

Aplicação do Mapeamento de Árvore de Falhas (FTA) em um abatedouro de aves

Iochane Garcia Guimarães (UFSM) iochaneguimaraes@gmail.com
Tássia Maciel Henkes (UFRGS) tahmaciel@gmail.com
Bianca Jupiara Fortes (UFSM) bifortes22@gmail.com
Felipe Martins Müller (UFSM) felipe@inf.ufsm.br

Resumo:

A atividade avícola brasileira aumentou significativamente nos últimos anos, e atualmente o país é destaque mundial no setor. Desta maneira, as empresas precisam garantir processos com alta confiabilidade, para diminuir perdas e, conseqüentemente, reduzir custos relativos à produção. Este estudo teve como objetivo principal encontrar as possíveis falhas no processo de abate de aves por meio da ferramenta FTA (FailureTreeAnalysis) em uma empresa de grande porte do Rio Grande do Sul. Essa aplicação visa auxiliar gestores a direcionarem seus esforços e recursos, objetivando uma empresa mais competitiva. Um equipamento de grande impacto no processo de abate de aves foi identificado. Com este resultado as causas básicas de falhas deste sistema foram identificadas. Assim o abatedouro de aves espera aumentar a confiabilidade do processo produtivo através da diminuição das falhas no sistema estudado, por meio das ações corretivas e preventivas apontadas.

Palavras chave: Abatedouro de aves, Manutenção, FTA.

Mapping Implementation of Fault Tree (FTA) in a poultry slaughterhouse

Abstract:

The Brazilian poultry activity increased significantly in recent years, and currently the country's global prominence in the industry. Thus, companies need to ensure processes with high reliability, to decrease losses and hence reduce costs of production. This study aimed to find possible flaws in the process poultry slaughtering by FTA tool (FailureTree Analysis) in a large company of Rio Grande do Sul This application aims to help managers to direct their efforts and resources, aiming a more competitive company. A major impact on equipment poultry slaughtering process was identified. With this result the root causes of failures of this system were identified. So the poultry slaughterhouse hopes to increase the reliability of the production process by reducing the system crashes studied by means of corrective and preventive actions identified.

Key-words: Poultry slaughterhouse, maintenance, FTA.

1. Introdução

Nas últimas décadas o crescimento da avicultura brasileira foi muito significativo. Atualmente, o Brasil ocupa o primeiro lugar mundial em exportação e o terceiro na produção de frangos (D'ÁVILA, 2006). Segundo dados da União Brasileira de Avicultura (2012), a produção de carne de frango alcançou 13,058 milhões de toneladas em 2011, apresentando um crescimento de 6,8% em relação a 2010. Do volume total de frangos produzido pelo Brasil, 69,8% foi destinado ao consumo interno, e 30,2% para exportações. Com isto, o consumo per capita de carne de frango atingiu 47,4 quilos por pessoa, um novo recorde para o setor (UNIÃO BRASILEIRA DE AVICULTURA, 2012).

Os embarques de 3,942 milhões de toneladas em 2011 representaram um aumento de 3,2% em relação a 2010, um novo recorde histórico para a carne de frango, principal produto das exportações avícolas brasileiras. No caso da receita cambial, o incremento foi de 21,2%. O preço médio das vendas brasileiras foi de US\$ 2.093 por tonelada, com um aumento de 17,4% (UNIÃO BRASILEIRA DE AVICULTURA, 2012). Dessa maneira, prevenir e corrigir falhas advindas dos processos produtivos desse setor podem auxiliar as empresas na redução dos custos e conseqüentemente na maximização dos lucros.

Fogliatto e Ribeiro (2009) salientam que a adoção por parte das empresas de programas de manutenção centrada em confiabilidade auxiliam no alcance da excelência nas atividades de manutenção, ampliando a disponibilidade dos equipamentos e reduzindo custos associados a acidentes, defeitos, reparos e substituições. Siqueira (2012) enfatiza que cada vez mais existe a necessidade das organizações conhecerem as formas como os sistemas falham. Os autores caracterizam uma falha como a interrupção ou alteração da capacidade de um item desempenhar uma função requerida ou esperada.

O conceito de qualidade neste contexto está voltado à Qualidade de Conformidade, que segundo Helman e Andery (1995) consiste na garantia de se executar exatamente o que foi planejado para atender aos desejos do cliente e às especificações legais. Este enfoque está diretamente ligado à sistematização da solução de problemas que vão sendo encontrados à medida que problemas ou falhas são percebidos e atua-se metodicamente para encontrar a causa fundamental e bloqueá-la. Os métodos FMEA (*Failure Mode and Effects Analysis*) e FTA (*Failure Tree Analysis*) podem auxiliar de forma eficiente na busca das causas fundamentais de um problema (HELMAN E ANDERY, 1995). Em indústrias de abate de frangos, onde a produção é em grande escala, ganhos mínimos com a diminuição e identificação de possíveis falhas nos processos ou equipamentos tornam-se relevantes.

Fogliatto e Ribeiro (2009) salientam que a FTA é uma técnica de confiabilidade que tem como objetivo inicial partir de um evento topo, indesejável, e identificar todas as combinações de causas que podem originá-lo, em seguida estudar a probabilidade de ocorrência dessas causas, e em função disso, do evento topo, priorizar as ações que visam bloquear essas causas.

Uma etapa importante do processo de abate de aves consiste no descarregamento das aves, onde as caixas devem ser manuseadas cuidadosamente, a fim de minimizar o risco de lesões ou estresse nas aves. Uma alternativa para esta etapa é o descarregamento automático das gaiolas (BARBUT, 2001; LUDTKE *et al.*, 2010). Desta maneira, o presente estudo tem por objetivo mapear a árvore de falhas do motor elétrico do elevador de descarga das gaiolas em uma empresa do setor de avicultura na região central do Rio Grande do Sul. Ainda, de forma complementar, realiza-se uma discussão quanto às ações corretivas para atacar as causas básicas das falhas e auxiliar no melhor desempenho do processo produtivo em questão.

2. Referencial teórico

Com o constante aumento dos custos e da complexidade cada vez maior de muitos sistemas industriais e de defesa, tornou-se evidente a importância da confiabilidade como parâmetro de eficiência, o qual deve ser especificado e pelo qual se paga (LAFRAIA, 2001).

Ainda conforme o autor, confiabilidade pode ser definida como a probabilidade de um componente, equipamento ou sistema exercer a função para qual foi projetado sem falhas, por um período de tempo previsto e sob condições operacionais especificadas.

2.1 Manutenção

Para Kardec & Nascif (2001), a missão da manutenção pode ser definida como: *“Garantir a disponibilidade da função dos equipamentos e instalações de modo a atender a um processo de produção ou de serviço, com confiabilidade, segurança, preservando o meio ambiente e custo adequados”*. A maneira pela qual é feita esta intervenção sobre os equipamentos, sistemas ou instalações podem ser caracterizadas em cinco tipos principais: manutenção corretiva não planejada, manutenção corretiva planejada, manutenção preventiva, manutenção preditiva e manutenção detectiva.

Ainda existem os programas de Manutenção Centrada em Confiabilidade, que segundo Fogliatto e Ribeiro (2009) consistem em programas que reúnem várias técnicas de engenharia para assegurar que os equipamentos de uma planta fabril continuarão realizando as funções especificadas.

De acordo com Kardec & Nascif (2001), a manutenção preditiva é a que oferece melhores resultados, pois visa garantir a qualidade do serviço desejado, realizada com base no acompanhamento sistemático, reduzindo ao máximo a manutenção preventiva e diminuindo a manutenção corretiva. É escolhida por permitir a operação contínua do equipamento pelo maior tempo possível, pois as medições e verificações são feitas com o equipamento em funcionamento. Ao identificar que um grau de degradação se aproxima, ou atinge um limite previamente estabelecido, é tomada a decisão de intervenção. Neste contexto de manutenção preditiva se destacam as ferramentas FMEA e FTA.

2.2 FMEA e FTA

De acordo com Helman (1995), denomina-se confiabilidade a probabilidade de um determinado sistema desempenhar sem falhas uma função durante um período determinado. Esta definição deixa claro que aumentar a confiabilidade de um sistema está diretamente relacionado com reduzir ao máximo a quantidade de falhas. A grande dificuldade na previsão de falhas está ligada ao aumento da complexidade dos sistemas industriais, o que torna a confiabilidade um parâmetro de difícil controle.

Estudos de confiabilidade podem ser feitos tanto de forma quantitativa quanto qualitativa, ambas importantes e complementares. A abordagem quantitativa engloba uma série de análises estatísticas utilizadas para modelar variáveis contínuas ou discretas, como tempo médio até a falha, número de falhas em um determinado período de tempo, probabilidade de falha em um intervalo de tempo determinado, entre outras. Estas análises quantitativas exigem que o sistema opere com controle de indicadores, geralmente elaborados por amostragem durante o processo

de produção. Métodos qualitativos de análises de falhas podem ser feitos para mapear as causas de falhas no sistema e planejar ações corretivas ou preventivas. Entre as ferramentas utilizadas em estudos de diagnóstico de falhas, destacam-se a FMEA (Failure Mode and Effects Analysis) e a FTA (Failure Tree Analysis) (RAUSAND, 2004). A Figura 1 apresenta uma síntese destas ferramentas.

| | FTA | FMEA |
|------------------------------|---|--|
| Objetivo | <ul style="list-style-type: none"> - Identificação das causas primárias das falhas - Elaboração de uma relação lógica entre falhas primárias e falha final do produto - Análise da confiabilidade do sistema | <ul style="list-style-type: none"> - Identificação das falhas críticas em cada componente, suas causas e consequências - Hierarquizar falhas - Análise da confiabilidade do sistema |
| Procedimento | <ul style="list-style-type: none"> - Identificação da falha que é detectada pelo usuário do produto - Relacionar esta falha com falhas intermediárias e eventos mais básicos | <ul style="list-style-type: none"> - Análise das falhas em potencial de todos os elementos do sistema e previsão de consequências - Relação de ações corretivas ou preventivas a serem tomadas |
| Característica básica | <ul style="list-style-type: none"> - Melhor método para análise individual de uma falha específica - O enfoque é dado à falha final do sistema | <ul style="list-style-type: none"> - Pode ser utilizado na análise de falhas simultâneas e relacionadas - Todos os componentes do sistema são passíveis de análise |

Fonte: adaptado de HELMAN (1995)

Figura 1 - Quadro comparativo entre FTA e FMEA

A principal característica do FMEA é utilizar raciocínio analítico para identificar todos os possíveis modos de falha e determinar o efeito de cada uma sobre o desempenho do sistema (produto ou processo). A FTA, por outro lado, inicia a partir de uma falha particular, denominada evento de topo, com o objetivo de elencar todas as causas básicas (HELMAN, 1995).

O princípio da FTA é a traduzir o comportamento das falhas em um diagrama lógico e visual, composto por partes qualitativas e quantitativas, conectadas por regras muito simples e operadores lógicos previamente definidos para caracterizar cada uma das relações entre falhas e causas (ERICSON, 1999). A árvore de falhas e o plano de ação elaborados neste artigo são peças fundamentais para garantir a qualidade da manutenção do sistema em estudo.

2.3 O abate de aves

A produção de carcaças de frango envolve uma série de procedimentos específicos. Segundo Gomide et al. (2006), o processamento do abate de aves segue diversas etapas. A primeira etapa do abate de aves no frigorífico é a recepção do frango vivo. Os frangos são transportados em caminhões que carregam gaiolas empilhadas umas sobre as outras. Enquanto aguardam o descarregamento, os caminhões permanecem no galpão de espera. O mesmo é equipado com ventiladores, com o objetivo de manter a temperatura do local agradável.

Após esta etapa, as gaiolas são descarregadas. No descarregamento das aves, as caixas devem ser manuseadas cuidadosamente, a fim de minimizar o risco de lesões ou estresse nas aves. A descarga das caixas com aves vivas em plataforma hidráulicas pode ser utilizada para

facilitar o descarregamento dos diferentes níveis de gaiolas (BARBUT, 2001). Além disso, esta forma de descarga evita movimentos bruscos (LUDTKE *et al.*, 2010). Após o descarregamento, as aves são removidas manualmente das gaiolas e penduradas pelos pés em ganchos ligados a uma linha contínua.

A etapa posterior à pendura é a insensibilização. Em grandes abatedouros a insensibilização mais comumente utilizada é a imersão em um tanque com água por onde é aplicada corrente elétrica.

Posteriormente ocorre a sangria dos animais. As aves são sangradas através de um corte no pescoço, que atinge as artérias carótidas e as veias jugulares. Esta etapa pode ser manual ou mecanizada.

Segue-se então para a escaldagem, etapa que consiste no aquecimento úmido da carcaça para facilitar a posterior etapa de depenagem. A escaldagem por imersão é o método mais utilizado nos frigoríficos, e consiste na imersão em um tanque com água quente e agitação constante (borbulho). A depenagem consiste na remoção das penas de toda a ave. O processo é feito com o emprego de depenadeiras, que removem as penas por fricção.

Na saída da depenagem ocorre a pré-inspeção do Serviço de Inspeção Federal (SIF). As aves que apresentarem algum defeito na carcaça ou doença são retiradas da linha de produção e condenadas. As carcaças aprovadas seguem para o corte automático dos pés. Em seguida os frangos passam pela 1ª lavagem, que tem o objetivo de diminuir a carga microbiana superficial.

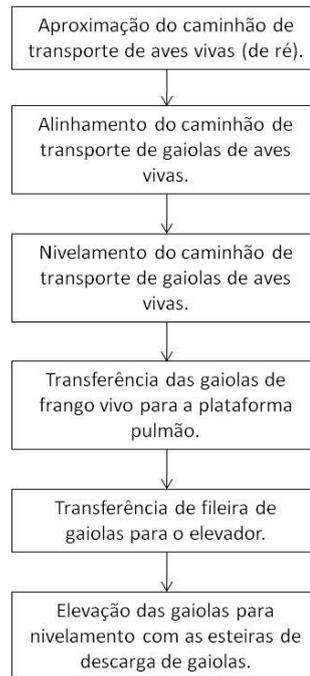
Em seguida as carcaças seguem para a evisceração, sequência de operações que visam à completa retirada das vísceras da carcaça. Inicia-se com a retirada da cabeça, seguida pela extração da cloaca, corte abdominal e eventração (exposição das vísceras). Em seguida, as carcaças seguem para a Inspeção Sanitária Federal, separação das vísceras comestíveis, remoção de papo e traquéia e retirada do pescoço. Ainda na evisceração, ocorre a inspeção do PCC (Ponto Crítico de Controle). A inspeção é visual e são retiradas da linha carcaças com alguma contaminação. Após, as carcaças passam por uma lavagem final, que visa à remoção de resíduos remanescentes.

Seguindo, ocorre o pré-resfriamento, que tem como objetivo diminuir a temperatura da carcaça, para inibir o desenvolvimento de microrganismos e de processos deteriorantes. O método mais empregado é o de imersão em água, realizado em tanques denominados “chiller”. No final desta etapa, a temperatura da carcaça deve ser de 7°C. Após o pré-resfriamento, as carcaças são penduradas e seguem para o gotejamento. No final desta etapa, o limite máximo de água absorvida pela carcaça deve ser de 8% (BRASIL, 1998).

A etapa seguinte é a classificação das carcaças conforme o seu peso. Após, as carcaças seguem para a embalagem e congelamento. O congelamento é realizado em túneis com circulação de ar forçado, sendo a temperatura no interior dos túneis de, em média, -44°C. Ao final desta etapa do processamento, o produto deverá apresentar temperatura inferior à -12°C. Após a estocagem, os produtos são encaminhados para a expedição.

3. Metodologia

O presente trabalho foi desenvolvido em um abatedouro de aves de grande porte, localizado no interior do Rio Grande do Sul. O abatedouro opera em 3 turnos de trabalho e o foco da produção é a exportação de carcaça inteira. O estudo de árvore de falha foi focado no elevador de gaiolas, equipamento que compõe o sistema automático de descarga de gaiolas de transporte de aves vivas. A Figura 2 ilustra o processo.



Fonte: adaptado de RM – Indústria de Máquinas Frigoríficas (2010)

Figura 2 - Fluxograma do Abate de Aves

Historicamente o tempo de reparo deste equipamento é bastante elevado, e por este motivo ele é considerado um equipamento decisivo para o processo. Falhas neste equipamento significam longas paradas de abate, pois não é possível realizar esta etapa do processo manualmente até que o reparo seja executado. O resultado disso é a queda do indicador de disponibilidade de fábrica da unidade. Além disso, o componente do elevador que mais apresentou falhas nos últimos anos foi o motor. Por estes motivos, escolheu-se aplicar a metodologia de árvore de falha para a situação de queima do motor do elevador de gaiolas, com o objetivo de aprofundar o conhecimento da equipe em relação a este componente, propor ações corretivas e melhorias no sistema, e reduzir probabilidade de perdas de volumes de abate devido a falhas nesta etapa do processo. A Figura 3 mostra um modelo de elevador de gaiolas.



Fonte: RM – Indústria de Máquinas Frigoríficas (2013)

Figura 3 - Elevador de gaiolas

Para a análise de árvore de falha, primeiramente foi reunida uma equipe de trabalho multidisciplinar. Reuniram-se documentos que serviram de suporte para o desenvolvimento da FTA: histórico de falhas no equipamento, histórico de manutenção preventiva e preditiva e manual técnico do equipamento. A probabilidade de ocorrência das causas básicas foi estabelecida qualitativamente e quantitativamente, baseando-se principalmente nos dados de falha coletados. Calcularam-se, então, as probabilidades de ocorrência dos eventos resultantes e do evento de topo. Finalmente definiu-se a criticidade das causas básicas, e priorizaram-se três causas básicas para formulação do plano de ação (RIBEIRO, 2013).

4. Resultados e discussão

Nesta seção são apresentados os resultados encontrados no estudo. A Figura 4 a seguir mostra o diagrama de árvore de falha para o evento de topo queima do motor do elevador de gaiolas. Pela figura observa-se que a combinação dos eventos ocorre, na maioria das vezes, em série, indicando uma situação menos segura do sistema como um todo.

A atividade de programação da manutenção pode ser dividida em determinação dos intervalos entre manutenções preventivas e programação da execução das atividades de manutenção. A determinação dos intervalos entre manutenções preventivas requer o uso de distribuições de probabilidade para a análise dos tempos de bom funcionamento dos componentes e equipamentos envolvidos.

As probabilidades de ocorrência das causas básicas foram estabelecidas baseadas principalmente no histórico da empresa. Como a empresa possui planos de manutenção preventiva e esses são programados e realizados dentro da frequência estabelecida pela própria empresa, as probabilidades de ocorrência das causas bases foram bastante minimizadas, indicando que os planos de manutenção preventiva estão apresentando um resultado positivo.

Três causas básicas apresentaram criticidades semelhantes e consideradas altas pela equipe. Devido a isso, a equipe de trabalho optou por priorizá-las. As causas básicas mais críticas foram falha operacional, falha na higienização do equipamento e falha no freio. Para diminuir a probabilidade de ocorrência de queima do motor de gaiolas devido a estas causas, foram formuladas ações corretivas. Na Figura 5 estão as principais ações estabelecidas pela equipe de trabalho. Observa-se que as ações envolvem principalmente treinamento e padronização de procedimentos operacionais, evitando riscos de desvios devido à falha durante a operação dos equipamentos, consequência do grande número de colaboradores envolvidos no processo.

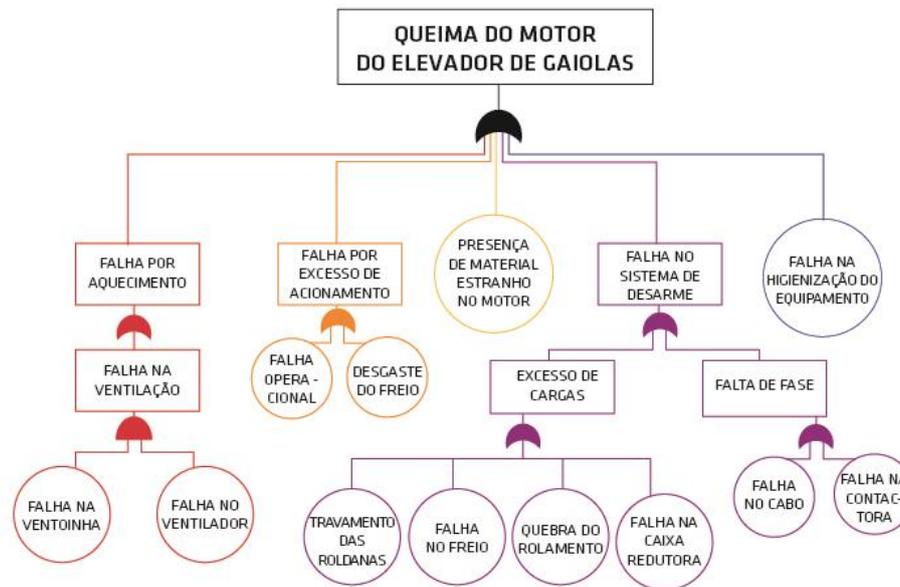


Figura 4 - Diagrama de Árvore de Falhas

| Causa Básica | Ação Corretiva |
|--------------------------------------|--|
| Falha no freio | Criar instrução de trabalho para correto ajuste do freio. |
| | Realizar ajuste do freio (conforme IT) mensalmente. |
| | Incluir no plano de manutenção autônoma a verificação do correto funcionamento/ acionamento do freio. |
| | Elaborar plano de manutenção preventiva específico para o freio do motor. |
| Falha na higienização do equipamento | Incluir no procedimento de higiene pré-operacional instruções para a correta higienização da plataforma do elevador. |
| | Instalar proteção no motor para evitar contato direto do mesmo com água nos momentos de higienização. |
| Falha operacional | Incluir no procedimento padrão instrução para o correto acionamento do elevador pelos colaboradores. |

Figura 5 - Ações corretivas para as causas básicas com maior criticidade

5. Conclusões

Este estudo teve como principal objetivo identificar as falhas possíveis no processo de abate de aves por meio da ferramenta FTA. Analisando o histórico de paradas de abate da empresa foi possível identificar os equipamentos com maior potencial de falha durante o processamento, e o motor elétrico do elevador de gaiolas apresentou grande predisposição para falhar.

Após a identificação do equipamento, montou-se o diagrama de árvore de falha e, em função disso, verificou-se as causas básicas. As causas básicas com maior criticidade foram: falha operacional, falha na higienização do equipamento e falha no freio. Observou-se que a confiabilidade do equipamento depende muito da correta operação do mesmo, por isso é muito importante que os procedimentos operacionais da empresa contenham instruções que prevejam e evitem falhas no equipamento. Além disso, observou-se que os planos de manutenção preventiva do equipamento estão sendo realizados dentro do prazo e são eficazes, pois a

probabilidade de falha de muitos componentes do motor são bastante baixas. Com a implantação das ações corretivas, a empresa visa diminuir ainda mais a probabilidade de falha no elevador.

Referências

BARBUT, S. *Poultry Products Processing: An Industry Guide*. Florida: CRC Press, 2001. 560 p.

BRASIL. *Ministério da Agricultura e do Abastecimento*. Portaria nº 210, de 10 de novembro de 1998. Aprova o Regulamento Técnico da Inspeção Tecnológica e Higiênico-Sanitária de Carne de Aves. Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil, Poder Executivo, Brasília, DF, 26 nov.1998, Seção 1, p. 226. Disponível em: <<http://extranet.agricultura.gov.br/sislegis/consulta/consultarLegislacao.do?operacao=visualizar&id=1129>>. Acesso em: 05.05.2013.

D'AVILA, Z. S. *A vitoriosa trajetória da avicultura*. In: OLIVO, R. O mundo do frango: cadeia produtiva da carne de frango. Criciúma: Ed. do Autor, 2006. p. 21-26.

ERICSON, C. *Fault Tree Analysis - A History*. Proceedings of the 17th International Systems Safety Conference. Retrieved 2010-01-17.

FOGLIATTO, F.S.; RIBEIRO, J.L.D. *Confiabilidade e Manutenção Industrial*. Rio de Janeiro: Elsevier, 2009. 265p.

GOMIDE, L. A. M.; RAMOS, E. M.; FONTES, P. R. *Tecnologia de abate e tipificação de carcaças*. Viçosa: UFV, 2006. 370p.

HELMAN, H.; ANDERY, P. R. P. *Análise de falhas: aplicação dos métodos FMEA e FTA*. Belo Horizonte, MG: Fundação Cristiano Otti, Escola de Engenharia da UFMG, 1995. 156p.

LAFFRAIA, J.R.B. *Manual de Confiabilidade, manutenibilidade e disponibilidade*. 4ª ed. Rio de Janeiro: Qualitymark: Petrobras 2001.374 p.

LUDTKE, C. B. et al. *Abate Humanitário de Aves*. Rio de Janeiro: WSPA, 2010. 119 p.

PINTO, A. K. *Manutenção: Função Estratégica*. 2ª Ed. Rio de Janeiro: Qualitymark, 2001. 35 p.

RAUSAND, M.; HOYLAND, A. *System reliability theory: models, statistical methods and application*. 2ª Ed. New York: John Wiley & Sons, 2004, 636p.

RIBEIRO, J. L. D. *Confiabilidade e Manutenção: Material Suporte - Gestão da Produção*. Porto Alegre: UFRGS, 2013.

RM, INDÚSTRIA DE MÁQUINAS FRIGORÍFICAS. 218485.jpg. Altura: 213 pixels, Largura: 320 pixels. 8,3 KB. Formato JPEG. Disponível em: <<http://www.rmindustria.com.br/linha-aves-pt/recepcao-de-aves>>. Acesso em: 06 mai. 2013.

RM, INDÚSTRIA DE MÁQUINAS FRIGORÍFICAS. *Manual Técnico: Sistema de Descarga de Aves*. Chapecó, 2010.

SIQUEIRA, I. P. *Manutenção Centrada na Confiabilidade: Manual de Implementação*. Rio de Janeiro: Qualitymark, 2012. 375p.

UNIÃO BRASILEIRA DE AVICULTURA. *Relatório Anual de 2012*. Disponível em: <<http://www.ubabef.com.br/files/publicacoes/41c30a0f46702351b561675f70fae077.pdf>>. Acesso em: 05 mai. 2013.