colloquium exactarum

APLICAÇÃO DA FERRAMENTA DA QUALIDADE KAIZEN EM UMA METALÚRGICA PARA MANUFATURA DE TORRES EÓLICAS

APPLICATION OF KAIZEN QUALITY TOOL IN A WIND TOWER MANUFACTURE METALLURGICAL FIRM

Alexandre Ricardo Pujati, Leandro Cardoso, Matheus Gomes, Michael Frank da Silva, Irene Rodrigues Freitas

Centro Universitário do Norte Paulista. E-MAIL: irfreitas@yahoo.com.br

RESUMO – Este trabalho apresenta a aplicação de ferramentas da qualidade na busca de melhoria contínua e redução de erros na área de soldagem para manufatura de torres eólicas, que apresentava alto índice de retrabalhos. Assim o projeto de melhoria contínua foi dividido em: pré-*Kaizen*, onde foram levantadas, abordadas e discutidas todas as falhas e possíveis causas de erros, através da formação de equipes, utilização de ferramentas de apontamento como Pareto e diagrama de Ishikawa e Brainstorming; na etapa *Kaizen*, as causas foram abordadas e solucionadas, com as propostas das equipes formadas no pré-*Kaizen*, utilizando técnicas de Brainstorming e 5W2H. Ao final das aplicações e correções de problemas estruturais e organizacionais, foi reduzido em quatro meses o índice de retrabalho, provocados por má qualidade de solda, de 73,00% para 18,70%, mostrando a eficácia das ferramentas de qualidade e diminuindo o custo de produção do produto.
Palavras-chave: qualidade; melhoria contínua; *Kaizen.*

ABSTRACT - This paper presents the application of quality tools in the quest for continuous improvement and error reduction during welding in wind tower manufacturing, which had high rework rate. Thus the continuous improvement project was divided into: pre-Kaizen, where all faults and possible causes of errors were raised, addressed and discussed, by forming teams, using pointing tools such as Pareto and Ishikawa diagram and Brainstorming; Under the Kaizen stage, the causes were addressed and resolved, with the proposals from the teams formed in the pre-Kaizen stage, using Brainstorming and 5W2H techniques. At the end of the application and correction of structural and organizational problems, rework rate caused by poor welding was reduced by four months, from 73.00 to 18.70%, showing the effectiveness of quality tools and decreasing production cost.
Keywords: quality; continuous improvement; *Kaisen*.

Recebido em: 08/12/2016
Revisado em: 02/05/2017
Aprovado em: 24/07/2017

1. INTRODUÇÃO

As ferramentas da qualidade são de grande importância para identificar o grau de qualidade dos operadores e a necessidade ou não de treinamento. A matriz de polivalência ou competência pode ser funcional, gerencial ou comportamental, sendo utilizada neste estudo a funcional, por se referir as competências técnicas e habilidades necessárias para realização, com qualidade, do processo produtivo (FERNANDES et al., 2011).

Segundo Peinado e Graelm (2007), melhoria contínua é baseada em um conceito denominado *Kaizen*, que consiste no ponto principal da filosofia da qualidade total, qual seja, a ideia da busca contínua de melhorias em tudo o que é feito em uma organização. Significa melhoria gradual e contínua de todos os produtos e serviços, descobrindo no dia-a-dia a forma de tornar os processos cada vez mais eficientes, mais econômicos e mais confiáveis. Este conceito envolve o desenvolvimento de uma cultura de aperfeiçoamento constante em todas as atividades da empresa. Na execução do *kaizen,* é onde se utiliza a maior variedade possível de ferramentas de solução de problemas. O diagrama de Ishikawa, reúne os seis fatores para formar um processo, conhecidos como 6M (FORNARI JUNIOR, 2010).

A metodologia 5W2H (*What, Why, Who, Where, When, How and How Much*), assim temos “O que?”, “Por que?”, “Quem?”, “Onde?”, “Quando?”, “Como?” e “Quanto?”, essas simples perguntas, estratificadas em uma planilha e executadas para a elaboração de planejamento de tomada de decisão, que atrelada as outras ferramentas da qualidade dão a clareza necessária para identificação de problema e apontamento de ponto de ataque para solução, sendo também utilizada como plano de ação (MAICZUK; ANDRADE JÚNIOR, 2013).

O principal processo deste estudo consiste na soldagem, sendo vital a garantia de qualidade da mesma, utilizando técnicas de avaliação não destrutivas. Ressalta-se que a abordagem da qualidade deste estudo deu-se com foco no processo produtivo, essa abordagem torna-se uma gestão da qualidade preventiva de falhas, focando na melhoria dos processos, garantindo que independente de operadores e máquinas o processo sempre ocorra com a qualidade especificada, mantendo o padrão de qualidade do produto. Em dias atuais tem-se mais do que definido que a grande solução da qualidade não está na análise da qualidade do produto ou serviço e sim na garantia de um processo produtivo isento de falhas (PALADINI, 2000).

O objetivo deste estudo foi à implantação de ferramentas da qualidade na

área de soldagem para manufatura de torres eólicas, visando à diminuição de erros, e consequentemente diminuir retrabalhos e desperdícios de matéria-prima.

2. METODOLOGIA

Foi implantada no setor de soldagem a filosofia *Kaizen*, utilizando de diversas técnicas que compõem a "*Total Quality Management*"-TQM, sendo separada em três momentos distintos:

- Pré-*Kaizen*: análise do fluxo e processos, Brainstorming para indicação de métodos de resolução de problemas, utilização do diagrama de Pareto, folha de verificação e fornecimento dos dados para a ferramenta diagrama de Ishikawa. O levantamento de dados e identificação imediata dos problemas de qualidade que se destacam foi realizado por um TPG/*Kaizen* (Tarefa de Pequenos Grupos). Implantado com o objetivo de identificar e quantificar as não conformidades e adquirir a mentalidade de melhoria contínua;
- *Kaizen:* utilização de brainstorming para solução de problemas, aplicação e conceitos de manutenção preventiva, melhorias de soldagem, instrução de trabalho e elaboração de matriz de polivalência sobre competência dos funcionários em relação aos processos de fabricação;
- Pós-*Kaizen*: apuração do custo principal.

3. RESULTADOS

3.1 Pré-*Kaisen*

Foi realizado um *Brainstorming* com as chefias responsáveis pela caldeiraria, onde foram abordadas diversas oportunidades para melhoria de problemas. O problema mais evidenciado foi a falta de comunicação entre os setores de produção e a gestão da qualidade, fato que afetava a qualidade final do produto.Com isso foi indicada a ferramenta TPG/*Kaizen* (Tarefa de Pequenos Grupos), para envolver os colaboradores sobre a importância da filosofia *Kaizen* e aproximar os setores de produção e gestão da qualidade, melhorando o *feedback*.

O TPG/*Kaizen* foi formado por colaboradores do chão de fábrica, que participam do processo produtivo, como auxiliares de soldadores, soldadores, montadores e operadores de máquinas, e sendo o responsável pela gestão do grupo o inspetor de qualidade.

O grupo criado para resolução de pequenas tarefas tem como principal função fazer a identificação de problemas e preenchimento da folha de verificação, bem como a manutenção do sistema *Kaizen*.

Foi desenvolvida uma folha de verificação (Tabela 1) no período de 02/2015 até 04/2015 que visou indicar e quantificar os desvios de qualidade do processo de fabricação. Essa folha de verificação foi

preenchida pelos membros do grupo TPG/*Kaizen*.

Tabela 1. Folha de verificação preenchida pelo grupo TPG/*Kaizen*.

Qual o problema ocorrido?	**Número de Repetições**
Dimensional da peça	X
Corte	X X X X X X
Acabamento	X
Emenda (solda)	X X X X X X X X X X X X X X X X
Tipação	X X X
Tilt	X X X X X X
Planicidade	X X X X X X X X X X
Paralelismo	X X X X X X X

X = 4 defeitos identificado

O índice de acertos nos processos foi de 26,3 % e o de erros foi de 73,7 %. Esses erros e acertos foram estratificados conforme o problema ocorrido (Tabela 2).

Tabela 2. Percentual de erros e acertos do processo.

	T.I.[1]	**T.E.[2]**	**%E[3]**	**%A[4]**
Dimensional da Peça	270	4	2,01	97,99
Corte		24	12,06	87,94
Acabamento		3	1,51	98,49
Emenda (Solda)		63	31,66	68,34
Tipação		12	6,03	93,97
Tilt/Planicidade		65	32,66	67,34
Paralelismo		28	14,07	85,93
Total		199	73,70	26,30

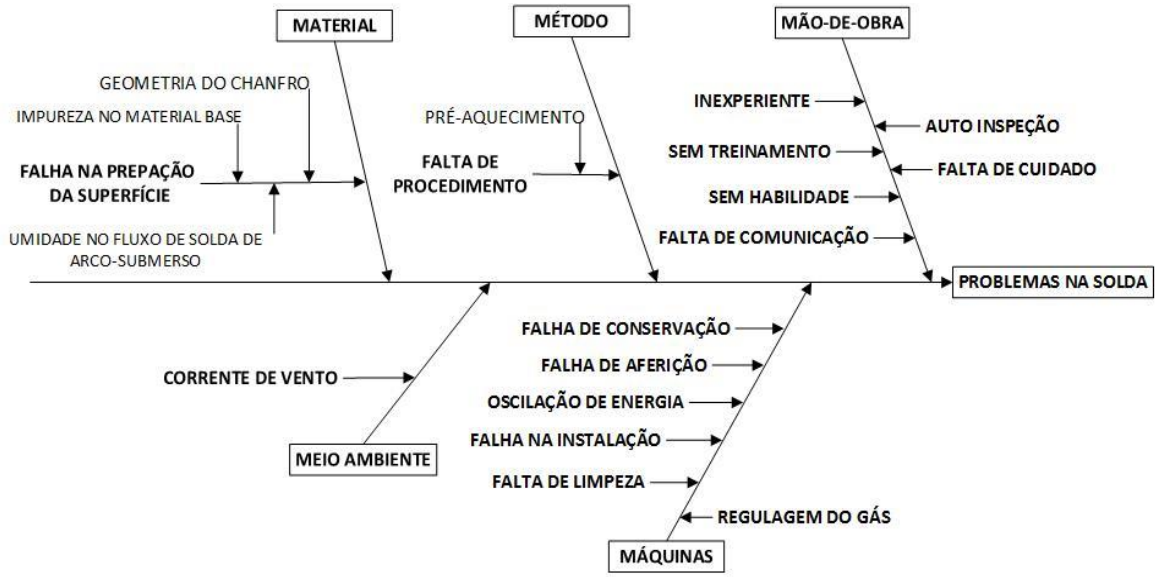
[1](T.I.) = Total de Inspeções. [2](T.E.) = Total de Erros. [3](%E) = Percentual de erros. [4](%A) = Percentual de acertos.

Com a quantificação dos principais desvios de produção, deu-se a elaboração do diagrama de Ishikawa (Figura 1).

As informações inseridas no diagrama foram fornecidas através de um brainstorming entre os principais envolvidos no TPG/*Kaizen* e foram os indicados para apresentar as causas destes desvios de produção.

Juntamente com os dados de erros apresentados, o diagrama levou ao apontamento de problemas de solda como a principal causa de retrabalhos, levando em conta a relação direta que cada apontamento no diagrama tem com a soldagem.

Figura 1. Diagrama de Ishikawa



3.2 Kaizen

Com a conclusão da fase de pré-*Kaizen*, identificou-se os principais pontos que necessitariam de melhoria no processo produtivo do produto, assim propôs-se este brainstorming para levantamento das soluções imediatas para os problemas. As ideias mais apontadas foram discutidas e as estabelecidas às ações a serem realizadas para cada causa apontada:

Máquina:

- Conscientizar os funcionários a zelar pelas máquinas de solda;
- Elaborar instruções para manutenção autônoma;
- Adequar rede de distribuição elétrica;
- Garantir aterramento para tramo e virolas;
- Garantir melhor iluminação para o turno da noite.

Material:

- Reinstalar recuperador de fluxo;
- Garantir o processo de recuperação de fluxo (peneira e aquecimento) para as máquinas sem recuperador.

Método:

- Elaborar instruções de trabalho para todo processo de fabricação.

Mão de Obra:

- Realizar treinamento para os funcionários referente as instruções elaboradas;
- Realizar treinamentos de conscientização dos funcionários;
- Elaborar e implementar matriz de polivalência para os funcionários.

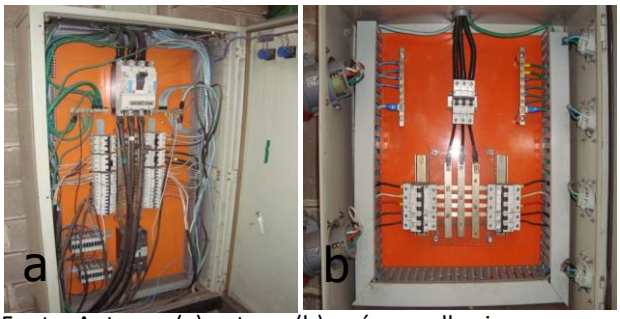
Meio Ambiente:

Disponibilizar proteção para evitar corrente de vento na solda.

Diante dos apontamentos de soluções do brainstorming, foram realizadas manutenções corretivas de adequação de rede elétrica, readequação do aterramento do equipamento de solda, devido ao sucateamento dos atuais, instalação de nova iluminação para o turno da noite, proporcionando melhor acabamento e ergonomia para soldador. Assim garantiu-se que a infraestrutura da empresa não acarretará desvios na qualidade.

Outra melhoria indicada, a manutenção autônoma é caracterizada como manutenção preventiva, ela foi dada pelos próprios operadores das máquinas, garantindo o bom estado e calibragem dos equipamentos, diminuindo erros e falhas. Os operadores foram capacitados para fazer as manutenções como, por exemplo, o quadro de energia elétrica era mal dimensionado, fiação e componentes antigos, o que ocasionava oscilações e queda de energia, provocando falhas na fusão da solda, assim foi realizado a adequação tais como a mostrada na Figura 2.

Figura 2. Quadro de energia



Fonte: Autores. (a) antes e (b) após a melhoria.

Para melhor fusão da solda, evitar acidentes e proporcionar melhor fechamento do circuito, foi realizado melhorias no sistema de aterramento. Houve uma preocupação com a iluminação para o turno da noite, sendo proposta uma alternativa para melhor iluminação, deixando o trabalhador menos exposto a perigos e proporcionando melhor condições para execução do trabalho com maior qualidade e precisão.

Nas reuniões mensais para levantamento de informações a respeito das falhas e condições de trabalho para melhoria da qualidade, foi abordado sistematicamente a importância do trabalhador cuidar do equipamento, fazendo sua limpeza e regulagem diariamente.

Para recuperação de material de fluxo de soldagem foram reinstalados os recuperadores de fluxo, que já existiam na empresa e por descaso não estavam instalados.

Como ferramenta para padronização da metodologia de trabalho, foram elaborados instruções e procedimentos, preconizando os padrões exatos do processo. As áreas contempladas com instruções de trabalho foram:

- Bisel (chanfro);
- Solda;
- Montagem do par de virolas;
- Montagem virola e flange;
- Montagem e solda do tramo;
- Ensaios Visuais de Solda, LP (líquido penetrante), US (ultrassom) e *Easy Laser*.

Com as instruções de trabalho o colaborador tem a clara visão dos procedimentos que deve executar, diminuindo a chance de erros e consequentemente aumentando a qualidade do processo.

Durante o *Kaizen* as verificações de possíveis falhas e desvios do processo, continuaram sendo realizadas pelo TPG/*Kaizens*. Foi desenvolvida uma matriz de polivalência (Tabela 3) para identificar o nível de conhecimento do colaborador em relação às atividades exercidas. Essa identificação é de importância para definição dos treinamentos que foram realizados, bem como os colaboradores que foram treinados.

Tabela 3. Matriz de competências/polivalência.

| | | |

Os colaboradores identificados com nível 4 (sabe ensinar), foram os multiplicadores de conhecimento, devendo ensinar aos colaboradores níveis 1 (em formação) e 2 (necessita de supervisão). Como estímulo, os multiplicadores de conhecimento receberam gratificações ou premiações. Vale ressaltar que os colaboradores identificados como nível 4, são membros do TPG/*Kaizens* por terem domínio do processo.

Diante da necessidade de melhoria e treinamento contínuo dos funcionários, foi constituída uma escola de soldadores, tendo em vista ser o processo mais crítico da produção, para que fosse ministrados cursos de aperfeiçoamento na área e utilização de novas técnicas e equipamentos, garantindo assim a qualidade dos serviços. As aulas foram ministradas pelos colaboradores mais experientes identificados na matriz de polivalência como os que sabem ensinar, em contrapartida a empresa colaborou com bonificações, como folgas ou benefícios financeiros. As ações de manutenção corretiva, manutenção preventiva ou autônoma, conseguiram obter resultados de melhoria em curto prazo, que por si justificam a implantação do projeto, já que as ações implementadas são de baixo ou zero custo.

Com a elaboração das instruções de trabalho, o número de erros e disparidades de procedimentos caiu, sendo que os resultados mais expressivos serão obtidos a médio e longo prazo. Concomitante, as instruções e a matriz de polivalência identificaram exatamente aqueles procedimentos que necessitam de aprimoramento, bem como os colaboradores que possivelmente precisariam de treinamento para garantia da qualidade do processo.

É de grande valia a alta integração atingida entre produção e qualidade, bem como a conscientização por parte dos colaboradores do chão de fábrica, isso devido à técnica de TPG e valorização do profissional técnico, que se sente mais valioso e parte integrante do processo.

Para melhoria e controle do ambiente, foi montado um dispositivo para minimizar a atuação das corretes de ar que influenciavam negativamente a solda, dissipando gases protetores e diminuindo a correta fusão do fio de solda e a peça.

Os resultados obtidos com as ações do pré-*Kaizen* e deste *Kaizen,* demonstraram a grande importância das ferramentas de qualidades, pois retrabalhos elevam os custos de produção, assim apresenta-se o percentual de erros e acertos, após implantação do *Kaizen* (Tabela 4).

Tabela 4. Percentual de erros e acertos do processo após 4 meses de *Kaizen*.

	T.I	T.E.	%E	%A
Dimensional da Peça	230	0	0,00	100,00
Corte		6	13,95	86,05
Acabamento		3	6,98	93,02
Emenda		23	53,49	46,51
Tipação		0	0,00	100,00
Tilt/Planicidade		6	13,95	86,05
Paralelismo		5	11,63	88,37
Total		**43**	**18,70**	**81,30**

[1](T.I.) = Total de Inspeções.[2](T.E.) = Total de Erros. [3](%E) = Percentual de erros. [4](%A) = Percentual de acertos.

Em quatro meses foram nítidos os ganhos com a identificação e aplicação das modificações na empresa, os erros que anteriormente representavam 73,7% passando para atuais 18,70%, de acordo com a última aferição em agosto de 2015, comprovando a eficiência das técnicas de qualidade aplicadas, bem como a precisão do diagnóstico das causas.

As melhorias já implantadas necessitam ser perpetuadas bem como aprimoradas constantemente, para atingir o percentual de 0 erros, por isso, o programa de qualidade teve uma fase pós *Kaisen,* responsável por auditar os processos, garantindo a qualidade, bem como identificar rapidamente possíveis desvios no processo, bem como necessidades como implementação de tecnologia e treinamentos.

3.3 Pós - *Kaizen*

3.3.1 Custos da qualidade

O fator mais importante dentro do processo implantação de melhoria é justamente o resultado obtido com a redução de erros e consequentemente o aumento da qualidade do produto, porém os custos envolvidos devem ser recompensadores para aplicação das técnicas e contratação de consultorias de qualidade. Assim, no levantamento de custos dos retrabalhos adotou-se o retrabalho principal e mais o custo para empresa que é a solda. Cada tramo possui em média 513,391 metros lineares de solda, a um custo de R$ 146,73 o metro linear.

De acordo com a quantidade de erros e acertos foi elaborada um comparativo percentual de qualidade, que indicou a quantidade de metros de solda que foram desperdiçados, assim os custo de retrabalho envolvidos na solda e a o retorno com a melhoria implantada estão demonstrados nas Tabelas 5 e 6 respectivamente.

Tabela 5. Custos de solda antes da melhoria.

Custo de retrabalho de solda - pré-*Kaizen*	
Descrição	**Quantificação**
Quantidade solda no tramo	513,391 m
Erros na soldagem	330,213 m
Custo do metro de solda	R$ 146,73
Custo da solda	R$ 75.329,86
Custo de retrabalho	**R$ 48.452,17**

Tabela 6. Custos de solda após a melhoria.

Descrição	**Quantificação**
Quantidade solda no tramo	513,391 m
Erros na soldagem	74,852 m
Custo do metro de solda	R$ 146,73
Custo da solda	R$ 75.329,86
Custo de retrabalho	R$ 10.983,09
Ganho com redução de custo	**R$ 37.469,07**

O custo da solda foi elaborado levando e consideração o material e o tempo do operador. A Tabela 6 mostra o ganho de R$ 37.469,07, com redução de custo através da aplicação das ferramentas de qualidade, o que representa uma melhoria de 341 %.

3.3.2 Auditoria e melhoria contínua

O fator mais importante dentro do processo implantação de melhoria é justamente o resultado obtido com a redução de erros e consequentemente o aumento da qualidade do produto, porém os ganhos envolvidos devem ser recompensadores para aplicação das técnicas.

Para manutenção das ideais e soluções implantadas no *kaizen* foi elaborada uma série de ações para perpetuação e sustentabilidade das propostas, além de promover a melhoria continua.

A criação de uma equipe de auditores é fundamental para a continuidade das ações implantadas e identificação de novos pontos de melhoria. Juntamente com os recursos humanos da empresa e gerente de qualidade, foi criada uma equipe de auditores para revessarem entre si as tarefas a auditar, onde cada um será responsável por auditar uma vez por dia durante uma semana

e assim sucessivamente até que seja necessário a troca de membros da equipe.

O papel da auditoria é verificar se todos os procedimentos estão sendo executados conforme foram programados, para que fiquem dentro da qualidade e identificar possíveis problemas. Nesse caso propostas para solução de problemas deverá ser dadas de acordo com um plano de ação elaborado. Baseado na metodologia 5W2H foi desenvolvido um *check-list* com pontos críticos a serem auditados, impedindo assim que erros passem despercebidos (Tabela 7).

A gestão visual da qualidade é uma ferramenta que auxilia na interação da equipe no processo, fazendo com que foquem nos objetivos traçados e deve ser observada por qualquer colaborador do setor onde foi implantada. Essa proposta dá o efetivo *feedback*, oferecendo as informações a todos os colaboradores envolvidos, facilitando o trabalho e despertando no colaborador o desejo de trabalhar com maior empenho e qualidade, dando a eles maior autonomia e enriquecendo relacionamentos com o compartilhamento de informações.

Na elaboração da gestão visual, foi adotado um *totem* para acompanhamento das diversas fases de implementação do projeto de qualidade, onde pode-se acompanhar a meta a ser atingida, total inspecionado com erros e acertos da semana anterior, gráfico comparativo da meta anterior com a atual, apontamento dos problemas principais e plano de ação.

Assim, com essas técnicas de acompanhamento, auditoria e monitoramento, bem como divulgação de erros e acertos da cultura de melhoria contínua, resguarda-se que todo o trabalho planejado e executado seja mantido e melhorado, a fim de se chegar a erro 0 (zero).

Tabela 7. *Check list* para auditoria.

CHECK LIST* - AUDITORIA *KAIZEN			
O QUE AUDITAR?	**ONDE?**	**QUEM?**	**QUANDO?**
Utilização do recuperar de fluxo	Manipulador	Membro da Equipe *Kaizen*	Diariamente entre 9:00 e 11:00 h
Processos e tratamento para reutilização do fluxo	Manipulador		
Verificar se o soldador registrou o SINETE na peça	Em todas as Soldas		
Verificar atualização e aplicação da matriz de polivalência	Quadro da empresa parceira		
Verificar Layout das máquinas de solda	Conforme Layout		
Conferir aferição das máquinas de solda	Na etiqueta fixada na máquina		
Verificar o aterramento dos tramos e virolas	Todas as máquinas de solda		
Conferir o processo de fabricação com a instrução de trabalho	Bisel		
	Calandra e recalandra		
	Solda longitudinal		
	Montagem do par de virolas		
	Montagem virola e flange		
	Montagem e solda do tramo		
	Acabamento final e montagem de acessórios		
	Jato		
	Pintura		
	Ensaios de líquido penetrante, ultrassom e easy laser		

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Com todas as ações propostas e executadas foi possível eliminar erros e desperdícios de tempo e material, elevando o nível de qualidade do produto, diminuir o custo de produção e consequentemente aumentando a lucratividade. Assim, demonstra-se de fundamental importância a aplicação das ferramentas da qualidade continuamente para que se mantenha a quantidade de erros a nível zero.

REFERÊNCIAS

FERNANDES, L. et al. Gestão do Conhecimento pela Matriz de Competência. In: ENEGEP, 31., Belo Horizonte, 2011. Anais... Disponível em: < http://www.abepro.org.br/biblioteca/enegep2011_TN_STO_136_866_17808.pdf >. Acesso em: 10 ago. 2015.

FORNARI JUNIOR, C. C. M.. Aplicação da Ferramenta da Qualidade (Diagrama de Ishikawa) e do PDCA no Desenvolvimento de Pesquisa para a Reutilização dos Resíduos Sólidos de Coco Verde. Revista INGEPRO, v.2, n.09, p.104-112, 2010. Disponível em: <http://www.ingepro.com.br/Publ_2010/Set/307-836-1-PB.pdf>. Acesso em: 12 ago. 2015.

MAICZUK, J.; ANDRADE JÚNIOR, P.P. Aplicação de ferramentas de melhoria de qualidade e produtividade nos processos produtivos: um estudo de caso. **Qualit@as Revista Eletrônica**, Campina Grande, v. 14, n.1, p. 1-14, 2013. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.18391/qualitas.v14i1.1599>. Acesso: 12 ago. 2015.

PALADINI, E. P. Gestão da Qualidade: teoria e prática. São Paulo: Atlas, 2000.

PEINADO, J.; GRAEML, A. R. Administração da Produção. Operações industriais e serviços. Curitiba: Unicenp, 2007.