



(21) BR 102022004622-0 A2

(22) Data do Depósito: 14/03/2022

(43) Data da Publicação Nacional:
26/09/2023

República Federativa do Brasil
Ministério do Desenvolvimento, Indústria,
Comércio e Serviços
Instituto Nacional da Propriedade Industrial

(54) **Título:** SISTEMA DE CONTROLE DE LUBRIFICAÇÃO POR ANÁLISE DA VISCOSIDADE DO FLUIDO, E MÉTODO DE CONTROLE

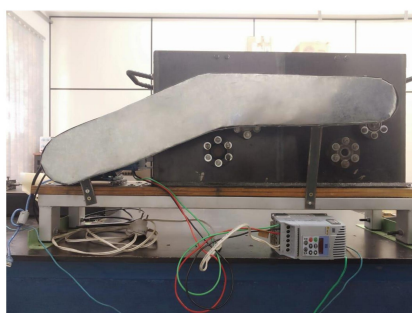
(51) **Int. Cl.:** F15B 19/00.

(52) **CPC:** F15B 19/005.

(71) **Depositante(es):** UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA JULIO DE MESQUITA FILHO.

(72) **Inventor(es):** APARECIDO CARLOS GONÇALVES; EMILIANA BORSANELLI SILVA; FÁBIO ROBERTO CHAVARETTE; GUILHERME AUGUSTO FERREIRA; ROBERTO OUTA; THIAGO CAMPOS CACIQUE DE OLIVEIRA.

(57) **Resumo:** SISTEMA DE CONTROLE DE LUBRIFICAÇÃO POR ANÁLISE DA VISCOSIDADE DO FLUIDO, E MÉTODO DE CONTROLE. A presente inovação contempla o campo de invenção da área de Engenharia mecânica, mais especificamente na área de manutenção preditiva, com o desenvolvimento de um sistema que controla a variação da viscosidade do fluido de lubrificação do equipamento. O presente documento propõe o desenvolvimento de um novo método de manutenção preditiva, com a aplicação da análise de vibração para a identificação da variação da viscosidade do fluido de lubrificação. A utilização da manutenção preditiva em equipamentos mecânicos tem como objetivo, aumentar a confiabilidade do processo produtivo, além de reduzir os custos de manutenção e garantir a disponibilidade, afim de que não haja parada não-programada das linhas produtivas. O sistema desenvolvido ainda tem por objetivo ser uma solução de baixo custo que consiga solucionar a dificuldade do estado da técnica, em ter que coletar o fluido de lubrificação e levá-lo para análise off-line em um laboratório especializado, além do tempo perdido com a logística de execução dos ensaios tribológicos, a interrupção da produção para a coleta do fluido impacta em alto custo para a execução da manutenção. O sistema proposto resolveu o problema (...).



SISTEMA DE CONTROLE DE LUBRIFICAÇÃO POR ANÁLISE DA VISCOSIDADE DO FLUIDO, E MÉTODO DE CONTROLE

Campo da invenção

[001] A presente inovação pertence a área da Engenharia Mecânica, em sua vertente tecnológica de Manutenção preditiva, mais especificamente no controle da lubrificação de um equipamento, através da análise da viscosidade do fluido lubrificante, mas não limitando a invenção a este único campo, uma vez que o produto final pode ser aplicado nas mais distintas áreas tecnológicas da Engenharia.

Fundamentos da invenção

[002] O aumento expressivo na população mundial, que segundo a Organização das Nações Unidas (ONU) era de 7,7 bilhões de pessoas em 2019, e apresenta a expectativa de uma população mundial de aproximadamente 9,7 bilhões de pessoas em 2050, ou seja, um aumento de 2 bilhões de pessoas nos próximos 30 anos. Todo este crescimento populacional, cerca de 26%, movimenta as áreas mais diversas a buscar por novas tecnologias multidisciplinares que permitam aumentar a eficiência produtiva para conseguir atender a este aumento populacional.

[003] Um simples exemplo desta demanda por alta tecnologia é: Como produzir alimento para toda esta população em expansão, com o uso da mesma área agrícola? Uma forma de conseguir tal feito, é aumentar a produtividade em toda a cadeia, desde as lavouras, o que pode ser feito com o uso das melhores práticas em agricultura, a ponto de, até mesmo conseguir diminuir o período total da safra; assim como aumentar a disponibilidade dos maquinários e veículos agrícolas utilizados nas diversas atividades durante a safra, tais como plantio, pulverização, adubação e colheita.

[004] Visando este aumento de produtividade dos equipamentos agrícolas, há décadas o surgimento da Manutenção Preditiva se tornou uma ferramenta essencial neste objetivo, mas com as demandas exponencialmente crescentes, apenas a prática da Manutenção Preditiva

isolada já não atende mais a toda esta demanda. Para isto, novas ferramentas de acompanhamento online têm sido constantemente desenvolvidas.

[005] Buscando prover tais soluções para o aumento da produtividade, novas áreas de estudos tem-se tornado multidisciplinar, de modo a permitir o aumento da capacidade e da produtividade das máquinas, dos equipamentos, dos dispositivos, entre outros elementos tradicionalmente utilizados na Engenharia Mecânica.

[006] Para esta integração, áreas como Engenharia Mecânica, Engenharia da Computação e Engenharia Elétrica têm, juntas, desenvolvidas novas soluções, como foi o caso da criação da Inteligência Artificial, das Redes Neurais e do Sistema Imunológico Artificial, entre outras técnicas ainda em estudo, visando sempre a atender as novas demandas evolutivas requeridas para garantir a evolução humana.

[007] A análise do fluido lubrificante tem papel fundamental na manutenção preditiva, por garantir o desempenho dos equipamentos, manter a produtividade planejada, evitar falhas e interrupções de produção, não planejadas. O acompanhamento periódico das condições do fluido utilizado no equipamento é o responsável pela eficiência na execução da manutenção preditiva.

[008] Atualmente, há a aplicação de diferentes tipos de fluidos em equipamentos mecânicos, como: óleo lubrificante para motor, óleo hidráulico, óleo para diferencial, óleo para transmissão, óleo para engrenagens, graxas, entre outros. Nos próximos textos trataremos todos os diferentes fluidos apenas por fluido ou óleo, de modo a simplificar as explicações.

[009] Entretanto, identificar a degradação ou a contaminação em um óleo demanda tempo e interrupção do processo produtivo, uma vez que há a necessidade de realizar a coleta do óleo e levar para laboratório para ensaiá-lo. Um dos principais parâmetros utilizados na identificação da degradação ou contaminação do óleo é a análise da viscosidade.

[0010] Em 2019, o pedido de patente BR 10 2019 010492-9, alvitrou como solução o uso de “Internet das Coisas” (IOT) combinado com o uso de diversos sensores para identificar os parâmetros de controle de um equipamento eletromecânico, a fim de evitar possíveis falhas. A solução proposta neste documento visa a conseguir uma solução ainda mais simples, com o uso de apenas um sensor, mais especificamente um acelerômetro, e com a aplicação de um

Sistema Imunológico Artificial para realizar o monitoramento da variação específica da viscosidade no sistema mecânico.

[0011] O pedido de patente BR 10 2017 013980-8, propôs como solução o uso de sensores para medir a vibração, a aceleração e a velocidade e opcionalmente a temperatura. Estes parâmetros medidos são processados por um software dedicado para as devidas análises. A solução proposta no presente documento visa uma solução ainda mais simples, de baixo custo e que consiga medir a variação da viscosidade de um fluido, durante o seu uso em um equipamento.

[0012] O pedido de patente PI 0902235-0, desenvolveu um sistema remoto de monitoramento e diagnóstico para a manutenção preditiva de máquinas. A solução utilizou medições de vibração, ruído sonoro, tensão e corrente elétrica. Para realizar as medições foram utilizados sensores, placas eletrônicas, placas de processamento e sistema de interface com o usuário. Para o diagnóstico de falhas foi utilizado um algoritmo de análise de bandas de energia, lógica determinística e análise de padrões por redes neurais artificiais. No entanto, a solução descrita não contempla o uso da análise de vibração para identificar a variação da viscosidade, como um método para a manutenção preditiva.

[0013] Em suma, nenhum dos documentos disponíveis no estado da técnica propôs o desenvolvimento de um sistema capaz de controlar a vida útil de um lubrificante, através dos sinais de vibração, que ao serem controlados indicam a variação da viscosidade que permite então, a análise da condição operacional deste fluido.

[0014] Para o desenvolvimento do sistema de controle de lubrificação foi necessário antes desenvolver um método de aquisição de dados, para a coleta dos sinais de vibração do equipamento, de modo a obter uma correlação entre os sinais de vibração e a viscosidade do fluido em análise.

Objetivos da Invenção

[0015] A presente inovação tem por objetivo captar a variação da viscosidade em um equipamento mecânico, como por exemplo uma caixa de engrenagens, com o uso de um

Sistema Imunológico Artificial (SIA). Para tanto, os sinais de vibrações, captados durante o funcionamento da caixa redutora, serão empregados para identificar a variação da viscosidade ao longo do tempo de uso do equipamento.

[0016] Através da mudança do valor da viscosidade é possível verificar se o lubrificante está se deteriorando, se está havendo algum tipo de contaminação, ou se está acontecendo qualquer outro fenômeno capaz de alterar a viscosidade do óleo durante sua vida útil, o que poderia causar danos ao equipamento que está sendo operado com um fluido com a viscosidade fora da faixa especificada pelo fabricante.

[0017] É também objetivo desta inovação prever a ocorrência de possíveis falhas do sistema mecânico. Para a execução da solução proposta foram utilizados recursos de inteligência artificial, de redes neurais, assim como do uso de um sistema imunológico artificial para criar um banco de dados capaz de aprender o comportamento da viscosidade do óleo com relação aos sinais de vibrações coletados.

Breve descrição dos desenhos

[0018] De modo a facilitar o entendimento do sistema desenvolvido e do método da presente invenção, esta patente traz as figuras, algumas em forma de fluxograma e gráficos, descritas na sequência:

[0019] A figura 1 apresenta a bancada montada para os ensaios comprobatórios do sistema de controle.

[0020] A figura 2 apresenta a placa de aquisição de dados utilizada na coleta dos sinais de vibração.

[0021] A figura 3 apresenta uma vista superior do mecanismo utilizado para coletar os sinais de vibração e os equipamentos utilizados nesta coleta.

[0022] A figura 4 apresenta uma vista ampliada do motor elétrico com o acelerômetro utilizado para medir os sinais de vibração.

[0023] A figura 5 apresenta uma vista das engrenagens montadas na área interna da caixa redutora, dentro do reservatório onde foi adicionado o fluido lubrificante.

[0024] A figura 6 apresenta o diagrama do método desenvolvido como nova solução para a execução da manutenção preditiva, com controle da viscosidade do fluido utilizado no equipamento.

[0025] A figura 7 é o gráfico gerado pela correlação entre os sinais de vibração do equipamento e as três viscosidades de óleo, sendo a viscosidade “C” escolhida como referência para a análise.

[0026] A figura 8 é o gráfico gerado pela correlação entre os sinais de vibração do equipamento e as três viscosidades de óleo, sendo a viscosidade “B” escolhida como referência para a análise.

[0027] A figura 9 é o gráfico gerado pela correlação entre os sinais de vibração do equipamento e as três viscosidades de óleo, sendo a viscosidade “A” escolhida como referência para a análise.

Descrição da invenção

[0028] O processo de desenvolvimento do sistema de controle de lubrificação por análise da viscosidade do fluido, de baixo custo e fácil aplicação, utilizou um sistema mecânico, mais especificamente uma caixa redutora, para a realização dos testes de aquisição de dados e de condições de falhas. Para realizar a leitura dos sinais de vibração da caixa redutora foi desenvolvido um sistema de aquisição de dados, que também foi utilizado na coleta dos sinais do motor elétrico que alimentava a caixa redutora.

[0029] Apenas como exemplo de equipamento mecânico, a montagem do sistema mecânico foi realizada com a fabricação de uma bancada composta por: motor elétrico; inversor de frequência; duas engrenagens; três eixos; duas polias; correia de borracha e/ou lona; oito mancais; quatro rolamentos; dois tampões de nylon; estrutura metálica em aço 1080; base de madeira; chapas de proteção em alumínio, rebites e outros elementos de fixação, tal como ilustra

a figura 1. O sistema desenvolvido, pode ser acoplado em qualquer outro sistema mecânico, o exemplo descrito tem por função apenas demonstrar os resultados práticos da inovação proposta.

[0030] A montagem do sistema de aquisição dos sinais de vibração do sistema mecânico, ilustrada na figura 2, foi composta por: uma placa de aquisição de dados; um sensor, preferencialmente do tipo acelerômetro; cabos; e softwares.

[0031] A figura 3 mostra uma vista superior do sistema mecânico montado pronto para os testes iniciais de aquisição de dados, com o acelerômetro fixo ao motor elétrico.

[0032] A figura 4 mostra uma vista parcial e ampliada da figura 3, de modo a permitir a visualização da fixação do acelerômetro no motor elétrico.

[0033] A presente inovação propôs o processo de um sistema de controle de lubrificação para qualquer equipamento mecânico.

Exemplo de equipamento com aplicação do sistema de controle

[0034] Apenas a título de exemplo de funcionamento, o equipamento utilizado nesta inovação funcionava da seguinte forma: a potência elétrica do motor foi transmitida ao eixo de saída no qual estava acoplado uma polia com o alojamento para uma das extremidades da correia de borracha e/ou lona. A outra extremidade da correia estava alojada em uma segunda polia, que por sua vez, foi montada no mesmo eixo da engrenagem menor que transmitia o movimento para a engrenagem maior. Um terceiro eixo foi utilizado para montar a engrenagem maior, com o uso de dois mancais e dois rolamentos na parede da estrutura metálica.

[0035] A figura 2 ilustra uma vista superior desta montagem do sistema mecânico detalhado no parágrafo anterior. Na Figura 5 estão ilustradas as duas engrenagens em uma vista frontal, sendo a menor tracionada pela polia com a correia, e assim, responsável por tracionar a engrenagem maior. A engrenagem maior era do tipo cilíndrica de dentes retos, possuía um diâmetro externo de 100 mm, diâmetro do furo de 20 mm, diâmetro do cubo de 40 mm e 48 dentes, essa era a engrenagem movida e foi usinada em aço SAE 1020. A engrenagem menor era do tipo cilíndrica de dentes retos, possuía um diâmetro externo de 52 mm, espessura de 17 mm, 24 dentes, foi usinada no extremo oposto do eixo acoplado com a polia. Essa era a

engrenagem motriz e também foi usinada em aço SAE 1020. O eixo motriz, no qual foi usinada a engrenagem menor, possuía 92 mm de comprimento e diâmetro de 17 mm. E foi montado na estrutura da caixa com o uso de 2 mancais e 2 rolamentos. O eixo movido que sustentava a engrenagem maior, possuía um comprimento de 70 mm e o diâmetro de 17 mm. E foi montado na estrutura da caixa com o uso de 2 mancais e 2 rolamentos. A Figura 3 ilustra uma vista superior da montagem dos eixos na estrutura da caixa redutora. Foram utilizadas 2 polias de alumínio do tipo em “V”, de diâmetro externo de 60 mm, perfil “A” de acordo com a norma ISO 4183. Foram usinados mancais em acrílico para a montagem dos eixos das engrenagens maior e menor na estrutura da caixa de aço. Para montar cada um dos eixos foram utilizados dois mancais, ou seja, foram usados quatro mancais na montagem dos dois eixos. Foram utilizados mais quatro mancais na montagem dos dois tampões dos furos. Portanto, foram necessários oito mancais na montagem completa da caixa redutora. Os tampões utilizados visavam apenas a proteger cada um dos dois furos, sendo um em cada um dos reservatórios da estrutura da caixa redutora, onde poderia ser acoplado um terceiro eixo, para uma terceira engrenagem. E ainda havia a possibilidade de acoplamento dos dois conjuntos de engrenagens, de modo a formar um equipamento de maior redução.

[0036] A bancada foi montada com uma estrutura metálica de chapas de aço 1080. As faces laterais da estrutura foram unidas entre si e unidas ao fundo da estrutura por soldagem. Nesta estrutura foram montados os mancais que suportavam os eixos das engrenagens, em uma das faces laterais, mais especificamente na face que apresentava o maior comprimento. Para garantir a segurança na operação da bancada foi instalada uma capa de proteção na correia que transmitia o movimento da polia do motor elétrico para a polia de acionamento das engrenagens. A capa foi fabricada em alumínio e montada com rebites e parafusos. A bancada pronta para a realização dos testes está ilustrada na figura 1.

Descrição detalhada da invenção

[0037] O sistema de controle da lubrificação, utilizou uma placa de aquisição de dados (1), alimentada por um cabo de energia (2). A placa (1) é conectada por fios com o acelerômetro (3), que preferencialmente é um acelerômetro de 3 eixos com um giroscópio de 3 eixos embutido, mas não limitando a solução ao uso exclusivo deste acelerômetro, que pode ser

substituído por diferentes tipos de sensores, desde que sejam capazes de realizar a leitura dos sinais de vibração do equipamento, nos três eixos cartesianos (x, y, z). O acelerômetro (3) é instalado no equipamento (4).

[0038] Foi necessário criar um banco de dados para treinar a inteligência artificial desenvolvida nesta inovação. Este banco de dados foi gerado através da coleta dos sinais de vibração do motor elétrico do equipamento (4), e da coleta de dados no mancal que sustenta o eixo da engrenagem motriz, neste ponto foram coletados os sinais do uso de 3 fluidos com viscosidades distintas, denominadas por viscosidade “A”, viscosidade “B” e viscosidade “C”, e ainda neste ponto também foram coletados os sinais do equipamento (4) funcionando sem fluido. Cada coleta foi realizada por pelo menos 2 minutos (mínimo de 10 mil pontos) em diversas frequências (18, 20, 22, 24, 26, 28 e 30 Hz)

[0039] O software utilizado para receber os sinais de vibração do acelerômetro (3), utilizou a biblioteca “Wire” para o protocolo I2C e a biblioteca “MPU6050_tockn”. Na sequência a placa de aquisição de dados (1), que preferencialmente é uma placa MPU-6050, foi instanciada, no set up foi iniciada a porta serial, e no loop foram impressas as acelerações em x, y e z respectivamente.

[0040] O algoritmo de controle foi desenvolvido para aprender com os dados coletados através das viscosidades conhecidas e ensaiadas no equipamento (4), de modo a criar uma correlação entre os sinais de vibração e a viscosidade real do fluido em uso no equipamento (4). Esta correlação é feita através da análise da média dos sinais de vibração, para prever qual a faixa da viscosidade do óleo que está em uso. Ou seja, identificar se está acontecendo uma alteração no valor da viscosidade do óleo, tal como quando um óleo começa a se degradar, pois já atingiu sua vida útil, ou quando um contaminante atinge o fluido do sistema mecânico.

[0041] As análises foram realizadas através da leitura do algoritmo (ASN) com o uso de uma função Structural Health Monitoring (SHM) compilada pelo software Matlab. Ao abrir a função SHM era possível escolher qual a viscosidade seria utilizada como referência para identificar o comportamento das outras duas viscosidades ensaiadas.

[0042] A primeira análise foi realizada considerando a viscosidade “C” como a referência. O óleo “C” apresentava o maior valor de viscosidade dentre os três óleos ensaiados,

ou seja, era a amostra que apresentava o maior amortecimento nos sinais de vibração. Ao gerar o gráfico com os sinais de vibração das três viscosidades (“A”, “B” e “C”) os valores médios do sinal de vibração do óleo de viscosidade “B” estavam distribuídos acima dos valores médios do sinal de vibração do óleo de viscosidade “C”, e os valores médios do sinal de vibração do óleo de viscosidade “A” estavam predominantemente acima dos sinais de vibração dos óleos de viscosidade “C” e “B”.

[0043] Alguns pontos discrepantes, distribuídos fora dos valores médios, podem ser entendidos com outliers, e alguns pontos que margeiam a viscosidade acima ou abaixo da faixa analisada são justificáveis devido a variação de frequência utilizada na coleta de dados para a criação da base de dados. Tal situação é aceitável já que as viscosidades dos óleos “A”, “B” e “C” são próximas e foram aplicadas sete frequências diferentes para cada uma das amostras. Assim os dados coletados para a maior frequência do óleo de viscosidade “A” podem sobrepor aos dados para a menor frequência do óleo de viscosidade “B”. Assim como os dados coletados para a maior frequência do óleo “B” podem sobrepor aos dados coletados para a menor frequência do óleo “C”. Todos os dados descritos acima estão ilustrados na Figura 7, na qual o eixo vertical representa a média do sinal de vibração de cada dado medido e que foi convertida de Hz para rpm, apenas para melhorar a identificação das faixas de viscosidade; e no eixo horizontal está o tempo, medido em segundos, no qual os dados foram coletados.

[0044] A segunda análise foi realizada considerando a viscosidade “B” como a referência. O óleo de viscosidade “B” apresentava um valor intermediário de viscosidade, dentre os três óleos ensaiados, ou seja, era a amostra que apresentava o amortecimento intermediário nos sinais de vibração. Ao gerar o gráfico com os sinais de vibração das três viscosidades (“A”, “B” e “C”) os valores médios do sinal de vibração do óleo de viscosidade “A” estavam distribuídos acima dos valores médios do sinal de vibração do óleo de viscosidade “B”. Os valores médios do sinal de vibração do óleo de viscosidade “C” estavam predominantemente abaixo dos sinais de vibração do óleo de viscosidade “B”.

[0045] Alguns pontos discrepantes, distribuídos fora dos valores médios, podem ser entendidos com outliers, e alguns pontos que margeiam a viscosidade acima ou abaixo da faixa analisada são justificáveis como já explicado na primeira análise. Todos os dados descritos para a segunda análise estão ilustrados na Figura 8.

[0046] A terceira análise foi realizada considerando a viscosidade “A” como a referência. O óleo com a viscosidade “A” apresentava o menor valor de viscosidade dentre os três óleos ensaiados, ou seja, era a amostra que apresenta o menor amortecimento nos sinais de vibração. Ao gerar o gráfico com os sinais de vibração das três viscosidades (“A”, “B” e “C”) os valores médios do sinal de vibração do óleo de viscosidade “B” estavam distribuídos abaixo dos valores médios do sinal de vibração do óleo de viscosidade “A”. Os valores médios do sinal de vibração do óleo de viscosidade “C” estavam predominantemente abaixo dos sinais de vibração dos óleos de viscosidade “B” e “A”.

[0047] Alguns pontos discrepantes, distribuídos fora da faixa dos valores médios, podem ser entendidos com outliers, e alguns pontos que margeiam a viscosidade acima ou abaixo da faixa analisada são justificáveis como já explicado na primeira análise. Todos os dados descritos para a terceira análise estão ilustrados na Figura 9.

[0048] Adicionalmente, ao sistema de controle de lubrificação, um sistema de aviso pode ser aplicado a solução, de modo que, quando a viscosidade do fluido utilizado no equipamento (4) esteja fora da faixa de aplicação, ou seja, abaixo de uma viscosidade mínima especificada ou acima de uma viscosidade máxima especificada, o sistema de aviso emite um alarme no computador ou interface homem-máquina que estiver conectado a placa de aquisição de dados (1).

[0049] O sistema de aviso, pode ainda, alternativamente ser parametrizado de modo que, quando a viscosidade sair fora da faixa de viscosidade especificada para o equipamento (4), este seja desligado, de modo a evitar danos ao mesmo.

REIVINDICAÇÕES

1. SISTEMA DE CONTROLE DE LUBRIFICAÇÃO POR ANÁLISE DA VISCOSIDADE **caracterizado por** conter placa de aquisição de dados (1), cabos (2), acelerômetro (3), equipamento (4) e algoritmo para o controle da variação da viscosidade.
2. SISTEMA DE CONTROLE DE LUBRIFICAÇÃO POR ANÁLISE DA VISCOSIDADE, de acordo com a reivindicação 1, **caracterizado por** a placa de aquisição de dados (1) ser acoplada a um computador ou a um sistema de interface homem-máquina.
3. SISTEMA DE CONTROLE DE LUBRIFICAÇÃO POR ANÁLISE DA VISCOSIDADE, de acordo com a reivindicação 1, **caracterizado por** o acelerômetro (3) ser preferencialmente do tipo acelerômetro acoplado com giroscópio.
4. SISTEMA DE CONTROLE DE LUBRIFICAÇÃO POR ANÁLISE DA VISCOSIDADE, de acordo com a reivindicação 1, **caracterizado por** o algoritmo de controle fazer a análise da variação da viscosidade com base dos sinais de vibração medidos pelo acelerômetro (3) no equipamento (4) e coletado pela placa de aquisição de dados (1).
5. SISTEMA DE CONTROLE DE LUBRIFICAÇÃO POR ANÁLISE DA VISCOSIDADE, E MÉTODO DE CONTROLE, de acordo com as reivindicações 1 e 4, **caracterizado por** alternativamente o acelerômetro (3) com giroscópio ser substituído por outro elemento capaz de medir os sinais de vibrações nos eixos X, Y e Z.
6. SISTEMA DE CONTROLE DE LUBRIFICAÇÃO POR ANÁLISE DA VISCOSIDADE, de acordo com a reivindicação 1, **caracterizado por** aditivamente o algoritmo de controle acionar o sistema de aviso quando o valor da viscosidade estiver fora da faixa especificada para o equipamento (4).
7. SISTEMA DE CONTROLE DE LUBRIFICAÇÃO POR ANÁLISE DA VISCOSIDADE, de acordo com as reivindicações 1 e 6, **caracterizado por**

aditivamente o algoritmo de controle emitir alerta quando o valor da viscosidade ser menor que a viscosidade mínima especificada para o equipamento.

8. SISTEMA DE CONTROLE DE LUBRIFICAÇÃO POR ANÁLISE DA VISCOSIDADE, de acordo com as reivindicações 1 e 6, **caracterizado por** aditivamente o software de controle emitir alerta quando o valor da viscosidade ser maior que a viscosidade máxima especificada para o equipamento.

9. SISTEMA DE CONTROLE DE LUBRIFICAÇÃO POR ANÁLISE DA VISCOSIDADE, de acordo com as reivindicações 1 e 6, **caracterizado por** alternativamente o software de controle desligar o equipamento (4) quando o valor da viscosidade estiver fora da faixa especificada para o equipamento (4).

10. MÉTODO PARA O SISTEMA DE CONTROLE DE LUBRIFICAÇÃO POR ANÁLISE DA VISCOSIDADE, definido na reivindicação 1, **caracterizado por**:

- a. Coletar os dados do sinal de vibração;
- b. Criar um banco de dados para os sinais de vibração coletados, separados por cada um dos três eixos x, y e z;
- c. Correlacionar o sinal de vibração coletado online com a viscosidade real do fluido;
- d. Ativar o sistema de controle.

11. MÉTODO PARA O SISTEMA DE CONTROLE DE LUBRIFICAÇÃO POR ANÁLISE DA VISCOSIDADE, de acordo com a reivindicação 10 **caracterizado por** aditivamente:

- a. Coletar os dados do sinal de vibração;
- b. Criar um banco de dados para os sinais de vibração coletados, separados por cada um dos três eixos x, y e z;
- c. Correlacionar o sinal de vibração coletado online com a viscosidade real do fluido;

- d. Ativar o sistema de controle;
- e. Acionar o sistema de alerta.

12. MÉTODO PARA O SISTEMA DE CONTROLE DE LUBRIFICAÇÃO POR ANÁLISE DA VISCOSIDADE, de acordo com a reivindicação 10 **caracterizado por** alternativamente:

- a. Coletar os dados do sinal de vibração;
- b. Criar um banco de dados para os sinais de vibração coletados, separados por cada um dos três eixos x, y e z;
- c. Correlacionar o sinal de vibração coletado online com a viscosidade real do fluido;
- d. Ativar o sistema de controle;
- e. Acionar o sistema de aviso;
- f. Desligar o equipamento.

DESENHOS

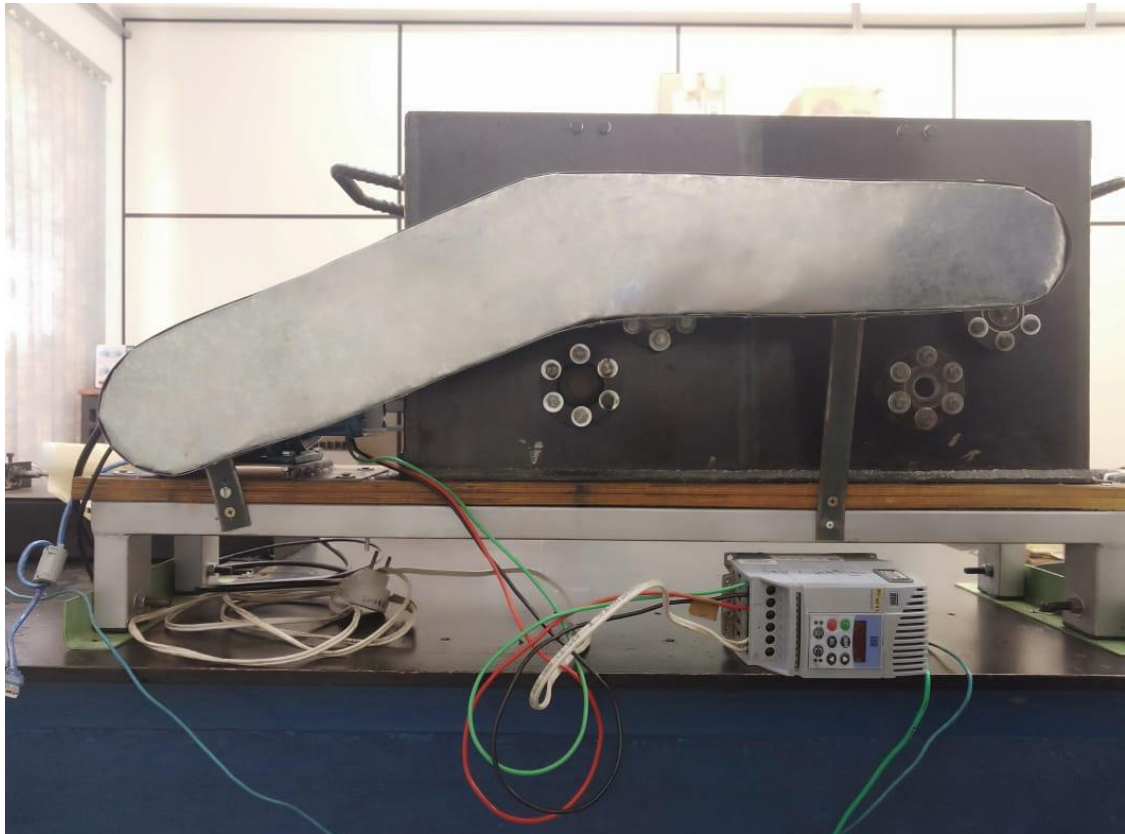


Figura 1



Figura 2

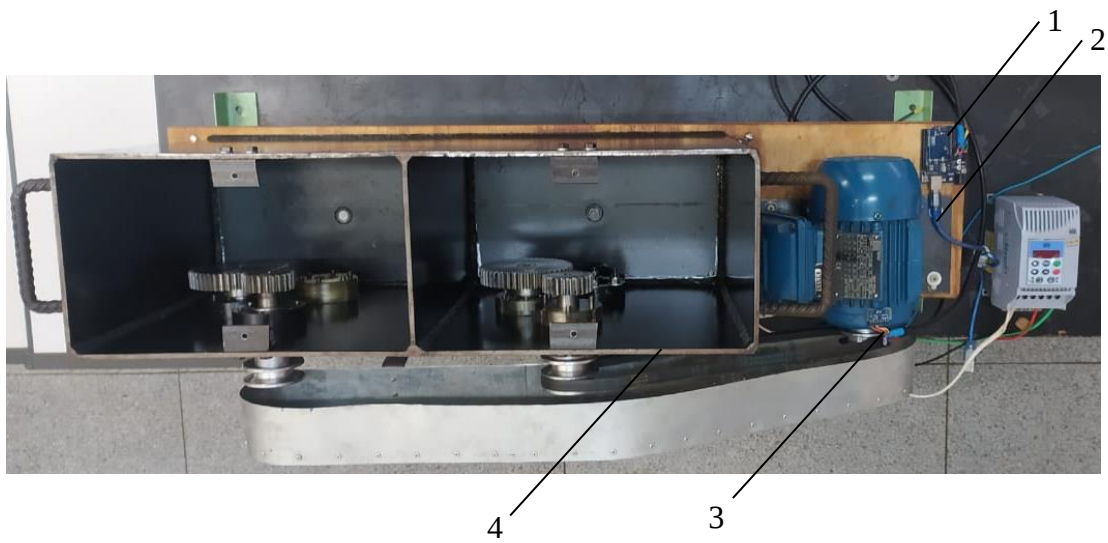


Figura 3

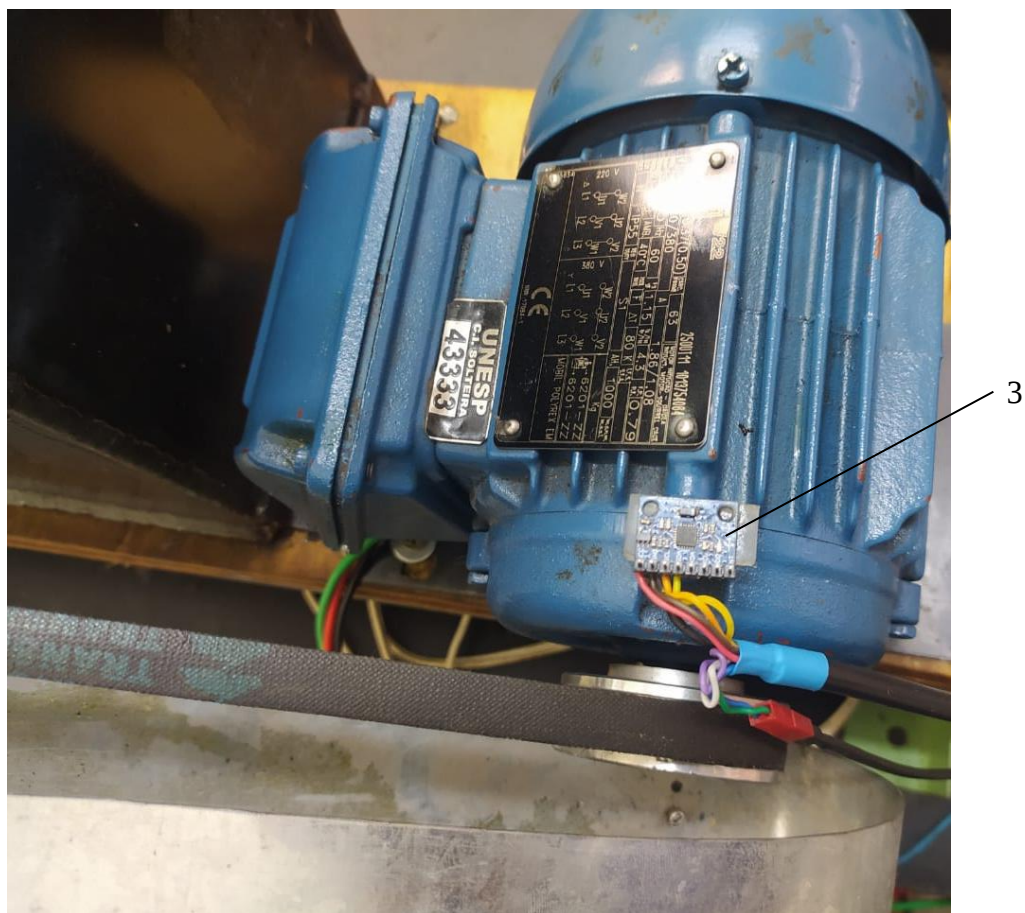


Figura 4



Figura 5

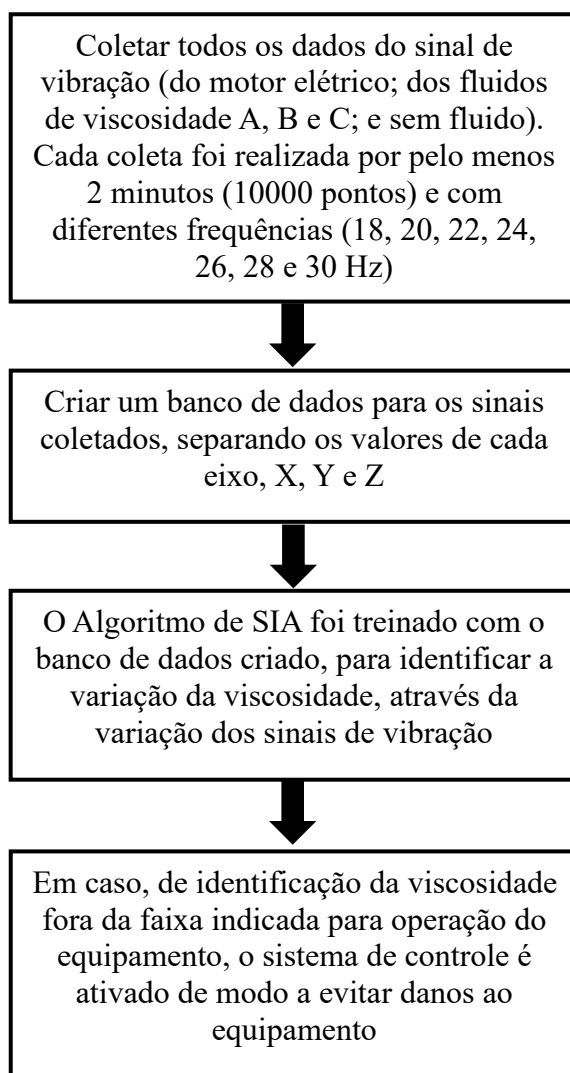


Figura 6

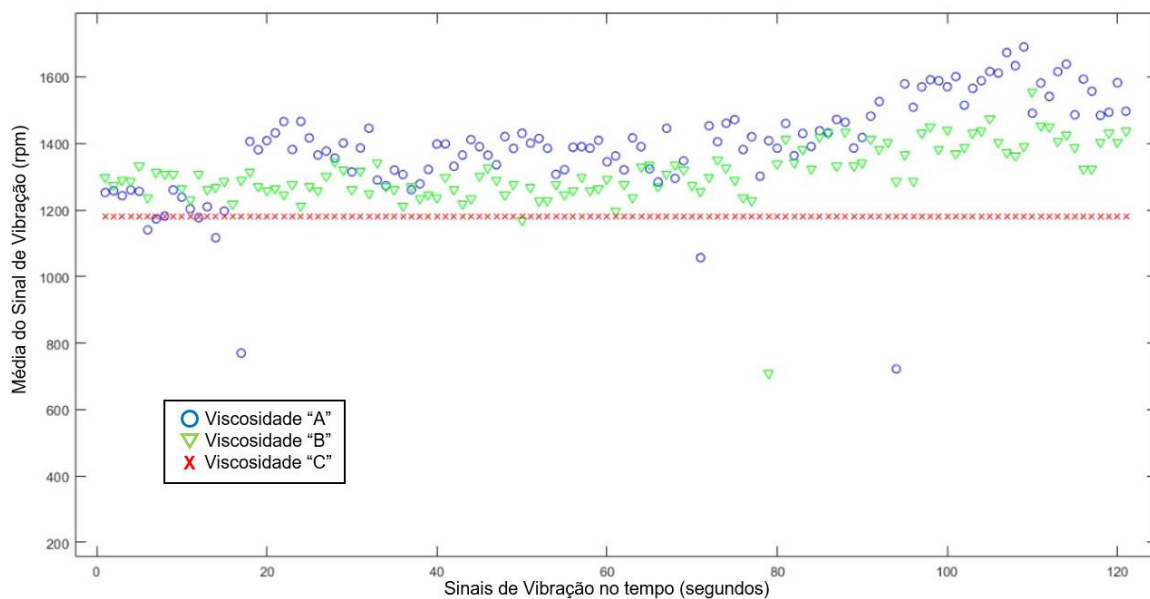


Figura 7

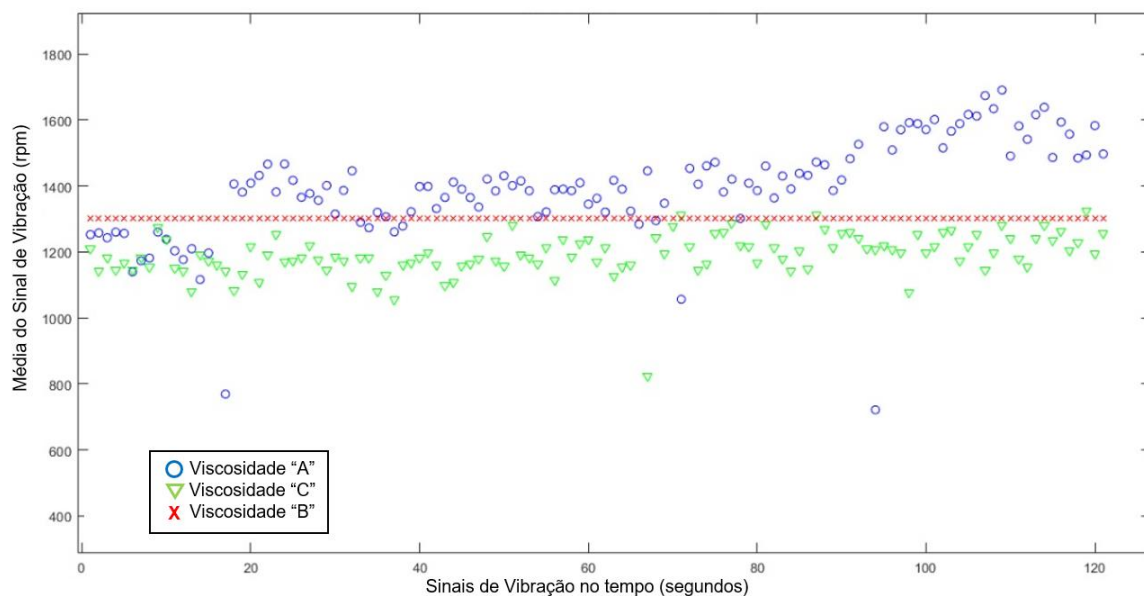


Figura 8

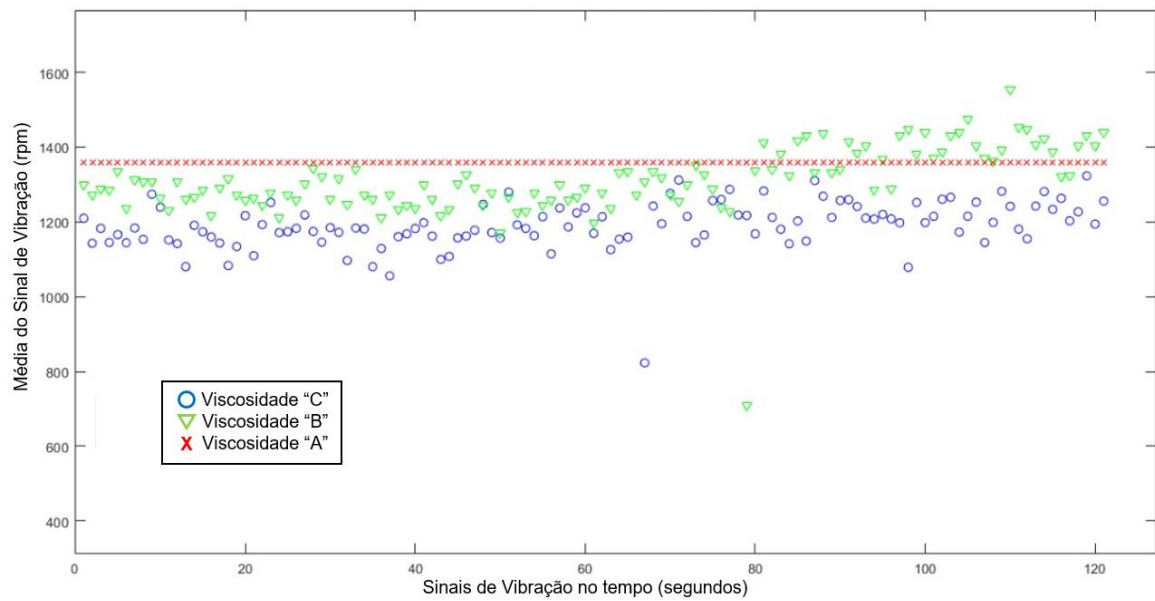


Figura 9

RESUMO

SISTEMA DE CONTROLE DE LUBRIFICAÇÃO POR ANÁLISE DA VISCOSIDADE DO FLUIDO, E MÉTODO DE CONTROLE

A presente inovação contempla o campo de invenção da área de Engenharia mecânica, mais especificamente na área de manutenção preditiva, com o desenvolvimento de um sistema que controla a variação da viscosidade do fluido de lubrificação do equipamento. O presente documento propõe o desenvolvimento de um novo método de manutenção preditiva, com a aplicação da análise de vibração para a identificação da variação da viscosidade do fluido de lubrificação. A utilização da manutenção preditiva em equipamentos mecânicos tem como objetivo, aumentar a confiabilidade do processo produtivo, além de reduzir os custos de manutenção e garantir a disponibilidade, afim de que não haja parada não-programada das linhas produtivas. O sistema desenvolvido ainda tem por objetivo ser uma solução de baixo custo que consiga solucionar a dificuldade do estado da técnica, em ter que coletar o fluido de lubrificação e levá-lo para análise off-line em um laboratório especializado, além do tempo perdido com a logística de execução dos ensaios tribológicos, a interrupção da produção para a coleta do fluido impacta em alto custo para a execução da manutenção. O sistema proposto resolveu o problema técnico descrito acima, de modo a realizar o monitoramento da viscosidade do fluido de lubrificação, de modo online, e sem a necessidade de interrupção de funcionamento do equipamento.