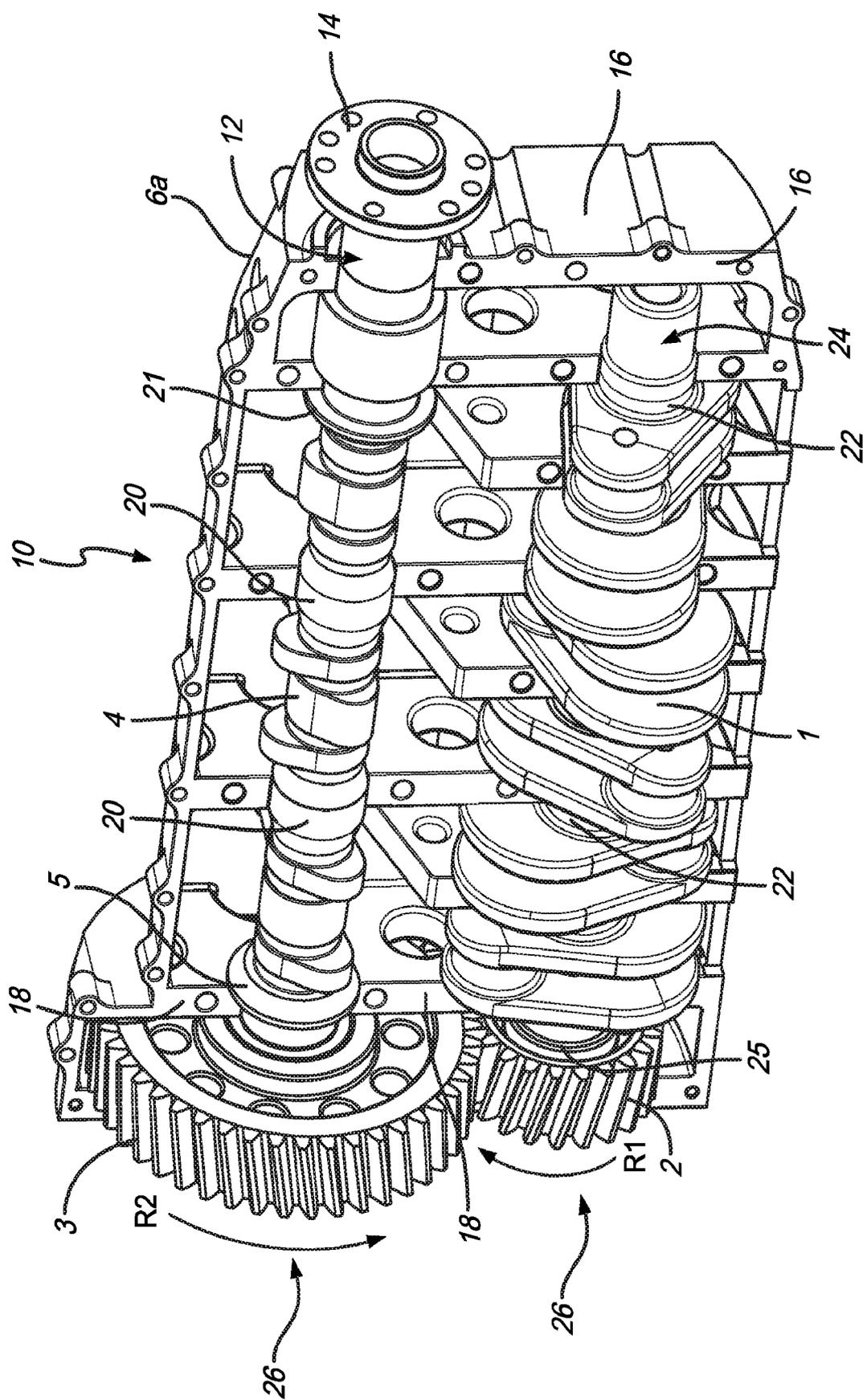


FIG. 2

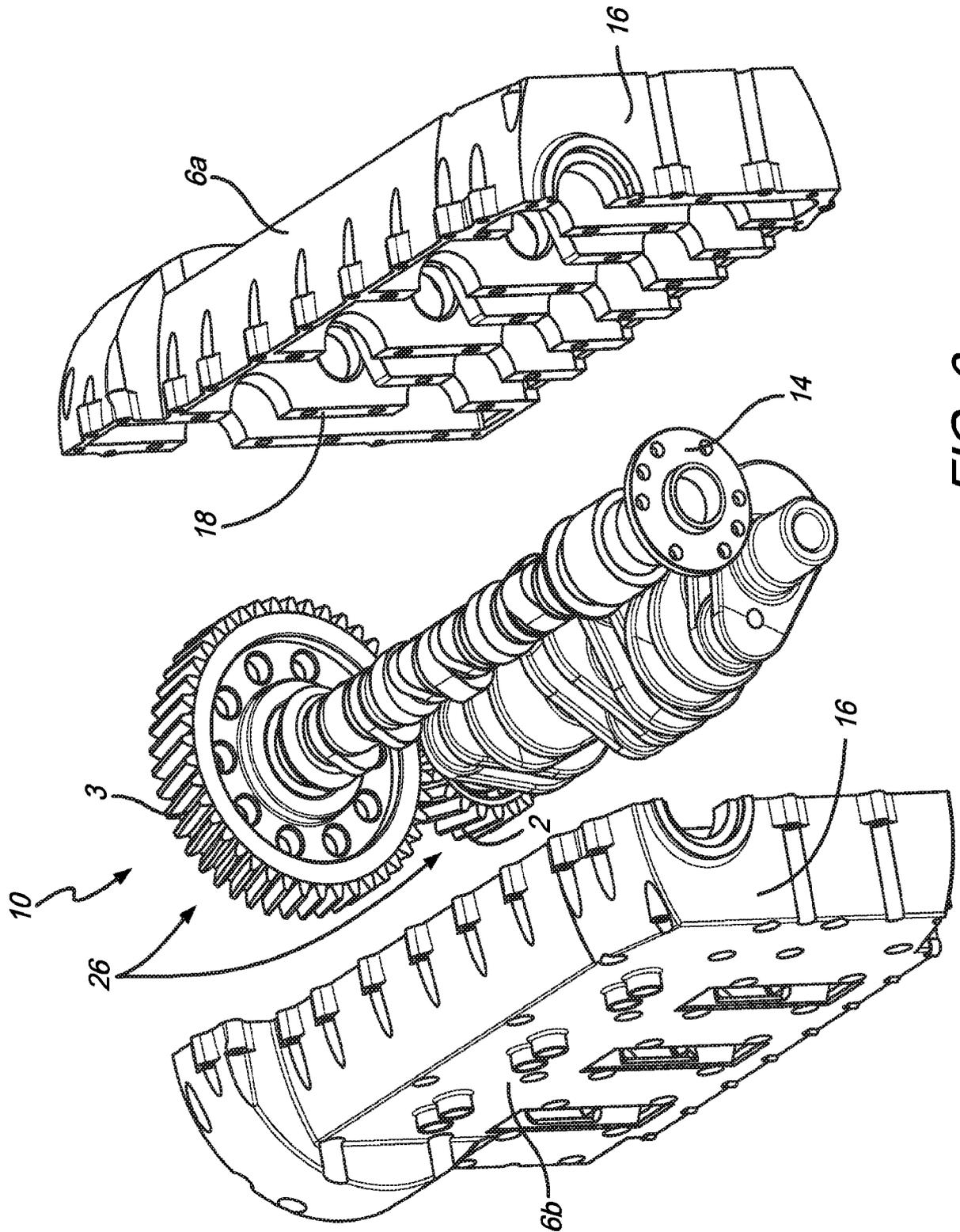


FIG. 3

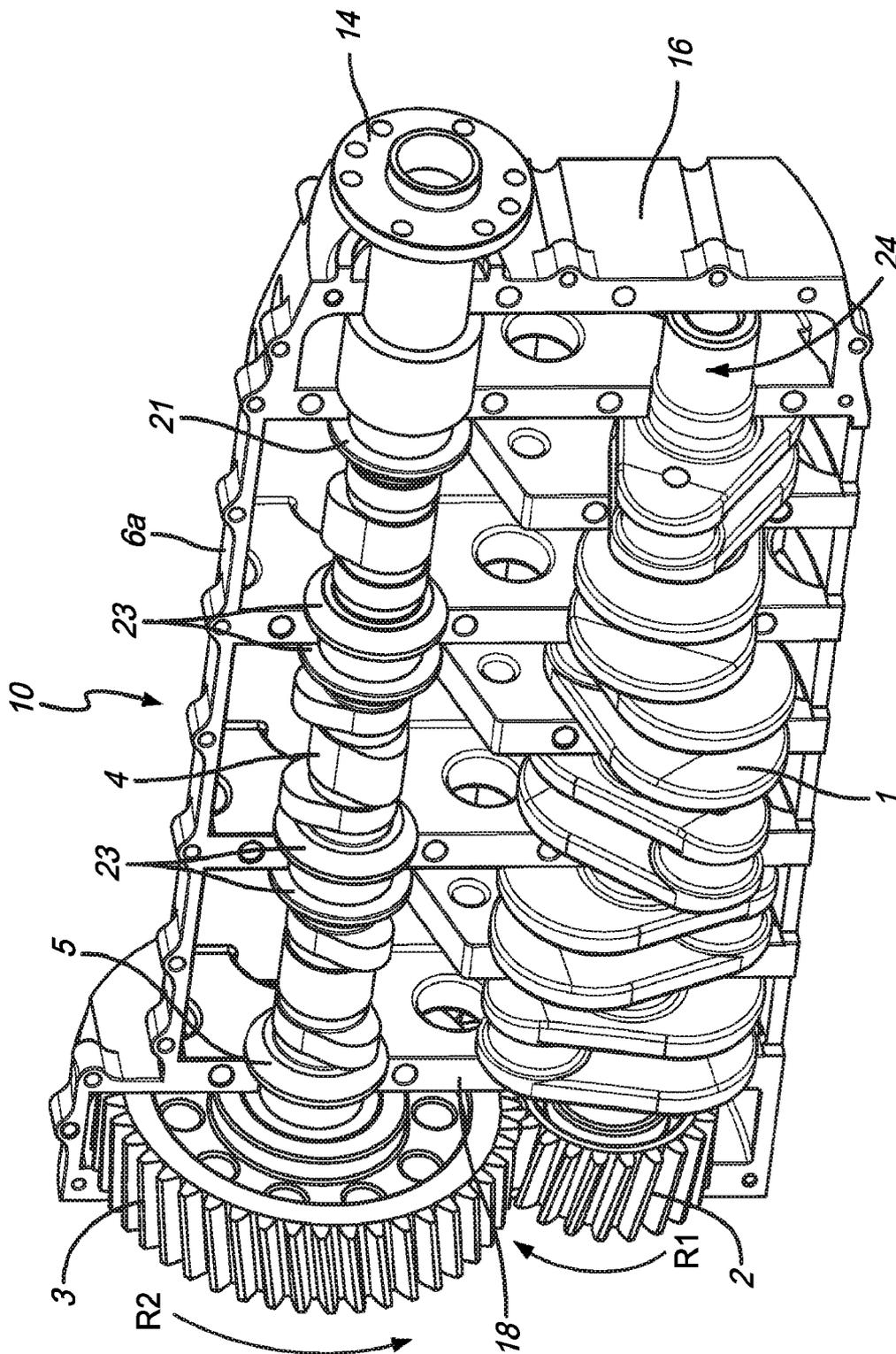


FIG. 4

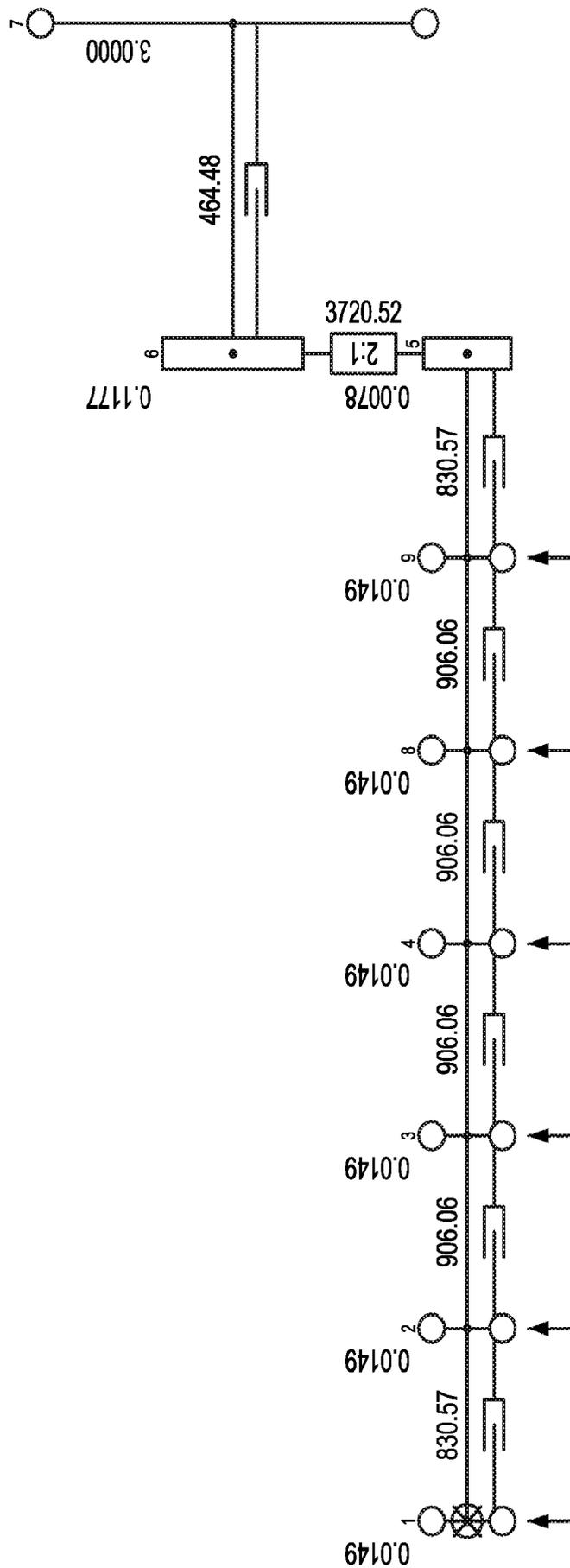


FIG. 5

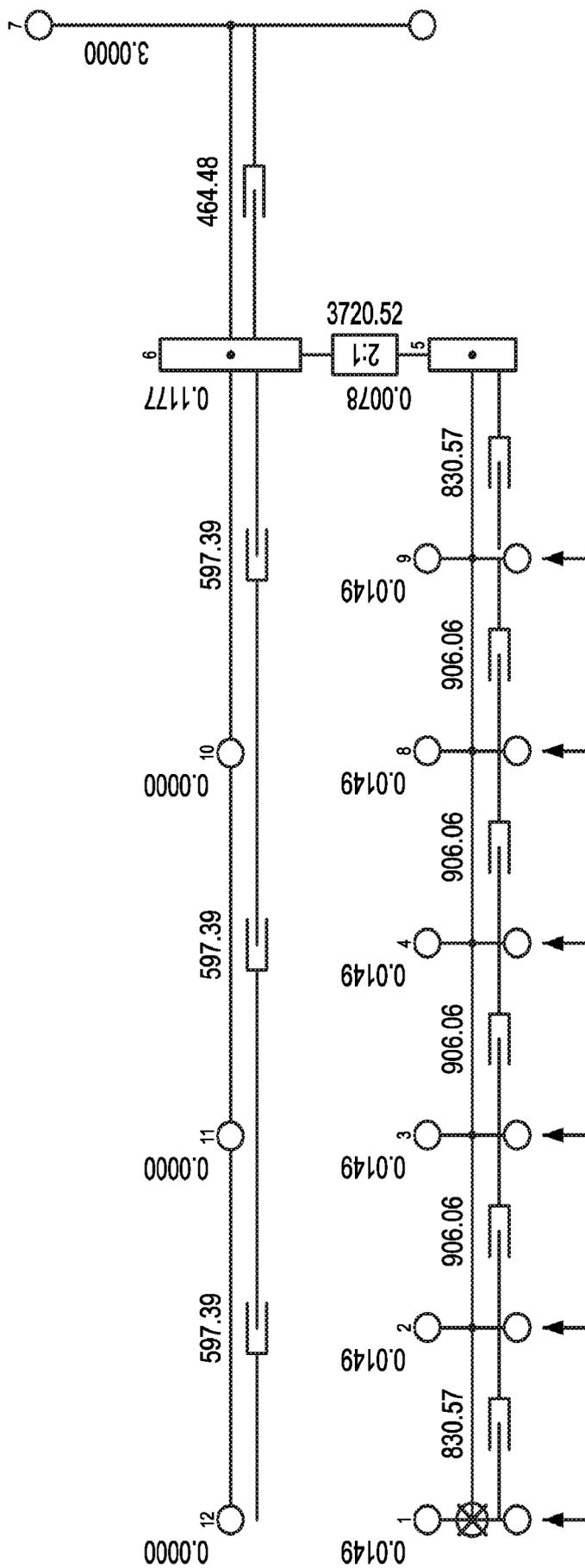


FIG. 6

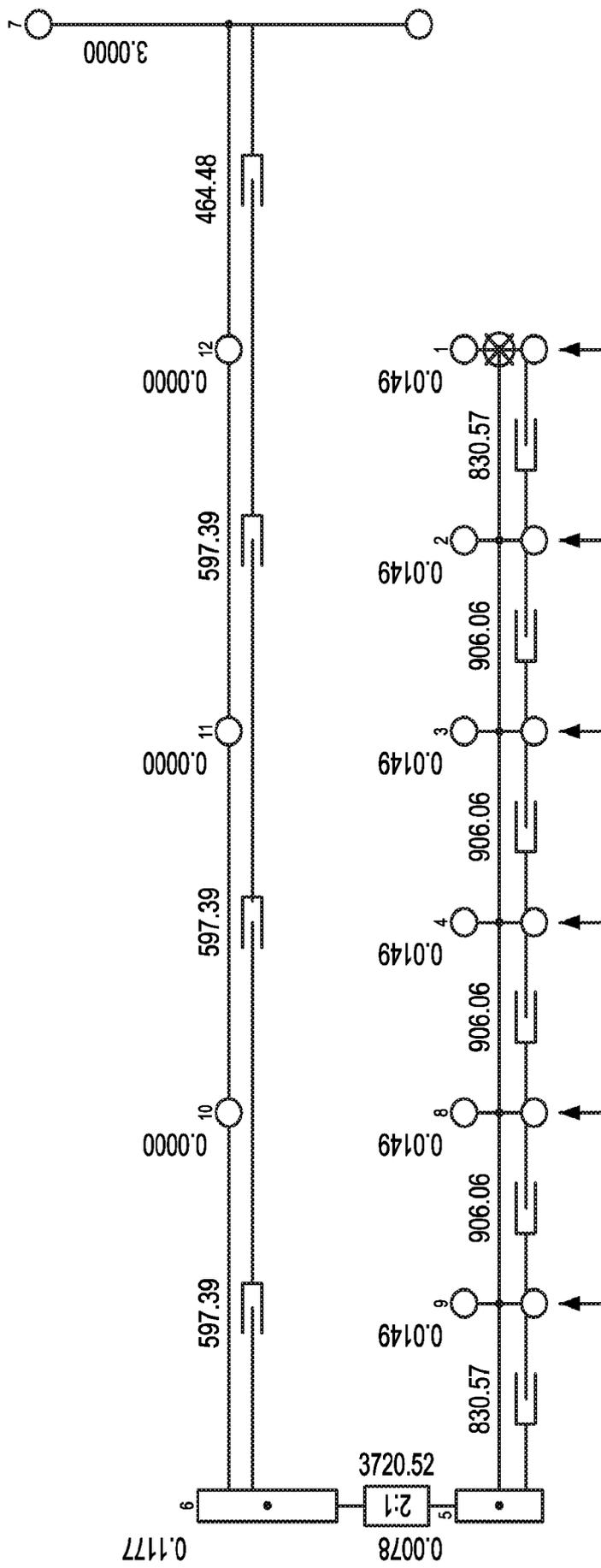


FIG. 7

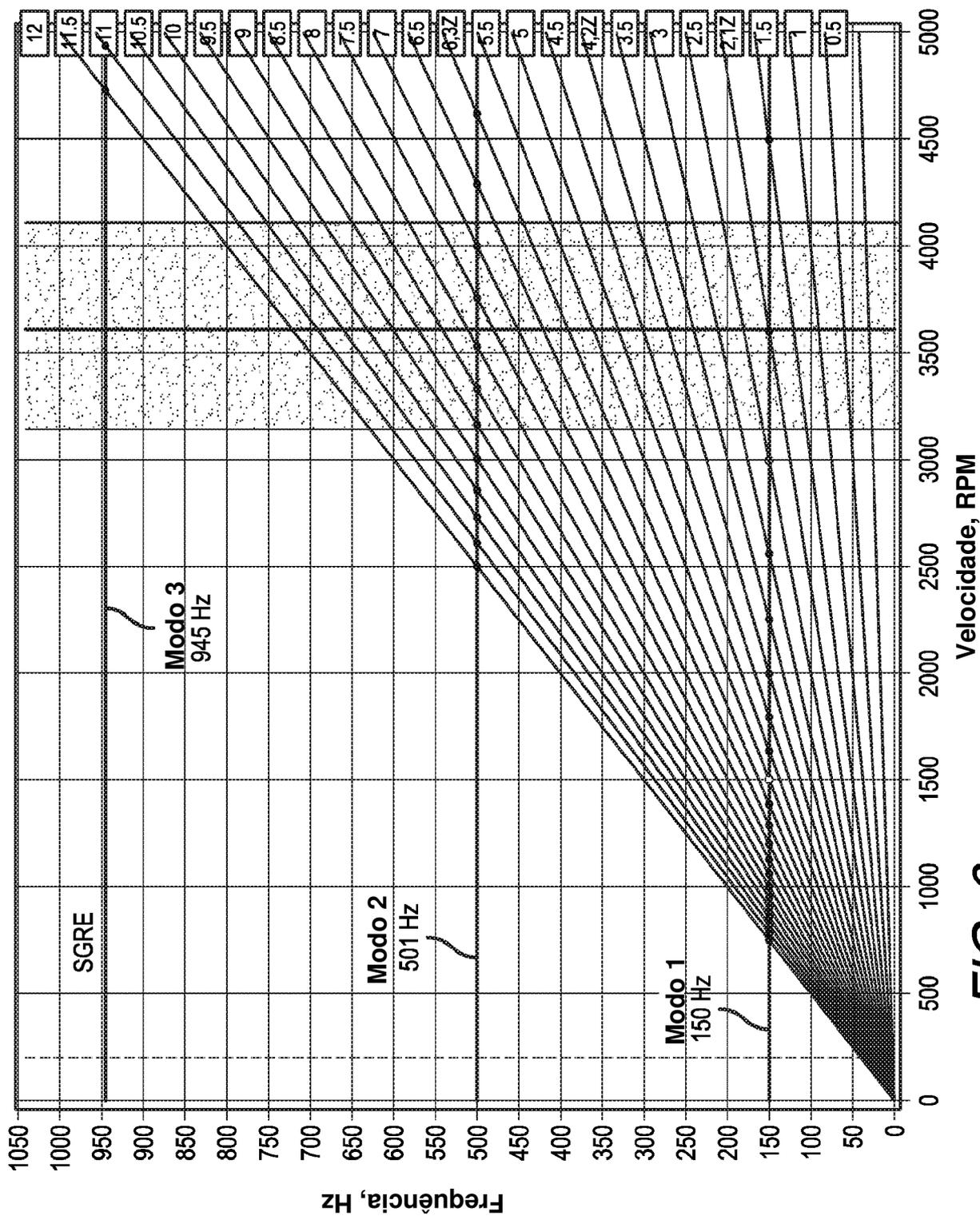
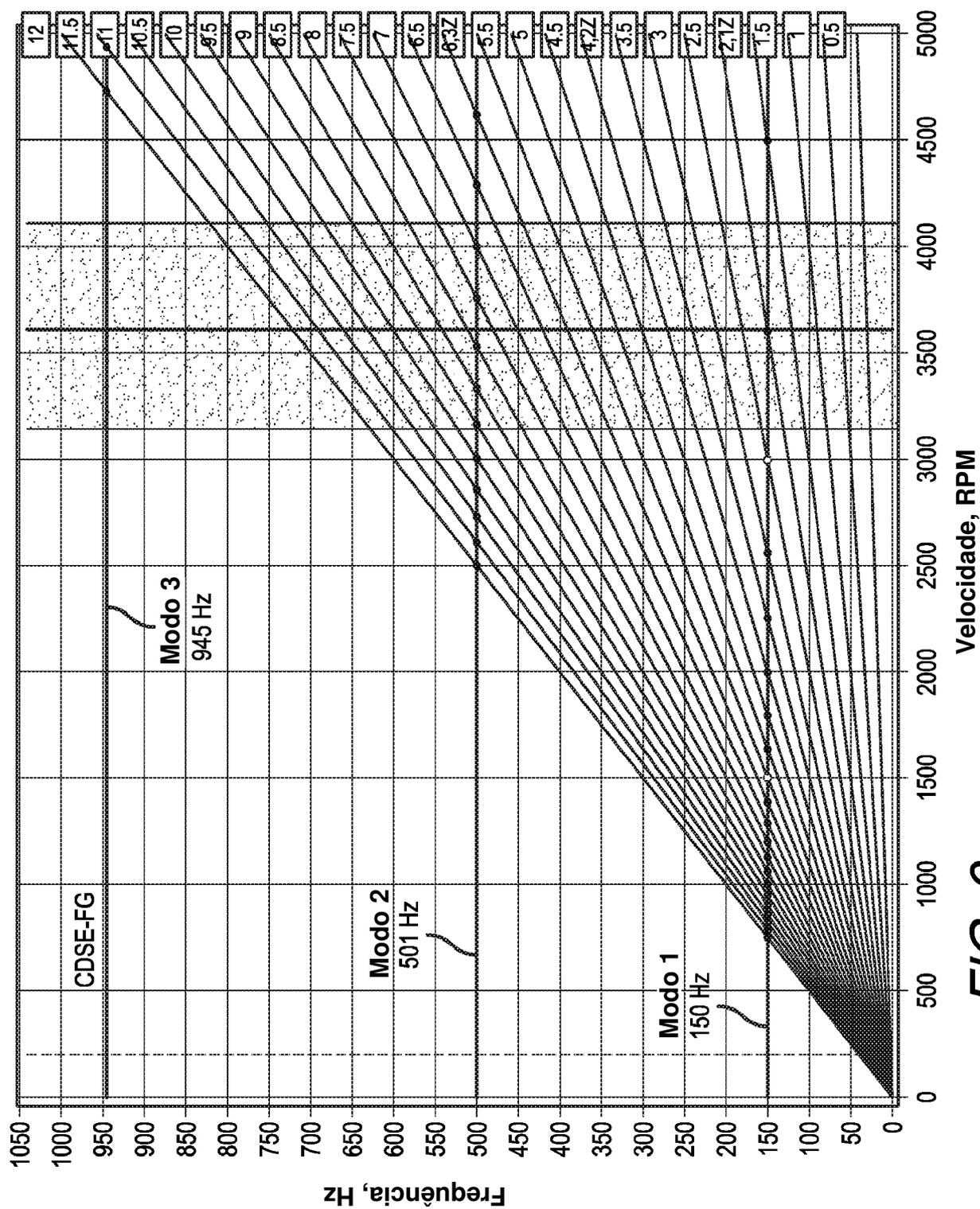


FIG. 8



**FIG. 9**

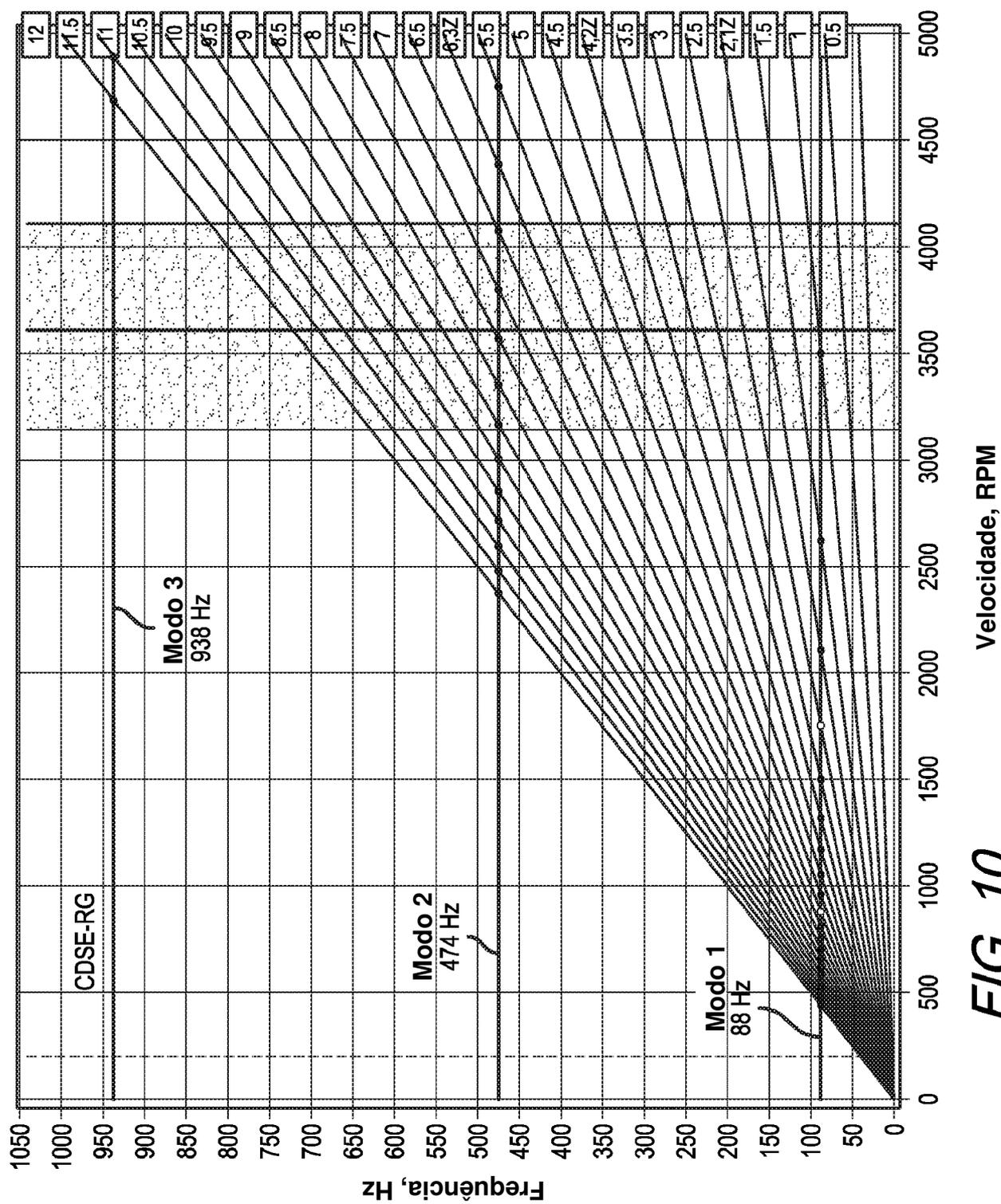


FIG. 10

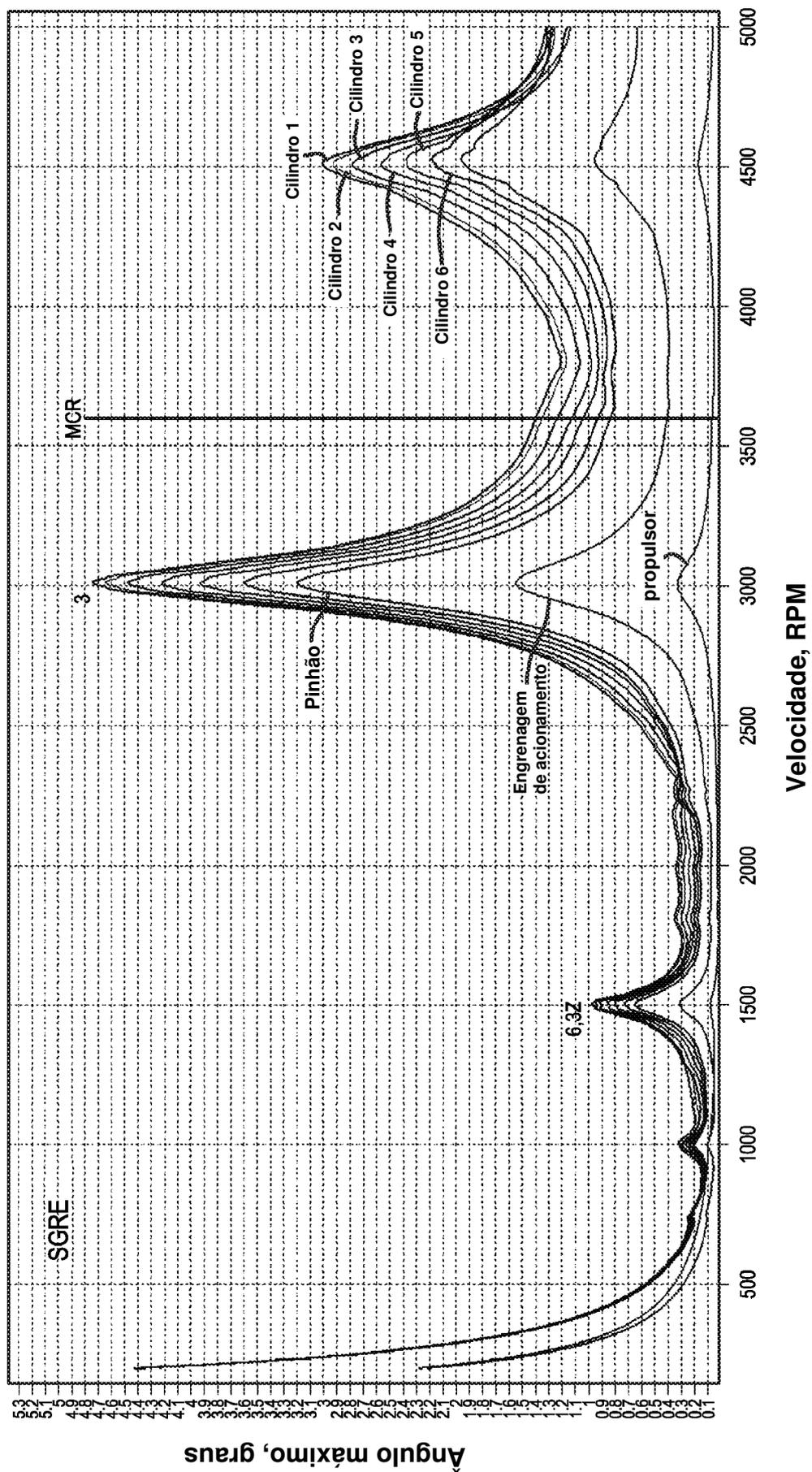


FIG. 11

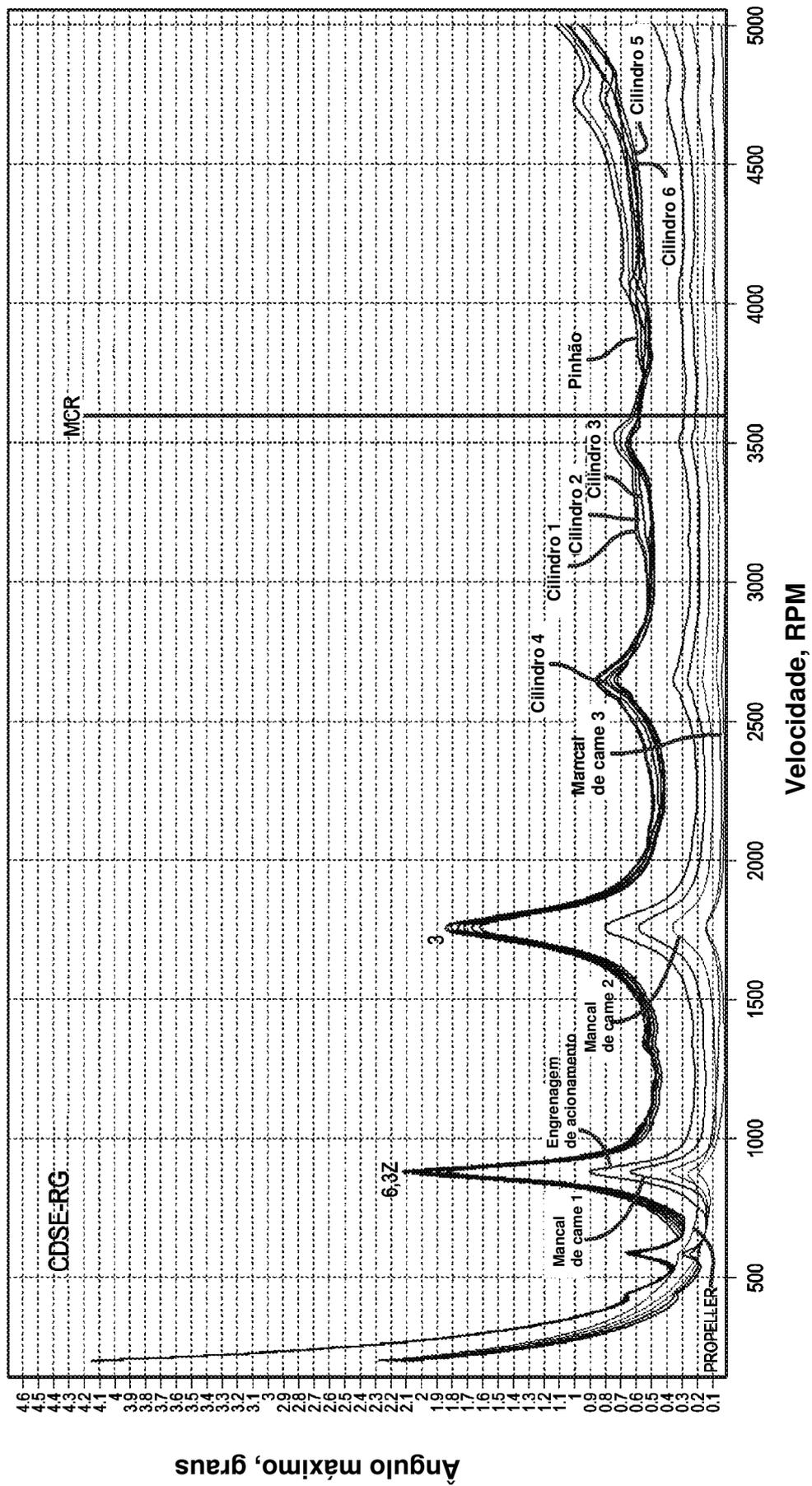


FIG. 12

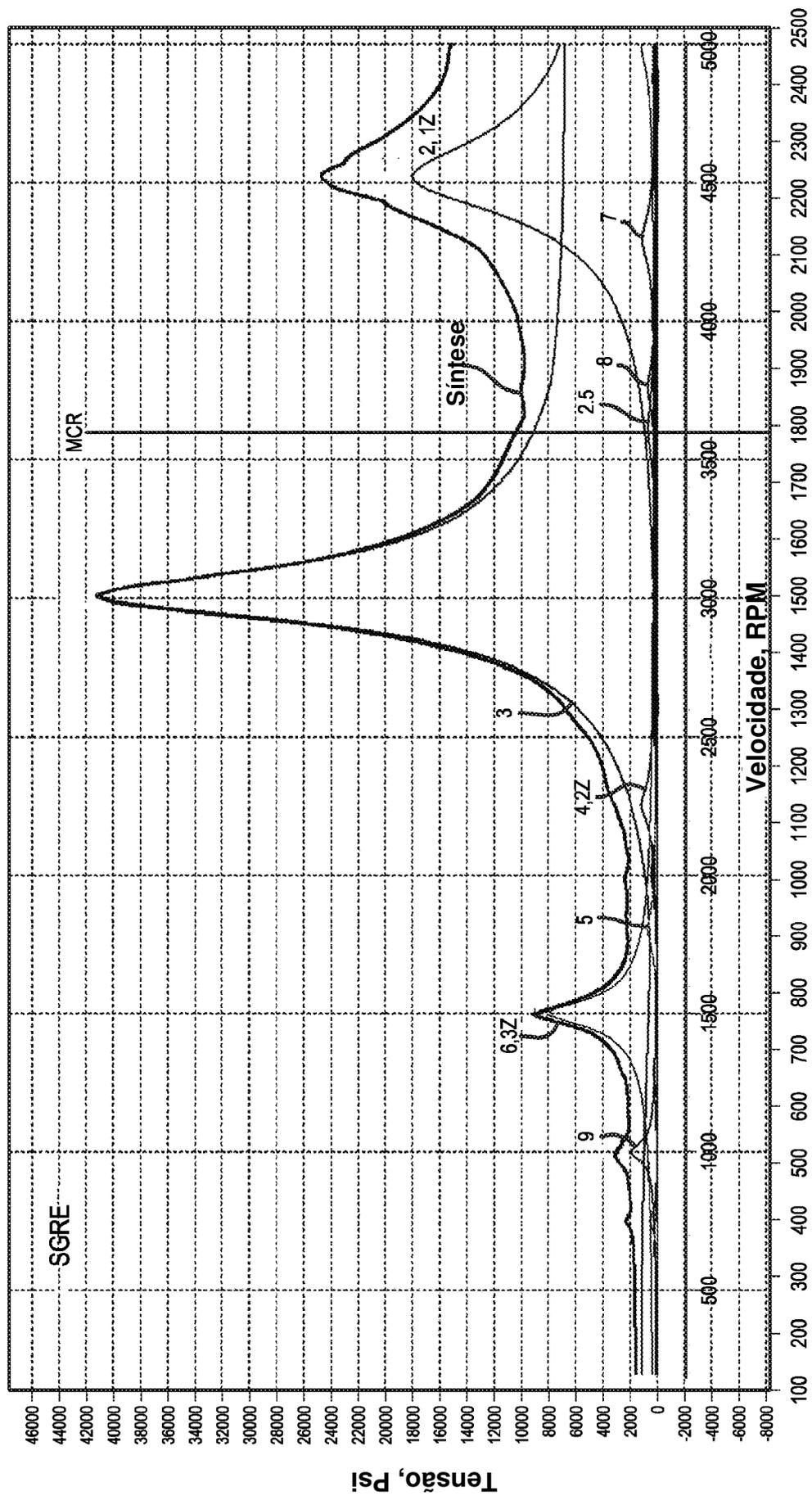


FIG. 13

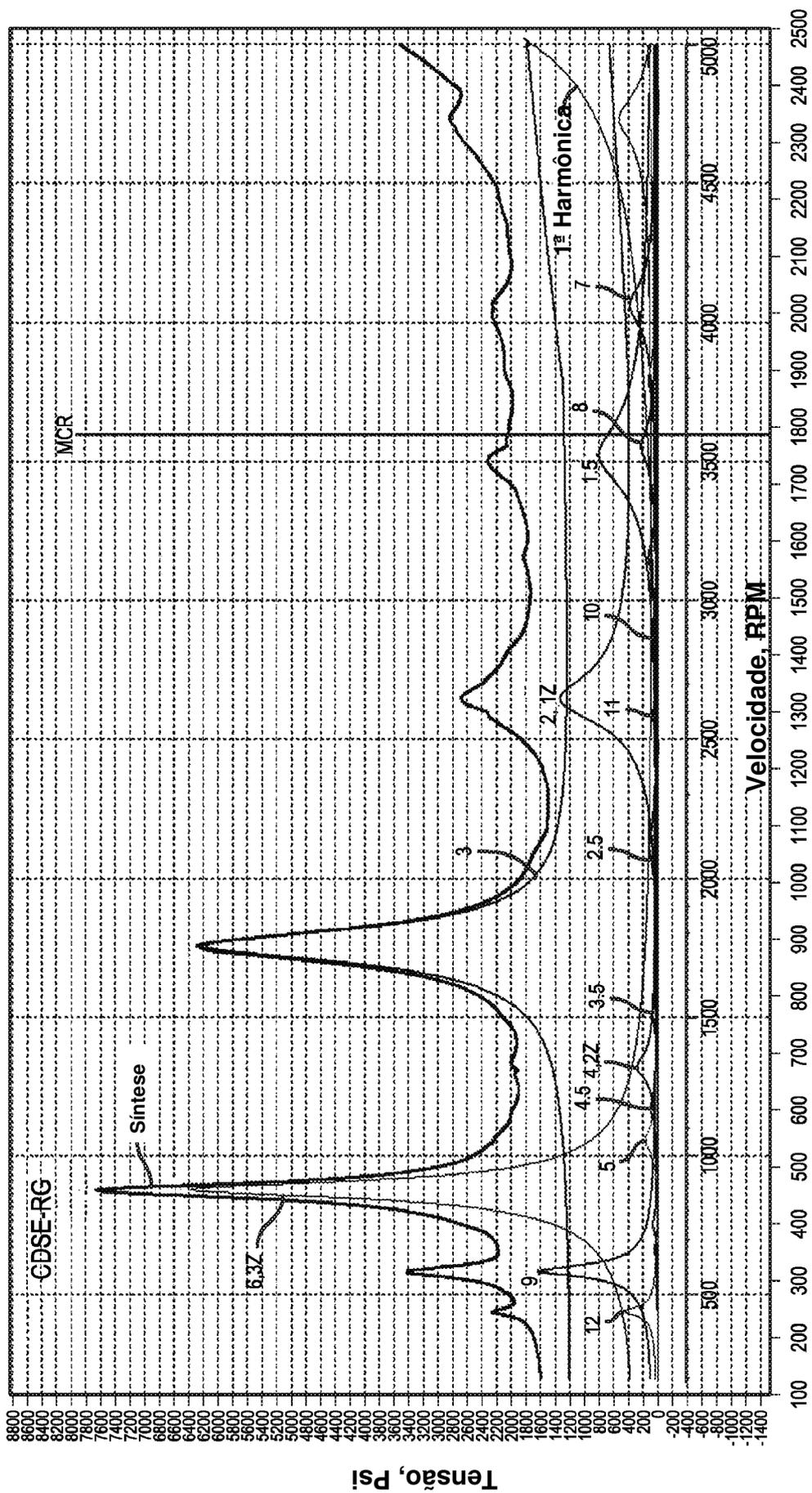


FIG. 14

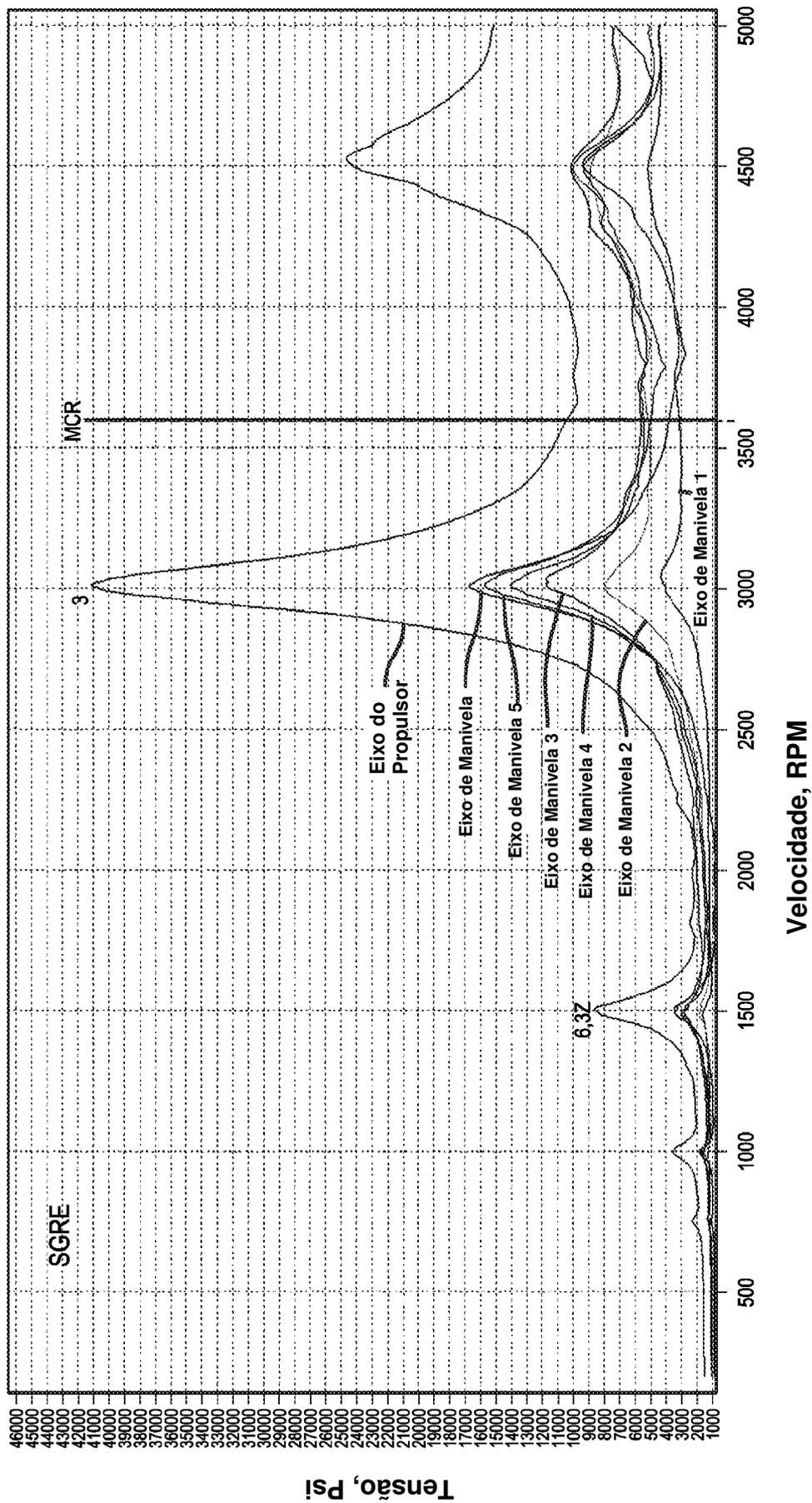


FIG. 15

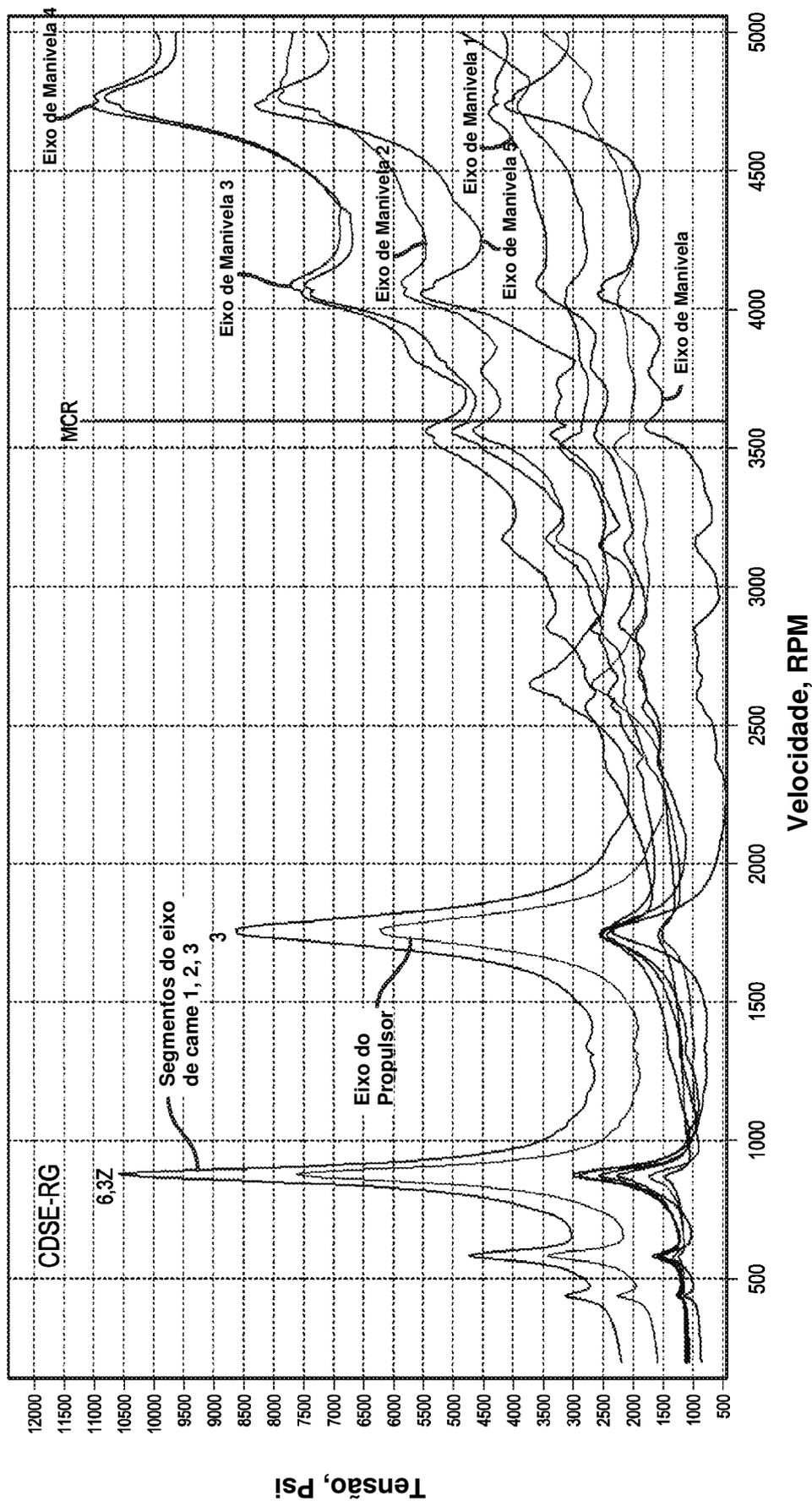


FIG. 16

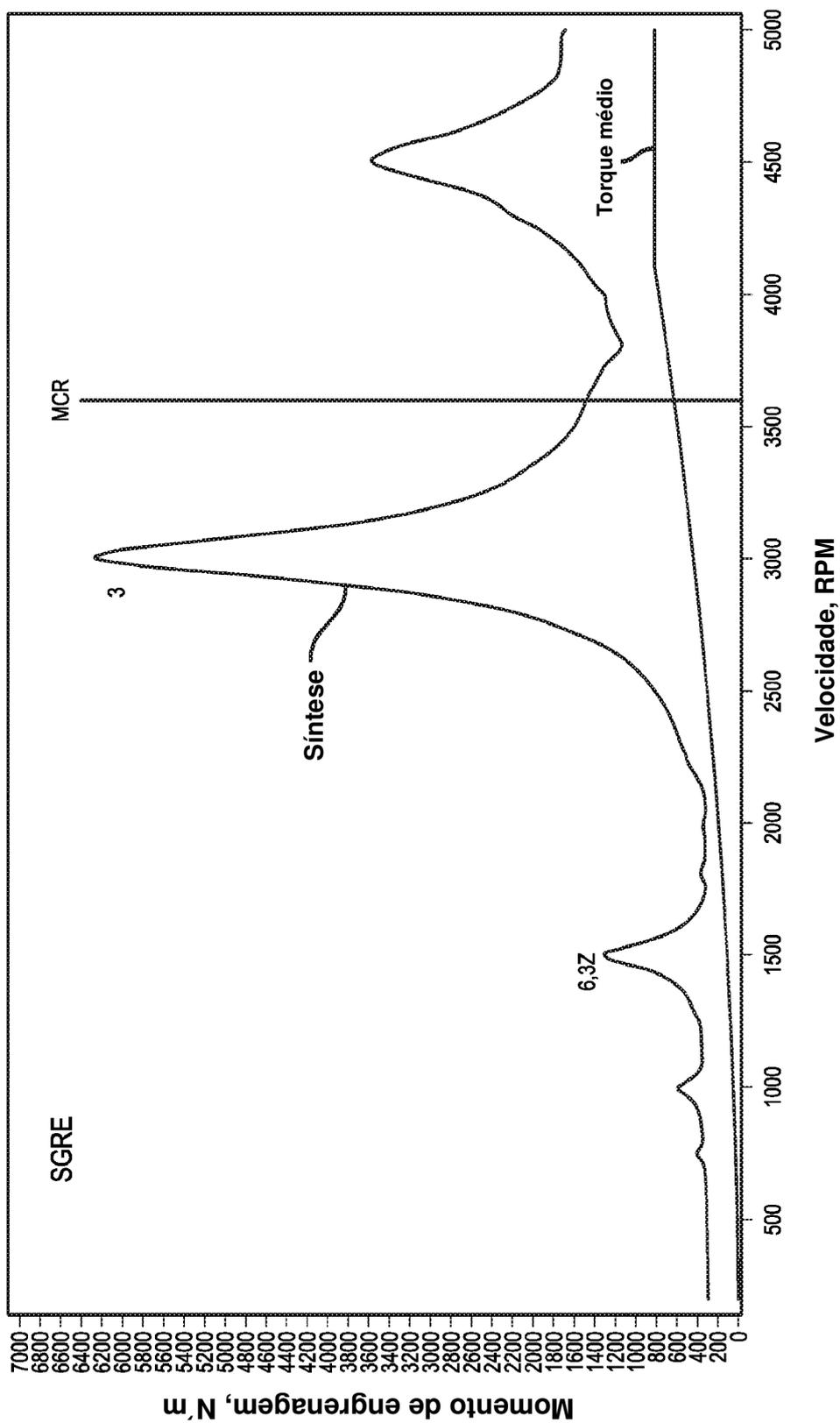


FIG. 17

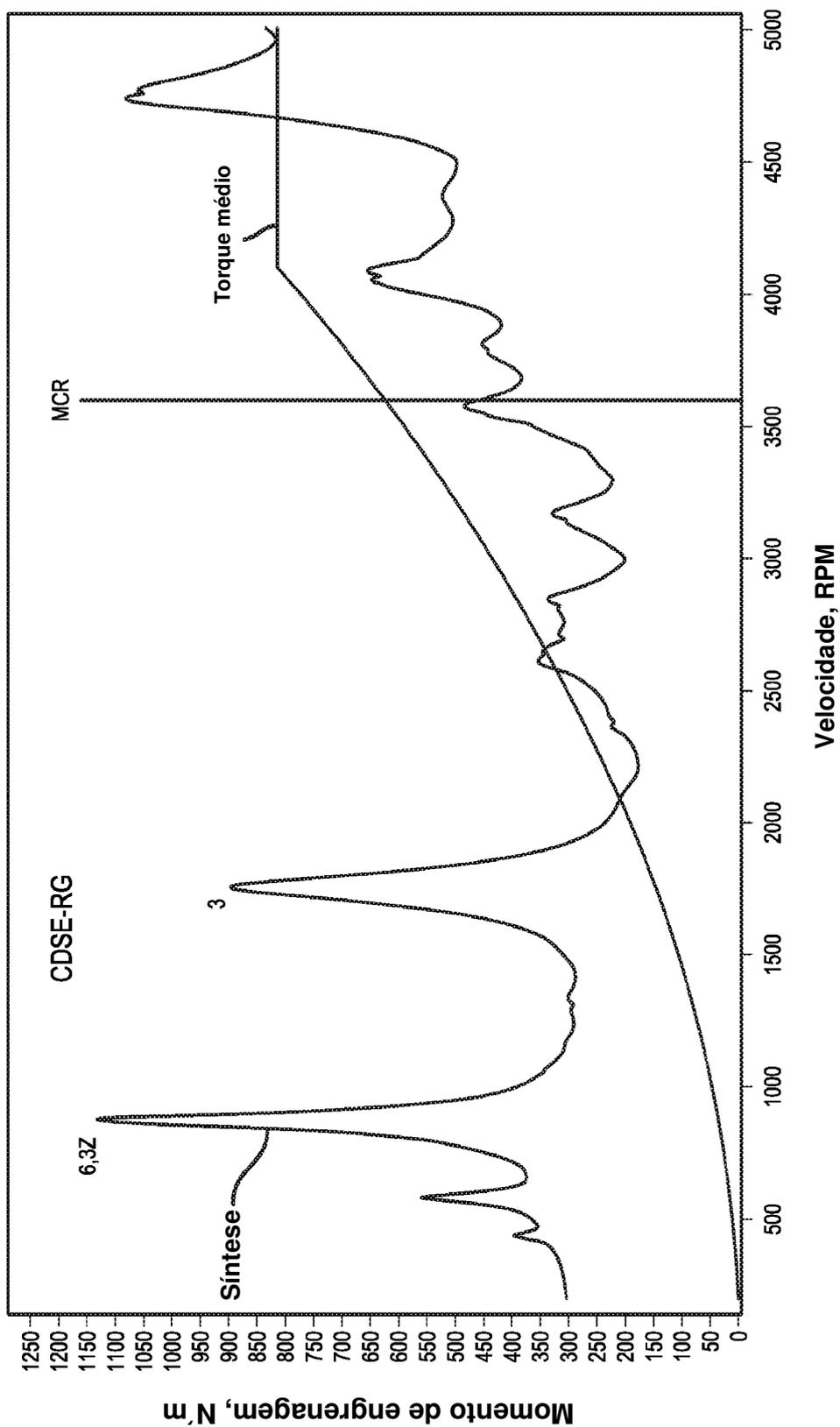


FIG. 18

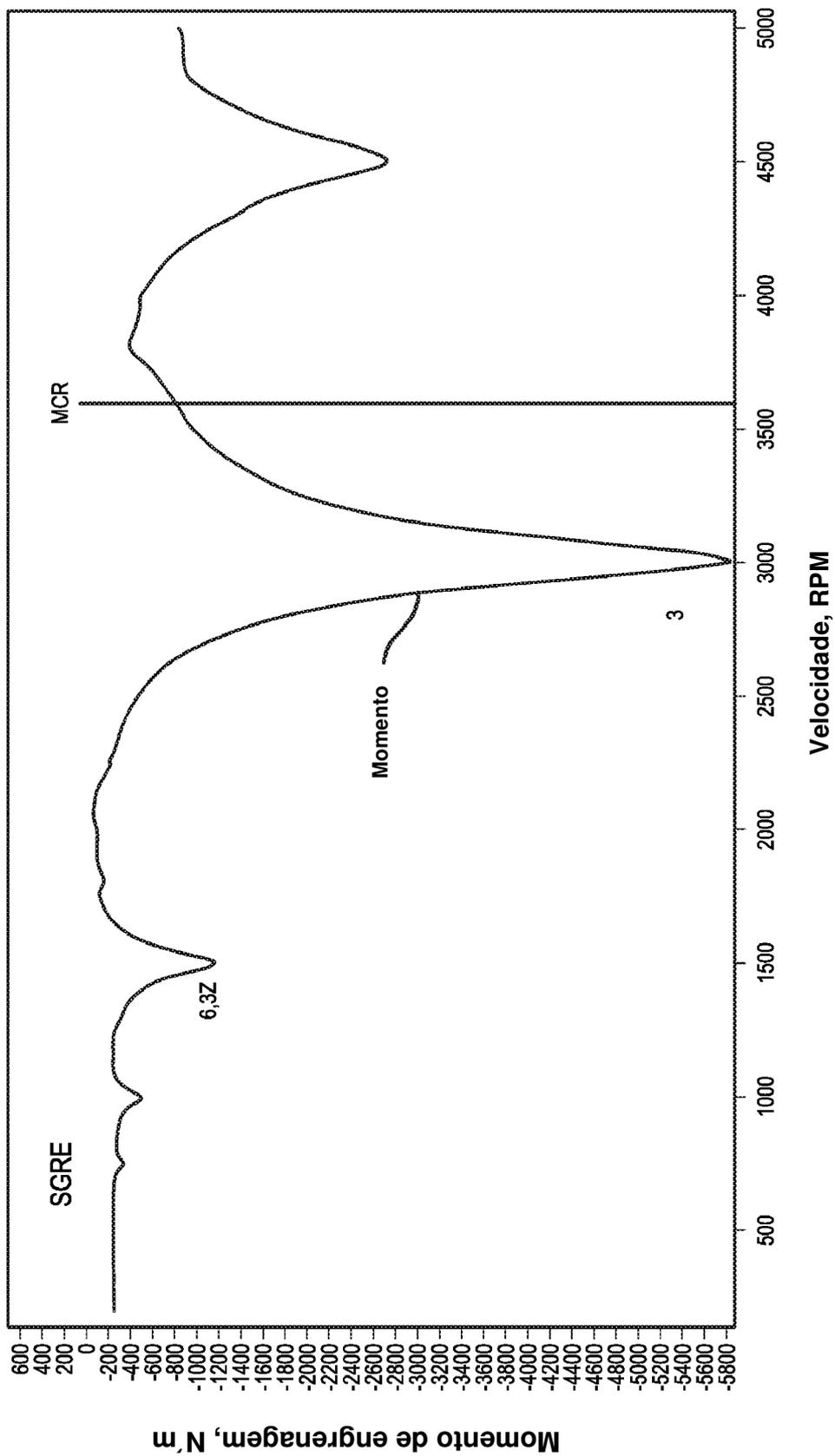


FIG. 19

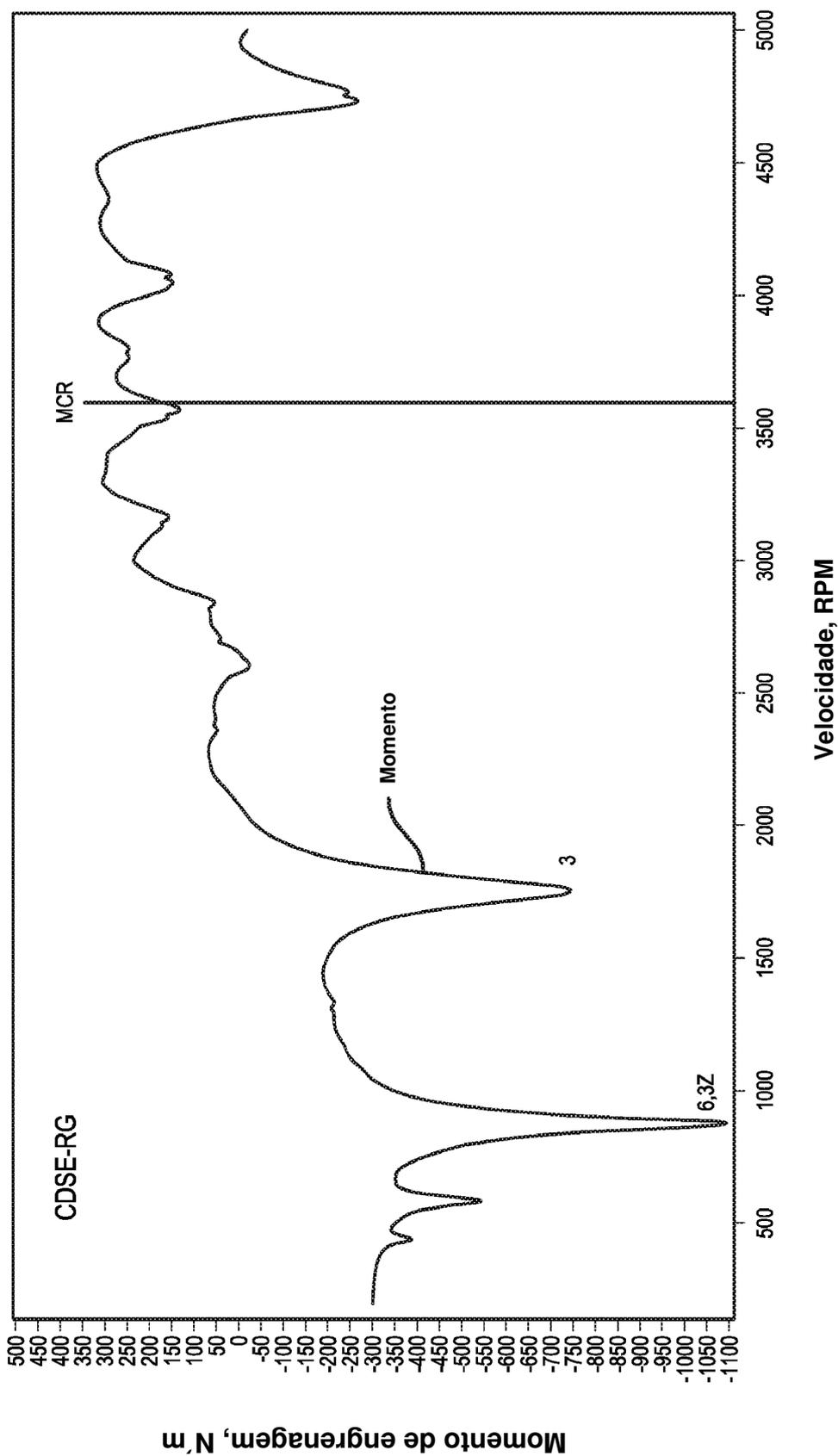


FIG. 20

RESUMO

## “MOTOR DE COMBUSTÃO INTERNA”

Um motor de combustão interna para uso com uma aeronave acionada por propulsor inclui um eixo de came adaptado para funcionar como um eixo geométrico de transmissão que gira um propulsor para prover empuxo propulsivo. Uma série de engrenagens está configurada para transferir potência rotativa do eixo de manivela para o eixo de came e girar o eixo de came em uma velocidade que é proporcional à velocidade rotativa do eixo de manivela. A série de engrenagens é disposta através da parede traseira do alojamento de motor e é configurada para girar o eixo de came em uma direção oposta à rotação do eixo de came. O comprimento do eixo de came reduz vibração de torção do motor. Em uma modalidade, o motor é um motor de ignição por compressão de seis cilindros com uma configuração de motor *boxer* e pode gerar uma potência de pico de transmissão dentro da faixa de cerca de 300 cavalos a cerca de 350 cavalos.