

ANÁLISE DE FALHA EM UMA REDE DE COMUNICAÇÃO *DEVICENET* ASSOCIADO À GESTÃO DA QUALIDADE

Helio Sena de Araujo*

RESUMO

A interrupção da produção de uma moagem de cimento é motivo de grandes perdas, principalmente devido à falta do produto final disponível aos clientes. Buscando garantir a confiabilidade do processo operacional e a garantia do produto final no prazo e com qualidade, este trabalho foi elaborado, baseado na recorrência de diversas falhas em uma rede de comunicação *DeviceNet*, as quais geraram um impacto enorme no processo produtivo. A instalação de redes de comunicação *DeviceNet* sem um pré-projeto leva a frustrantes resultados operacionais, quando funcionam, e muitas vezes de difícil correção, pois normalmente os fundamentos básicos não foram observados. Este trabalho foi realizado com a utilização de ferramentas de análise e detecção de falhas com o objetivo de identificar, constatar e elaborar ações que garantam a confiabilidade da operação a partir do controle da falha. Logo, destacar a relevância do gerenciamento da qualidade quando aplicada para o gerenciamento de projetos é um dos principais fatores para atingir os resultados esperados, além do custo e prazo, é a qualidade do produto ou serviço gerado. Desta maneira, possibilita às empresas a garantia da melhoria contínua em seus processos, atendendo o objetivo de serviços de altíssima qualidade, sem retrabalhos e sempre na busca do zero defeito. Por esses fatos, é que o serviço de redes industriais necessita de especialistas em redes de comunicações industriais, para prover um pacote de serviços que possam aperfeiçoar o desempenho das chamadas redes de comunicação no chão de fábrica e poder torná-las mais confiáveis, escaláveis funcionais e seguras.

Palavras-chave: Confiáveis. Escaláveis. Aperfeiçoar. Funcionalidade.

1 INTRODUÇÃO

* Pós Graduando em Gerência de Projetos na Faculdade de Administração e Negócios de Sergipe, Supervisor de Manutenção Elétrica, leohelio@yahoo.com.br.

Numa fábrica de cimento a operação contínua é essencial para maximizar o retorno do investimento. Para uma operação economicamente viável, os custos de manutenção devem ser reduzidos em toda a fábrica, o que requer engenharia qualificada e equipamentos de alto desempenho que garantam que as paradas sejam programadas. Diferente da necessidade mostrada acima, ao analisar o histórico de manutenção de uma Moagem de Cimento, verificou-se a existência de recorrentes paradas não programadas de grande impacto no processo produtivo.

Para garantir a confiabilidade do processo operacional e a garantia do produto final no prazo e com qualidade, este trabalho foi elaborado, baseado na recorrência de diversas falhas em uma rede de comunicação *DeviceNet*, as quais geraram um impacto enorme no processo produtivo.

O trabalho foi realizado com o auxílio de um projeto de análise e correção de falhas, ferramentas de gestão de manutenção e de técnicas de detecção de falhas, mais especificamente, a contratação de uma empresa especializada em certificação de redes de comunicação *DeviceNet*. Com o objetivo de identificar as principais causas de falha e baseado na sua constatação, elaborar ações que garantam a confiabilidade da operação a partir do controle e eliminação da falha, apresentando os resultados obtidos. Além de avaliar a eficácia da rede de comunicação *DeviceNet*, e uma maior disponibilidade dos equipamentos para o aumento de produção.

Logo, as empresas têm adotado várias ferramentas que contribuem para esse diferencial, o aumento da competitividade entre as organizações faz com que elas entrem em um processo contínuo pela busca da qualidade, através da adoção das ferramentas da gestão de qualidade, principalmente no que diz respeito às vantagens que a gestão da qualidade tem para as organizações, quando são usadas para o desenvolvimento da gestão de projetos.

O objetivo geral deste artigo é a elaboração de um projeto, para identificar os problemas ocorridos na rede de comunicação *DeviceNet* na área da moagem de cimento, alinhada a boas práticas do gerenciamento da qualidade. Já os objetivos específicos é analisar e estudar os fatores e equipamentos que influenciam na falha, levando em consideração as variáveis operacionais, aplicando ferramentas que auxiliem na identificação das causas da falha e suas consequências de forma

sistêmica. Visando a melhoria da confiabilidade dos equipamentos e do processo, além de mostrar as vantagens que a gestão da qualidade tem para as organizações quando são usadas para o desenvolvimento da gestão de projetos.

2 DESENVOLVIMENTO

2.1 REVISÕES DA LITERATURA

2.1.1 CONCEITOS DE MANUTENÇÃO

Para criar um gerenciamento estratégico de manutenção é necessário que se tenha uma equipe desenvolvida e empenhada em evitar falhas e não apenas em corrigi-las. Com o intuito de obter melhores resultados operacionais e garantir a qualidade das manutenções, faz-se necessária a utilização de ferramentas confiáveis que auxiliem na identificação de falhas em equipamentos.

Segundo (NASCIF, 2000), a análise de falha é uma metodologia bastante recorrida para solucionar problemas de quebra de equipamentos e ou falta de eficiência produtiva, e tem aplicação voltada para garantir confiabilidade e continuidade operacional de plantas industriais. Investimentos nas equipes de manutenção como treinamentos, planejamento de manutenção, implantação de estratégias e metodologias específicas de análise de falha, tem apresentado resultados que implica diretamente em aumento da disponibilidade, o que permite um aumento de produção.

Já (ARAÚJO, 2011), acrescenta que o objetivo principal da análise de falhas é evitar novas falhas. A investigação deve determinar as causas básicas da falha e essa informação deve ser utilizada para permitir a introdução de ações corretivas que impeçam a repetição do problema.

Ainda (ARAÚJO, 2011), complementa que na análise de falha deve-se interpretar as características do sistema ou componente deteriorado para determinar

porque ele não mais executa sua função com segurança. Uma análise de falhas que não serve de subsídio para um conjunto de ações corretivas tem utilidade nula. Por outro lado, se não for possível determinar as causas físicas da falha não será possível introduzir melhorias no sistema.

2.1.2 CONCEITOS DA QUALIDADE

O conceito da qualidade foi difundido no Japão na década de 1950 pelos renomados gurus da qualidade, onde os estudos publicados sobre o tema gerenciamento da função qualidade no projeto. Entre eles citamos *Deming, Juran e Crosby*, entre outros.

Segundo (DEMING, 1990), a qualidade de um produto ou serviço apenas pode ser definida pelo cliente. O método de abordagem sistemática para a resolução de problemas, conforme definido originalmente por *Shewhart* que foi modificado por *Deming* conhecido como PDCA (*Plan, Do, Check, Action*), deve ser a base para a melhoria contínua de um processo.

Já (JURAN, 1992), acredita que para melhores resultados sejam alcançados, é preciso gerir todo processo e aprimorar a qualidade. Com isso, a gerência da qualidade deve ser realizada utilizando-se os três processos gerenciais conhecidos como a Trilogia *Juran*, que são: o planejamento da qualidade, o controle a melhoria da qualidade e da qualidade.

(CROSBY, 1986), define a qualidade como o cumprimento dos requisitos, ou seja, qualidade significa entregar exatamente aquilo que os clientes (internos e externos) querem, necessitam e esperam. Para Crosby, o conceito de que "todo trabalho é um processo" e o conceito da prevenção é utilizado para identificar e melhorar as correntes de valor existentes ou que estão em desenvolvimento.

Segundo o (Guia PMBOK, 2013), o planejamento da qualidade, a garantia da qualidade e o controle da qualidade se constituem nos três processos do gerenciamento da qualidade do projeto. Esses processos, juntos com os objetivos e

a política da qualidade, os procedimentos da organização executora e a definição de responsabilidades, constituem o sistema de gerenciamento da qualidade do projeto.

São aplicadas as seguintes ferramentas para o planejamento da qualidade:

- Análise de Custo Benefício
- Benchmarking
- Projeto de Experimento
- Custos da Qualidade

Para a garantia da qualidade são aplicadas as seguintes ferramentas:

- Auditorias de Qualidade
- Análise do Processo

Para o controle da qualidade são usadas as seguintes ferramentas:

- Diagrama de Causa e Efeito
- Gráficos de Controle
- Elaboração de Fluxogramas
- Histograma
- Diagrama de Pareto
- Gráfico de Execução.
- Diagrama de Dispersão
- Amostragem Estatística
- Inspeção;
- Análise de Reparo e Defeito.

Considerando o planejamento da qualidade que identifica o padrão de qualidade do projeto e a garantia da qualidade que é a auditoria dos requisitos de qualidade. Além do controle da qualidade, que faz o monitoramento e registro dos resultados das atividades de qualidade e recomenda as mudanças necessárias.

De acordo com a análise feita dos conceitos apresentados até o momento, é que todos estão voltados para o atendimento aos requisitos do cliente, assim, um produto ou serviço de qualidade deve atender as expectativas do cliente e as especificações do produto.

Segundo (STACKPOLE, 2013), as métricas da qualidade fornecem medições detalhadas específicas sobre um projeto, atributo de produto, serviço ou resultado e como ela deve ser medida. Para isso, as métricas são consultadas no processo de garantia da qualidade para assegurar que os processos utilizados corresponderão à métrica. Logo, as entregas ou processos são medidos no processo de controle da qualidade e comparados com a métrica para determinar se o resultado é aceitável ou se é necessária uma ação corretiva ou retrabalho.

(BAKER, 2014), afirma que o maior problema na busca da qualidade está em transformá-la em um conceito tangível e mensurável. Afinal, como se pode entregar qualidade, se ela estiver definida em termos vagos.

(HELDMAN, 2009), complementa, afirmando que as métricas da qualidade também conhecidas como definições operacionais, mostram o que está sendo medido, e como, no processo realizar o controle da qualidade. As taxas de falhas são outro tipo de métrica da qualidade mensurável, bem como a confiabilidade, disponibilidade, cobertura do teste e medições da densidade de defeitos.

2.1.3 CONCEITOS SOBRE REDE DE COMUNICAÇÃO *DEVICENET*

A introdução das redes de comunicação no ambiente industrial, por sinais elétricos analógicos aconteceu a partir da década de 1960 e permitiu a substituição de grande quantidade de tubos utilizados para a transmissão pneumática. Com isso, houve uma redução substancial do custo de instalação dos sistemas, bem como o tempo de transmissão dos sinais, naturalmente lento nos sistemas pneumáticos (GUTIERREZ; PAN, 2008).

A rede de comunicação *DeviceNet* é baseada no protocolo CAN (*Controller Area Network*), desenvolvido pela empresa *Robert Bosch GmbH*. Como uma rede digital na década de 1980, originalmente para aplicações automobilísticas, mais especificamente para a fabricante alemã Mercedes-Benz, na qual devido ao grande número de sensores utilizados, tornava-se inviável o encaminhamento dos fios e cabos necessários para o funcionamento dos sistemas automotivos.

A rede de comunicação *DeviceNet* foi desenvolvida pela fabricante mundial de equipamentos de automação industrial *Allen Bradley* (grupo *Rockwell Automation*), descrito no *DeviceNet Cable System* (Cat. No. DN-6.7.2) e foi lançada ao mercado no ano de 1994. Esta, possuindo protocolo aberto, tendo atualmente um expressivo número de fabricantes que produzem e comercializam equipamentos. Sendo todos regulamentados via a associação internacional OVDA (*Open DeviceNet Vendor Association*), organização independente que tem o objetivo de divulgar, padronizar e difundir a tecnologia visando seu crescimento mundial. Tendo como características principais:

- Suporta até 64 dispositivos na rede de comunicação.
- Distância máxima 500 metros com cabo grosso.
- Velocidade de 100, 250 ou 500 Kbit/s.
- Alimentação da rede de comunicação em 24 Vdc.
- Suporta o modelo Produtor/ Consumidor.
- Existem 03 tipos de média física (Cabo fino, Cabo grosso e Cabo *flat*).
- Usa o (CAN) *Controller Área Network*.

A topologia de uma rede de comunicação *DeviceNet* é composta de cabo tronco, cabo de derivação, resistores de terminação, dispositivos (Nó) e *Power Tap*.

O Cabo tronco é chamando de *Backbone*, ou seja, cabo central por onde as informações irão fluir. Para este segmento, temos uma limitação física de até 500 metros, quando o sistema trabalha com uma velocidade de 125 k bit/s utilizando o cabo grosso. Se a velocidade for aumentada, a distância diminui proporcionalmente, como mostra a tabela 2.1.3.1.

Tabela 2.1.3.1 – Distâncias máximas dos cabos

Tipo de Cabo	Função do Cabo	Taxa de Transmissão		
		125 kbits/s	250 kbits/s	500 kbits/s
Cabo Grosso	Tronco	500 m	250 m	100 m
Cabo Fino	Tronco	100 m		
Cabo Flat	Tronco	380 m	200 m	75 m
Cabo Fino	Derivação individual	6 m		
Cabo Fino	Σ Derivações	156 m	78 m	39 m

2.2 MATERIAL E MÉTODOS

2.2.1 CONTEXTUALIZAÇÃO DO PROBLEMA

As diversas paradas na área da Moagem de Cimento no período de 01 de janeiro de 2012 a 30 de dezembro de 2012, por falhas de comunicação da rede *DeviceNet* era um problema, e às vezes por esta falha não fazer o desligamento de equipamentos em caso de atuação dos dispositivos de segurança, não garantia a segurança operacional e aumentavam os riscos de acidentes pessoais.

Sendo iniciada com levantamento a respeito de alguns conceitos de manutenção e principalmente sobre a rede de comunicação *DeviceNet*, foi coletado e evidenciado os dados referente as quatro redes de comunicação *DeviceNet*, tendo como resultado final o grau de confiabilidade e eficácia da rede de comunicação *DeviceNet*.

A composição do sistema da unidade industrial a ser analisada está ilustrada na figura 2.2.1.1 e distribuída da seguinte forma:

- *Rack* composto de 7 *Slot*;
- Fonte de Alimentação: 1756-PA75;
- *Slot* 0 : Modulo 1756-L1- CLP 5550;
- *Slot* 1 : Modulo 1756-ENBT;
- *Slot* 2 : Modulo 1756-DNB conectado a 'Rede DNB1' Endereço 0;
- *Slot* 3 : Modulo 1756-DNB conectado a 'Rede DNB2' Endereço 0;
- *Slot* 4 : Modulo 1756-DNB conectado a 'Rede DNB3' Endereço 0;
- *Slot* 5 : Modulo 1756-DNB conectado a 'Rede DNB4' Endereço 0;
- *Slot* 6 : Reserva;



Figura 2.2.1.1 – Composição do Sistema

2.2.2 AQUISIÇÃO DOS DADOS

Os dados coletados pela Engenharia de Confiabilidade foram realizados no período de 01 de janeiro de 2012 a 30 de dezembro de 2012, sendo utilizado o Diagrama de Pareto que é uma técnica estatística utilizada na tomada de decisão que permite selecionar e priorizar um número pequeno de itens capazes de produzir grande efeito na melhoria dos processos, conforme figura 2.2.2.1. Utiliza o Princípio de Pareto (também conhecido como regra 80/20) a idéia de que 80% dos resultados correspondem a apenas 20% dos fatores o que justifica a priorização.

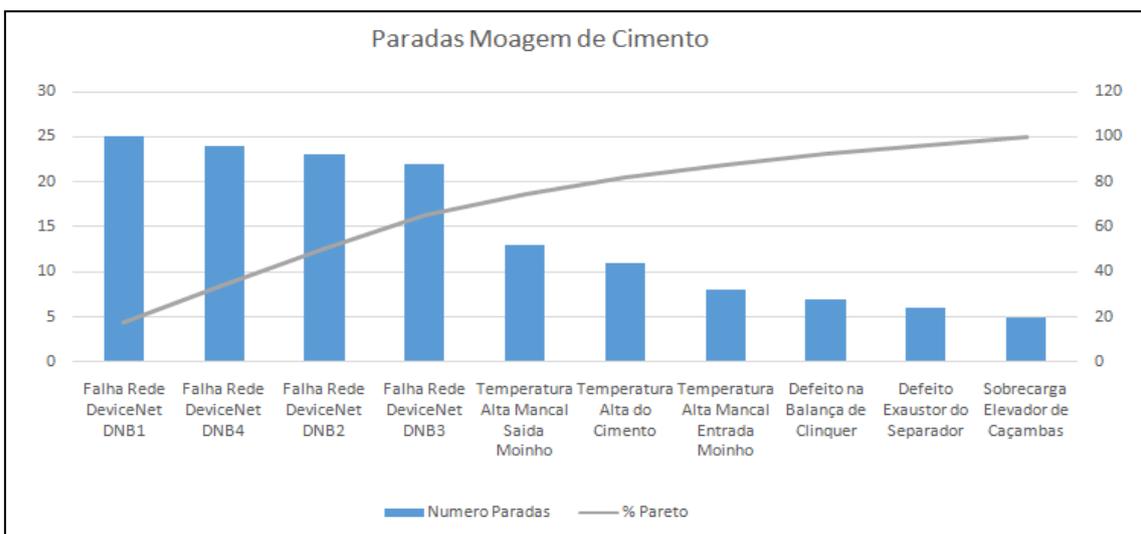


Figura 2.2.2.1 – Diagrama de Pareto

Através desta análise, foi percebido que no ano de 2012 a quantidade de falhas foi bastante elevada. O foco é sanar os quatros principais problemas freqüentes das paradas, o qual produzirá uma grande redução no número de paradas e elevará o nível de disponibilidade dos equipamentos para operação, sendo que todas essas falhas causaram a parada de todo o processo. Contudo, a partida da unidade é um processo complexo, em que existe o problema de estabilidade, aquecimento de máquinas e outros itens que podem demorar a estabilizar, causando prejuízos bastante elevados para companhia.

2.2.3 PROJETO PARA ANÁLISE E CORREÇÃO DAS FALHAS

Após as análises das falhas citadas e avaliações financeiras, apresentadas pela equipe de Projetos, a decisão da Gerência foi a aprovação da contratação de uma empresa especializada em certificação de redes de comunicação *DeviceNet*.

Então, após avaliação prévia de viabilidade técnica, avaliação dos custos e a contratação do Técnico Especialista sugeriram-se um cronograma conforme a figura 2.2.3.1.

Modo da	Nome da tarefa	Duration	Inicio	Termino	Prez	% concluida
1	Projeto Análise de Falha Rede de Comunicação DeviceNet	111 hrs	07/01/13 09:00	24/01/13 17:00		100%
2	Reunião Projetos/Manutenção	26 hrs	07/01/13 09:00	10/01/13 11:00		100%
3	Apresentação do Problema	4 hrs	07/01/13 09:00	07/01/13 14:00		100%
4	Análise dos Paretos	2 hrs	07/01/13 14:00	07/01/13 16:00	3	100%
5	Contratação Técnico Especialista	8 hrs	07/01/13 16:00	08/01/13 16:00	4	100%
6	Efetuar pedido de compra	8 hrs	08/01/13 16:00	09/01/13 16:00	5	100%
7	Apresentação Técnico Especialista	4 hrs	09/01/13 16:00	10/01/13 11:00	6	100%
8	Verificação das redes de comunicação DeviceNet	80 hrs	10/01/13 11:00	24/01/13 11:00		100%
9	Medição e correção sobre a distribuição das redes de comunicação DeviceNet	16 hrs	10/01/13 11:00	14/01/13 11:00	7	100%
10	Medição e correções das medições de corrente nos segmentos das redes de comunicação DeviceNet	23 hrs	14/01/13 11:00	17/01/13 10:00	9	100%
11	Verificação e correção do aterramento do Shield e o negativo nas fontes de alimentação das redes de comunicação DeviceNet	4 hrs	17/01/13 10:00	17/01/13 15:00	10	100%
12	Medições e correções das medições de tensão nas fontes de alimentação das redes de comunicação DeviceNet	11 hrs	17/01/13 15:00	18/01/13 18:00	11	100%
13	Verificação e correção dos resistores de terminação das redes de comunicação DeviceNet	2 hrs	21/01/13 09:00	21/01/13 11:00	12	100%
14	Verificação e correção dos tráfico de dados das redes de comunicação DeviceNet	8 hrs	21/01/13 11:00	22/01/13 11:00	13	100%
15	Medição e correção na coleta dos frames para redes de comunicação DeviceNet	4 hrs	22/01/13 11:00	22/01/13 16:00	14	100%
16	Análise de diagnóstico de RSNetwork nas redes de comunicação DeviceNet	4 hrs	22/01/13 16:00	23/01/13 11:00	15	100%
17	Relatório de análise e correção do Traffic Analyser para redes de comunicação DeviceNet	8 hrs	23/01/13 11:00	24/01/13 11:00	16	100%
18	Reunião Final	5 hrs	24/01/13 11:00	24/01/13 17:00		100%
19	Apresentação Relatório Final	5 hrs	24/01/13 11:00	24/01/13 17:00	17	100%

Figura 2.2.3.1 – Cronograma

Portanto, tivemos neste projeto várias não conformidades na montagem da rede de comunicação *DeviceNet* e suas sub-redes tais como:

- Projeto da rede com sub-redes no limite do número de nós e da capacidade de trânsito favorecendo congestionamento de dados e perda de confiabilidade.
- O projeto deveria ter previsto por mais uma sub-rede, aliviando a sub-rede 2.
- Trajeto e comprimento dos cabos em desacordo com os desenhos do projeto *Asbuilt*.
- Falta do cálculo de consumo dos dispositivos para todas as redes;
- Fios vermelho (positivo) e branco (sinal CAN-H) invertidos provocando atenuação do sinal no pacote de dados da sub-rede 1 favorecendo falhas de comunicação;
- Encontrado resistores de fim de rede no meio das sub-redes.
- Derivação incorreta, ou seja, no centro da sub-rede 1 ao invés do final, com comprimento (18 metros) superior ao permitido para uma derivação *DeviceNet* que é de (6 metros);
- Conexão inapropriada ou mal feita na rede tronca e nas sub-redes.
- Fontes de alimentação operando com tensão superior (26 Vdc) ao invés do recomendado (24 Vdc).

Com o objetivo de garantir a segurança operacional e reduzir os riscos de acidentes pessoais e de operação. Além de aumentar a disponibilidade da linha de produção, tendo como consequência, o aumento de produção e ainda obtenção da credibilidade, confiabilidade e a estabilidade da rede de comunicação *DeviceNet*, reduzindo as falhas de comunicação e as paradas indesejadas da unidade da Moagem de Cimento.

3 CONCLUSÃO

Os objetivos do trabalho foram alcançados com sucesso, pois foi possível identificar as principais causas de falha e elaborar planos de melhoria para eliminação das causas. O ponto de maior importância para o perfeito funcionamento de uma rede *DeviceNet* é a qualidade de instalação seguindo os critérios e procedimentos aqui definidos, garantindo com isto a operação da rede de forma estável e constante.

A instalação de redes de comunicação *DeviceNet* sem um pré-projeto, levam a frustrantes resultados operacionais, quando funcionam, e muitas vezes de difícil correção, pois normalmente os fundamentos básicos não foram observados. Diante disso, eliminará as falhas de comunicação e a possibilidade do não desligamento de equipamentos em caso de atuação dos dispositivos de segurança, mesmo em caso de falha de comunicação da rede de comunicação *DeviceNet*.

Toda a funcionalidade futura da rede *DeviceNet* começa com um projeto prévio e detalhado mostrando todos os instrumentos pertencentes a rede com o seu respectivo modelo, tagueamento, localização física bem como entrada e saída do cabo de rede e as derivações, se for o caso e demonstrar a continuação e término da rede de comunicação. O fluxograma da rede *DeviceNet* é a principal ferramenta para a manutenção segura, tranqüila e rápida evitando assim horas de produção interrompidas por falta deste documento, um pouco de conhecimento e alguns minutos já resolveriam muitos problemas.

Este fluxograma deverá conter:

- 1- Topologia da rede *DeviceNet*.
- 2- Indicação dos instrumentos e interligações.
- 3- Endereçamento do instrumento na rede *DeviceNet*.
- 4- Comprimento dos cabos.
- 5- Localização dos resistores de terminação.
- 6- Corrente nos diversos trechos da rede *DeviceNet*.
- 7- Posicionamento das fontes de alimentação.

8- Ponto de aterramento da rede *DeviceNet*.

Por tudo já citado, faz-se necessário contratar empresas capacitadas e qualificadas, as quais irão utilizar os procedimentos corretos para execução de um projeto de instalação em redes de comunicação *DeviceNet*, pois tal negligência ocasionará uma operação instável da mesma.

Além da identificação dos defeitos, foi possível detectar falha ou falta de um departamento específico para ajudar na gestão da qualidade, com o intuito de obter melhores resultados operacionais e garantir a qualidade do projeto, uma vez que, projetos possuem diversas atividades de caráter temporário que são destinadas a produzir um produto ou serviço.

O sucesso de um projeto é medido pela qualidade do produto e do projeto, pela pontualidade, pelo cumprimento do orçamento e pelo grau de satisfação do cliente. Portanto, o bom gerenciamento da qualidade, por meio do planejamento, garantia e controle, permite o atendimento aos requisitos das partes interessadas, atuando como diferencial competitivo das empresas. Assim, seus produtos e também seus serviços, são desenvolvidos de modo eficiente, satisfazendo as necessidades de seus clientes, seja eles internos ou externos.

ABSTRACT, RESUMEN OU RÉSUMÉ

The interruption of the production of a cement mill is a cause of substantial losses, mainly due to lack of the final product available to customers. Seeking to ensure the reliability of the operational process and ensuring the final product on time and with quality, this work was done, based on the recurrence of several failures in a DeviceNet communications network, which generated a huge impact on the production process. Installation of DeviceNet communication networks without a pre-project, leads to disappointing operating results, sometimes they do not work, and often are difficult to correct, because usually the basic foundations were not observed. This work was carried out with the use of tools of analysis and fault detection in order to identify, verify and develop actions to ensure the reliability of the operation through the failure control. Then, emphasize the importance of quality management when applied to project management is a key factor to achieve the expected results, in addition to cost and schedule, it is the quality of the product or service generated. Therefore, it allows companies to guarantee the continuous improvement in its processes, achieving the goal of high quality services without rework and always in search of zero defect. For these facts is that the service of industrial networks require specialists in industrial communication networks to provide a package of services that can improve the performance of so-called

communication networks on the shop floor and can make them more reliable, scalable and secure.

Keywords: Reliable, Scalable, Improve, Functional.

REFERÊNCIAS

ARAÚJO, R., 2011, “**Análise de Falha Aplicada a Redutores de Velocidade com Perda de Lubrificante por Vazamento**”, Instituto Superior de Tecnologia, São João Del Rei.

BAKER, Stephen. **Gestão de projetos** – o que os melhores gestores sabem, fazem e falam. Stephen Baker, Rob Cole; tradução de Rosemarie Ziegelmaier. São Paulo: HSM do Brasil, 2014.

CROSBY, PHILIP B. **Qualidade é Investimento**. New York: McGraw-Hill. (1986)

DEMING, EDWARDS W. **Qualidade: a revolução na produtividade**. Rio de Janeiro, Marques Saraiva. (1990).

DeviceNet Cable System; Planning and Installation Manual (CatNo DN-6.7.2), Allen Bradley. (1999).

INSTITUTE, Project Management. **PMBOK® Guide: Project Management BodyofKnowledge**. 5. ed. 2013.

GUTIERREZ, R.M.V.; PAN, S.S.K. **Complexo eletrônico: Automação do controle industrial**. Disponível em:
<http://www.bndes.gov.br/SiteBNDES/export/sites/default/bndes_pt/galerias/Arquivos/conhecimento/bnset/set2807.pdf>. Acesso em: 03 novembro de 2015.

HELDMAN, Kim. **Gerência de projetos**: guia para o exame oficial do PMI. 5. ed. Tradução Edson Furmankewicz. Rio de Janeiro: Elsevier, 2009.

JURAN J. M. **A qualidade desde o projeto**: novos passos para o planejamento da qualidade em produtos e serviços. 2ed. São Paulo: Pioneira. (1992).

NASCIF, J., **Revista Manutenção e Qualidade**, 2000, “Manutenção de Classe Mundial”, n.29.

STACKPOLE, Cynthia. **Guia de *templates* para gerenciamento de projetos**. Tradução Edson Furmankiewicz. 1. ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2013.