

ANÁLISE DE VIBRAÇÃO EM EQUIPAMENTOS DE MINERAÇÃO: MONITORAMENTO ON-LINE DE VIBRAÇÃO

Gualter Peixoto Neto

RESUMO: Este trabalho é direcionado ao entendimento e aplicação do monitoramento de vibração on-line baseado no conceito da técnica de inspeção preditiva de análise de vibração possibilita maior operação dos equipamentos de uma instalação de beneficiamento de minério. Apresenta um estudo da eficiência do sistema on-line em relação ao sistema off-line de acompanhamento vibracional de equipamentos como motores, redutores de velocidade e britadores, através da análise de vários espectros coletados ao longo do dia. Este estudo possibilitou avaliar todas as condições de operação dos equipamentos de mineração proporcionando maior previsibilidade de manutenções e melhor planejamento das paradas preventivas onde as manutenções ocorrem oferecendo menor impacto operacional e maior retorno custo-benefício dos equipamentos aplicados.

Palavras-chave – Monitoramento on-line, Análise de Vibração, Equipamentos de Mineração.

ABSTRACT: It this work is directed at understanding and application of vibration monitoring on-line based on the concept of technical inspection predictive vibration analysis equipment allows greater operation of an ore processing facility. Presents a study of the efficiency of on-line system with the system off-line vibration monitoring equipment such as motors, speed reducers and crushing, through the analysis of several spectra collected throughout the day. This study evaluates all conditions of operation of mining equipment providing greater predictability of maintenance downtime and better planning of preventive maintenance occur where the lowest operational impact and providing greater cost-benefit return of the equipment used. Keywords – Online monitoring, Vibration Analysis, Equipment Mining.

1 Graduando em Engenharia Elétrica pela Faculdade UNIBH/MG. Email: gualter_cabral@me.com

1 INTRODUÇÃO

Este trabalho é destinado à compreensão dos parâmetros utilizados na técnica de inspeção preditiva de análise de vibração obtida através de medições realizadas em motores, redutores de velocidade, britadores e bombas de água, sendo essas medições on-line, ou seja, medições realizadas durante todo tempo.

Apresenta um estudo é baseado na ideia do monitoramento on-line de vibração onde, pode ser elevada a confiabilidade dos equipamentos diminuindo em médio prazo, os custos de

manutenção e inspeção. Esse monitoramento faz com que os possíveis defeitos detectados possam ser acompanhados dia-a-dia até sua correção.

A aplicação do monitoramento on-line de vibração mostra o real comportamento da máquina em todos os estágios do processo produtivo, diferentemente do monitoramento off-line que apresenta apenas o comportamento em plena carga. Desta forma é possível traçar o perfil operacional da máquina, planejando e programando intervenções, para otimizar o processo produtivo.

O estudo foi desenvolvido com a viabilidade de se realizar a medição de vibração on-line, onde tal experimento possibilitou o estudo dos aspectos técnicos, econômicos e operacionais relevantes para o tema, de forma a reduzir a probabilidade de danos nos acionamentos, compostos por motores elétricos, redutores de velocidades, bombas centrífugas, se comparado aos sistemas de medições off-line.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 ANÁLISE DE VIBRAÇÃO

Os Elementos Pós-Textuais não são numerados e se Segundo Souza (2015), a inspeção preditiva por análise de vibração é uma técnica bastante utilizada para detecção de defeitos em equipamentos de vários segmentos industriais no país. Essa técnica consiste em avaliar o comportamento da máquina através de sua vibração, na qual é obtida através da rotação ou frequência da máquina.

Segundo mesmo autor, vibração é o movimento oscilatório de um corpo excitado por uma força em relação a um ponto de referência. (Figura 1)

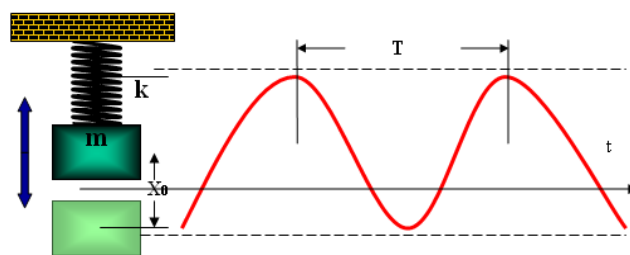


Figura 1 – Movimento oscilatório
Fonte: VE Engenharia, 1999

Outros conceitos abordados pelo autor referem-se à manutenção preditiva, cujo conceito é o de prever o defeito de forma condicional para que sejam realizadas intervenções planejadas e programadas. O sinal de vibração no tempo, que é obtido através do acelerômetro e de um circuito eletrônico que utiliza a transformada rápida de Fourier, o sinal é passado do domínio do tempo para o domínio da frequência, onde será analisada a maioria de excitações de defeitos nos mancais, eixos, estruturas e engrenagens de várias máquinas.

Segundo Santos (2016), a medição de vibração dos equipamentos de mineração é realizada visando detectar defeitos como, folgas na fixação da base dos acionamentos, desalinhamento entre eixos, excentricidade de eixos, desbalanceamento, ressonância, folgas nos rolamentos,

defeitos nos componentes dos rolamentos, avarias nos engrenamentos, chaveamento da tensão da rede devido ao funcionamento de bancos de capacitores.

Os espectros característicos dos principais defeitos detectados com aplicação da técnica preditiva de análise de vibração são descritos nos sete casos apresentados.

1º Caso - Segundo Souza (2015), desalinhamento angular entre eixo pode se manifestar no espectro de vibração com o 2º harmônico da frequência natural ou rotação natural do acionamento. Seu ponto de medição é na direção axial aos eixos e sua medição utiliza a unidade de mm/s. (Figura 2)

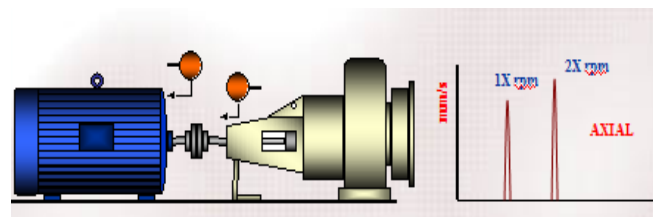


Figura 2 – Desalinhamento angular
Fonte: VE Engenharia, 2015

2º Caso - Conforme observado pelo mesmo autor, pode ocorrer o desalinhamento paralelo entre eixo que se manifesta no espectro de vibração com o 2º harmônico da frequência natural ou rotação natural do acionamento. Seu ponto de medição é na direção radial no sentido horizontal aos eixos e sua medição utiliza a unidade de mm/s. (Figura 3)

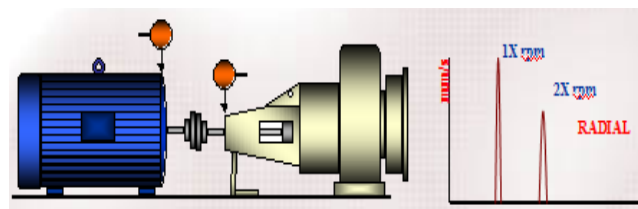


Figura 3 – Desalinhamento paralelo
Fonte: VE Engenharia, 2015

3º Caso - Souza (2015) afirma que, desalinhamento paralelo entre eixo se manifesta no espectro de vibração com a formação de vários harmônicos da frequência natural ou rotação natural do acionamento e picos de alta amplitude nas altas frequências. Seu ponto de medição é na direção radial no sentido horizontal aos eixos e sua medição utiliza a unidade de mm/s. (Figura 4)

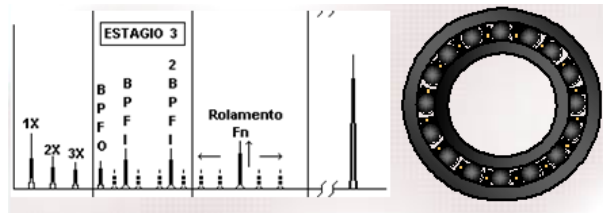


Figura 4 – Desgaste dos rolamentos
 Fonte: VE Engenharia, 2015

4° Caso – O mesmo autor afirma que a baixa rigidez da base do acionamento pode se manifestar no espectro de vibração com o aumento da amplitude da frequência natural. Seu ponto de medição é na direção radial no sentido vertical aos eixos e sua medição utiliza a unidade de mm/s. No entanto esse tipo de espectro também pode indicar desbalanceamento do acionamento. (Figura 5)

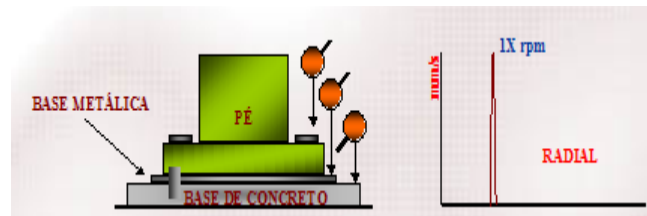


Figura 5 – Baixa rigidez de base
 Fonte: VE Engenharia, 2015

5° Caso - A má fixação da base ou a presença de parafusos de fixação soltos do acionamento se manifesta no espectro de vibração com o aparecimento de sub-harmônicos da frequência natural. Seu ponto de medição é na direção radial no sentido horizontal e vertical aos eixos e sua medição utiliza a unidade de mm/s. (Figura 6)

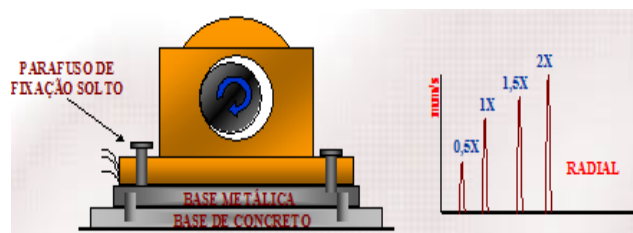


Figura 6 – Má fixação da base do acionamento
 Fonte: VE Engenharia, 2015

6° Caso – Segundo Souza (2015), os desgastes ou folgas mecânicas se manifestam no espectro de vibração com a formação de vários harmônicos da freqüência natural ou rotação natural do acionamento, seu ponto de medição é na direção radial no sentido horizontal aos eixos e sua medição utiliza a unidade de mm/s. (Figura 7)

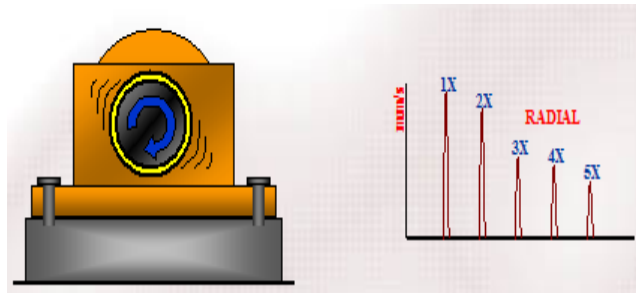


Figura 7 – Desgastes ou folgas mecânicas
 Fonte: VE Engenharia, 2015

7º Caso – O mesmo autor diz que os desgastes nos rotores de bombas se manifestam no espectro de vibração com a formação de picos de freqüência de passagem de pás, que é o produto de da freqüência natural vezes os números de pás do rotor em estudo, seu ponto de medição é na direção radial no sentido horizontal aos eixos e sua medição utiliza a unidade de mm/s. (Figura 8)

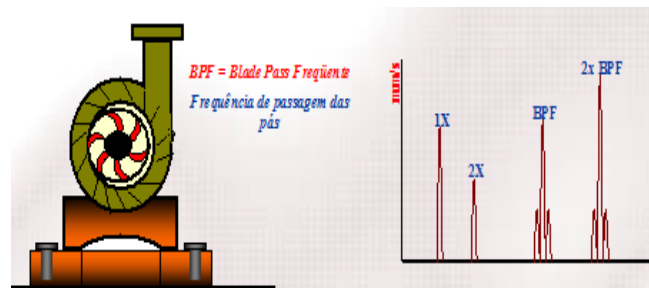


Figura 8 – Desgaste nos rotores de bombas
 Fonte: VE engenharia, 2015

Essa medição é feita de forma sistêmica, com periodicidade mensal, no sistema off-line, o que mostra o comportamento vibracional de uma máquina mês a mês, com 12 medições anuais e um perfil de funcionamento com poucas informações e possivelmente, com características de funcionamento apenas na condição nominal de carga do sistema.

Nas figuras 9 e 10 é possível visualizar um gráfico de tendência e um espectro de vibração de um defeito de desalinhamento obtido através de medição off-line.



Figura 9 – Gráfico de Tendência
 Fonte: VALE, 2016

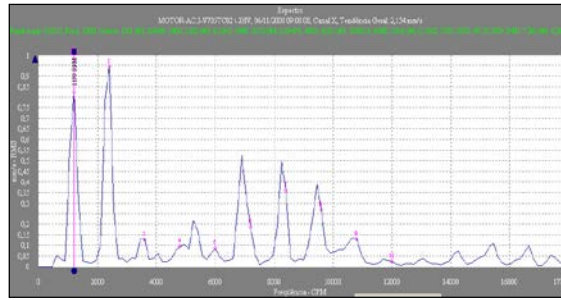


Figura 10 – Espectro de vibração do defeito de desalinhamento
 Fonte: VALE, 2016

Com a possibilidade do monitoramento on-line, será possível ter esse histórico com 12 medições por dia, ou até mesmo por hora. Dessa maneira o comportamento vibracional da máquina será verdadeiro, mostrando todos os estágios operacionais da máquina, com grande eficácia na detecção de defeitos e intervenções por condição. (FILIPE, 2015)

O mesmo autor afirma que defeitos que permitem intervenção sem troca dos componentes e defeitos que necessariamente requerem a troca de componente podem ser diferenciados em uma análise de vibração detalhada. Os defeitos que possibilitam a intervenção em uma máquina são desalinhamento, má fixação das bases, desbalanceamento. Porém a não correção desses defeitos desgastarão os rolamentos, eixos e engrenagens e a partir desses desgastes, a troca será a única opção. Desta forma se os defeitos de desalinhamento, folgas, desbalanceamentos forem controlados dia-a-dia os desgastes de eixos rolamentos e engrenagens serão amenizados.

2.2 MONITORAMENTOS ON-LINE DE VIBRAÇÃO

O monitoramento on-line se apresenta como uma área de grande interesse para as empresas de pequeno, médio e grande porte. Por meio da instalação de sensores que serão posicionados em locais estratégicos dos acionamentos das máquinas que compõe o processo produtivo. (FILIPE, 2015)

É possível obter os sinais vibracionais que modulam na frequência de rotação de cada eixo componente desse acionamento. Na figura 11 é possível verificar a posição dos sensores em um acionamento de um transportador de correia.

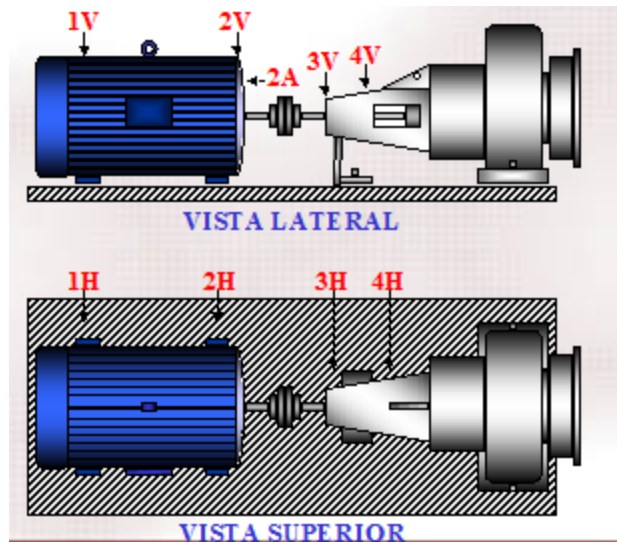


Figura 11 – Mancais para coletados os dados vibracionais da máquina.
 Fonte: VE engenharia, 2015

De acordo com Filipe (2015), para coletar os dados seriam necessárias à utilização de uma unidade eletrônica de processamento que através de acelerômetros possibilitam à aquisição da vibração da máquina em vários pontos distintos. Essa eletrônica seria responsável por modular e filtrar os espectros de vibração para que os setups de defeitos possam ser instalados. Para tanto, seria necessário comunicar esse sistema com a rede de automação para diagnosticar o alarme de defeito vibracional até o desligamento dessa máquina, para não comprometer a integridade física do acionamento.

Segundo mesmo autor, com a colocação de sensores fixados aos mancais de motores, redutores de velocidade, britadores, peneiras e bombas de água, seria possível obter em tempo real os dados de vibração dessas máquinas aplicadas ao processo de beneficiamento de minério.

3 METODOLOGIA

O trabalho se caracteriza, conforme Santos (2016), em um tipo experimental, pois obtêm dados através do monitoramento on-line de vibração e devido à mudança de condições necessárias para sua implementação, bem como a quebra de paradigmas existentes no cenário da manutenção preditiva.

Os procedimentos metodológicos foram iniciados com uma revisão bibliográfica, que teve por finalidade nivelar o conhecimento dos pesquisadores sobre o tema pesquisado.

Os passos subsequentes consistiram na fixação dos acelerômetros nos mancais das máquinas através da furação e abertura de rosca que possibilitaram um melhor contato entre o acelerômetro e a superfície do mancal. A seguir fez-se a interconexão dos cabos entre os sensores e a unidade eletrônica, para correta alimentação do circuito eletrônico desse sistema. Após isso foi alimentado com tensão 24 volts CC a unidade eletrônica, que por sua vez alimenta os sensores (Figura 12 – acelerômetros).

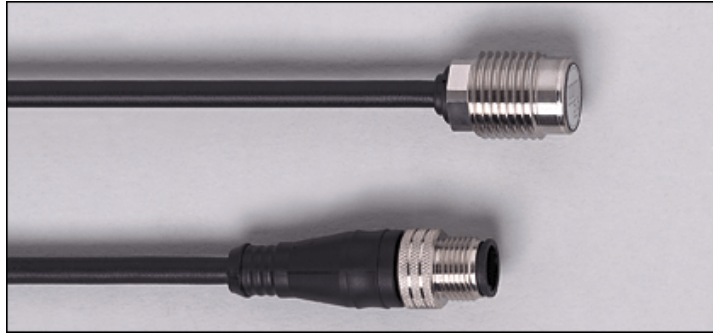


Figura 12 – Acelerômetro
Fonte: IFM Instrumentos, 2015

A partir desse momento foi necessário configurar os sinais de alarme e defeito das eletrônicas para a correta comutação das entradas digitais pelos relés de saída da unidade eletrônica referentes aos sinais de alarme e defeito vibracional da máquina na cabine de operação.

A Interconexão da unidade eletrônica à rede de computadores via endereçamento IP foi feita para análise dos dados vibracionais dos equipamentos a todo o momento, armazenando medições de 30 em 30 minutos para histórico de 12 medições por dia.

Por fim, a avaliação e diagnóstico dos defeitos foram detectados através do monitoramento on-line pelos técnicos de inspeção preditiva, que após analisar os dados redigiu a versão final deste trabalho.

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Com a parametrização correta da unidade eletrônica foi possível iniciar o processo de aquisição do sinal vibracional do equipamento a se medido. Esse equipamento é composto por um motor de 175CV, 4 polos, tensão 440 v, um redutor 2120YB marca PTI-FALK e um volante de inércia. Na figura 13, podem ser visualizados os pontos pré-configurados.

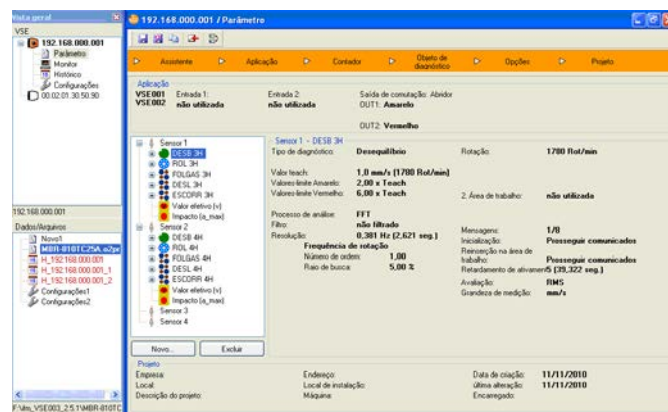


Figura 13 – Setup da eletrônica de vibração
Fonte: VALE, 2016

Com fixação dos sensores nos mancais das máquinas através de base magnética para melhor contato entre o acelerômetro e a superfície do mancal apresentou resultados satisfatórios, mantendo-se conectados aos mancais de forma simples e eficaz. A figura 14 mostra a base magnética acoplada ao acelerômetro.



Figura 14 – Base magnética acoplada ao acelerômetro
Fonte: VALE, 2016

A interconexão dos cabos dos sensores foi realizada de forma simples e tranquila nos bornes, segundo corretamente a descrição do fabricante. (Figura 15)



Figura 15 – Ligação dos cabos do acelerômetro em na eletrônica
Fonte: VALE, 2016

Para a alimentação da eletrônica referente ao processamento do sinal de vibração foi instalada uma fonte simples de 24 volts para tal finalidade. (Figura 16)

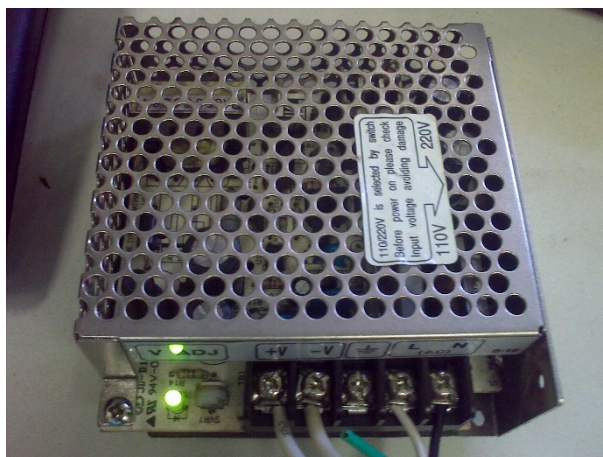


Figura 16 – Fonte de 24 volts
Fonte: VALE, 2016

Outra parte fundamental desse sistema é a visualização dos dados de vibração, que foram enviados via rede por endereço IP, para acesso e análise pelo setor técnico preditivo da área em questão. (Figura 17)



Figura 17 – Eletrônica sinalizando defeito para sala de controle
Fonte: VALE, 2016

O alarme foi visualizado pela cabine de operação, pois os relés comutaram entradas digitais de alarme e defeito, identificaram um possível defeito no acionamento das máquinas avaliadas. (Figura 18)



Figura 18 – Tela de alarmes e defeitos contidos no setup da eletrônica
 Fonte: VALE, 2016

Foi instalada uma eletrônica em uma estrutura conforme demonstrado na figura 19, onde seu funcionamento pode ser acompanhado através de computadores via endereçamento IP. (Figura 19)

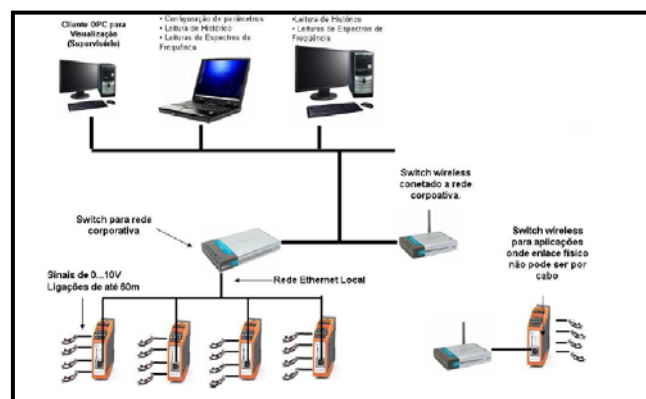


Figura 19 – Princípio da estrutura do monitoramento on-line
 Fonte: Portfólio LLK, 2015

Foram coletadas e avaliadas as informações após instalação do monitoramento on-line, onde pode ser alcançado um resultado satisfatório referente à qualidade do espectro, funcionamento de filtros e análise do espectro como um todo.

Foi identificada a presença de defeitos como desalinhamento, desbalanceamento e folgas, onde foi possível observar de forma satisfatória a resolução do sinal analisado. (Figura 20)

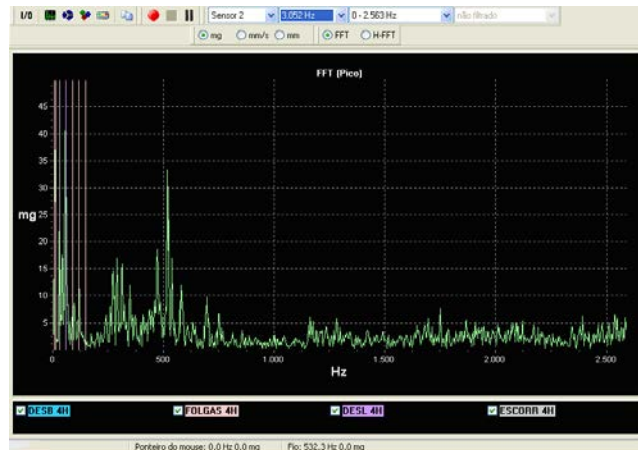


Figura 20 – Espectro no domínio da frequência em aceleração
Fonte: VALE, 2016

No entanto foi observado o atrito no rolamento do mancal do volante de inércia que indica defeitos nos mesmos, porém devido à baixa amplitude do sinal avaliado foi possível obter um diagnóstico positivo desse rolamento. (Figura 21)

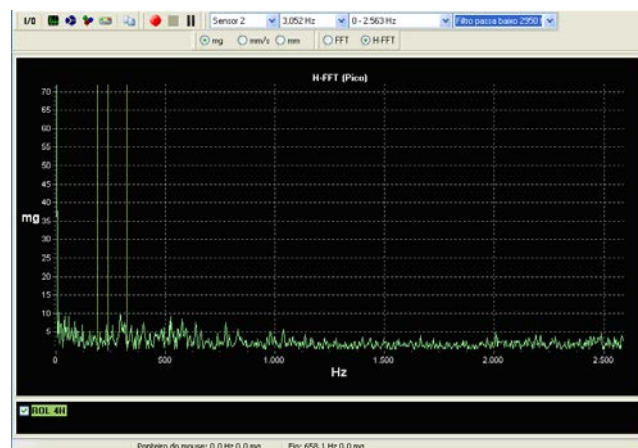


Figura 21 – Espectro no domínio da frequência do sinal de modulado
Fonte: VALE, 2016

5 CONCLUSÃO

Esta pesquisa foi desenvolvida com o objetivo de analisar e compreender as técnicas de inspeção preditiva de análise de vibração através de medições on-line realizadas em equipamentos industriais.

O resultado dessa pesquisa elevou a confiabilidade dos equipamentos industriais, reduzindo os custos de manutenção e viabilizando as inspeções.

Esse monitoramento possibilitou a detecção de possíveis defeitos e seus respectivos acompanhamentos dia-a-dia, até que fosse necessária sua correção.

A aplicação do monitoramento on-line de vibração mostrou o real comportamento da máquina em todos os estágios do processo produtivo, possibilitando traçar o perfil operacional da máquina, planejando e programando intervenções e eliminando perdas no processo produtivo.

REFERÊNCIAS

FILIPPE, L.; *Portfólio LLK Engenharia*, Belo horizonte: LLk Engenharia, 2015. Disponível em: <http://scuderia-sta.com/LLK.pdf>, 08/12/2015.

FILIPPE, L.; *Apostila curso de análise de vibração on-line IFM*, Belo horizonte: LLk Engenharia, 2015. Disponível em: <http://www.llk.com.br/pt/cursos/Sistema+on-line+da+ifm> , 08/12/2015.

SANTOS, M; *Apostila de analise de vibração off-line TECNOLASS*, São Paulo: Tecnolass, 2015. Disponível em: http://www.tecnolass.com.br/attachments/File/arquivos/ARQUIVOS%202009/Apostila_Vibracoes.zip, 22/12/2015.

SOUZA, C; *Apostila de curso de analise de vibração VE Engenharia*, Belo horizonte: VE Engenharia, 2015. Disponível em: <http://www.vecomercial.com.br/produtos/vibracao.html>, 08/12/2015.

SOUZA, C; *Apresentação em Power Point curso de analise de vibração VE Engenharia*, Belo horizonte: VE Engenharia, 2015. Disponível em: <http://www.vecomercial.com.br/produtos/vibracao.html>, 08/12/2015.

VALE Banco de dados; *Setup's de analise de vibração VALE*, Belo horizonte: VALE, 2016. Disponível em: HTTP: intranet.portalvale.metaframe, 14/03/2016.

GARIGLIO B; *Catálogos IFM instrumentos*, São Paulo: IFM Instrumentos, 2015. Disponível em: http://www.ifm.com/ifmbr/web/pselect2!2_70_10_30.html, 12/12/2015.