

SELEÇÃO DE TÉCNICAS DE MANUTENÇÃO PARA PROCESSO DE ARMAZENAGEM ATRAVÉS DO MÉTODO DE ANÁLISE HIERÁRQUICA

JAIME ANDRÉ RAMOS FILHO (UTFPR)

jaramos@onda.com.br

MAURICIO JOAO ATAMANCZUK (UTFPR)

atamanczuk@hotmail.com

RUI FRANCISCO MARTINS MARÇAL (UTFPR)

marcal@utfpr.edu.br



O presente trabalho tem como objetivo selecionar técnicas de manutenção adequadas ao processo de armazenagem de grãos, mais especificamente soja, segundo seus sistemas e respectivas características através do Método de Análise Hierárquica -- MAH. Figuraram como alternativas as técnicas de manutenção: corretiva, preventiva, baseada na condição e preditiva. Por sua vez como parâmetros de análise foram utilizados: segurança, produtividade, qualidade, frequência do problema, taxa de ocupação e manutenibilidade. Os sistemas avaliados que fazem parte do processo de armazenagem foram: recebimento, limpeza, secagem, ensilagem, carregamento. Concluiu que a técnica mais adequada para todo processo é a preditiva, uma vez que suas características prevaleceram. Porém, é prática inviável a utilização da técnica preditiva em todo processo, assim, argumentou-se sobre o uso das técnicas preventiva e baseada na condição.

Palavras-chaves: Método de Análise Hierárquica, técnicas de manutenção, armazenagem de grãos.

1. Introdução

Atualmente em âmbito nacional estão entre as atividades mais rentáveis a agricultura e a agroindústria sendo que nestes segmentos a cultura de maior importância econômica é a soja. Em um contexto histórico, desde a década de 70 quando a soja passou a ter importância para o Brasil, até o ano de 2007 houve um crescimento da produção segundo Dall'agnoll et al (2007, p.3) superior à 55 milhões de toneladas, além disso a Companhia Nacional de Abastecimento - CONAB (2007, p. 6) prevê que a safra entre os anos de 2007 e 2008 pode ultrapassar 60 milhões de toneladas.

O complexo agroindustrial da soja brasileira provê muitos benefícios ao longo de sua cadeia produtiva, desde a plantação até o beneficiamento, contribuindo para a movimentação da economia do país e garantindo o sustento de centenas de milhares de pessoas.

Tecnologia, conhecimento e inovação são apontadas como responsáveis por este crescimento histórico da produção de aproximadamente 260 vezes em quatro décadas. Porém, tal avanço neste caso não se refere somente à forma de plantio ou melhorias na qualidade da semente, entre outros avanços específicos na cultura da soja, mas também se refere à mecanização e posterior automação dos maquinários e equipamentos empregados em atividades de armazenagem e beneficiamento de grãos de soja.

A utilização de equipamentos mecanizados e automatizados nesta cadeia produtiva conduz para a necessidade de execução de tarefas atribuídas à função manutenção, devido principalmente a dois fatores: aumento da complexidade dos equipamentos e necessidade por disponibilidade e confiabilidade nos longos períodos de tempo nos quais transcorrem as safras.

Nas unidades agroindustriais designadas ao acondicionamento da soja, principalmente naquelas ligadas ao produtor rural, a gestão e organização da manutenção é praticamente inexistente, esta refletida na ausência de controle e na utilização de uma única técnica de manutenção, a corretiva. Entretanto, apesar da referida carência na organização e gestão da função manutenção, é necessário considerar, segundo a Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária – EMBRAPA (2007) que os custos de manutenção figuram entre os mais onerosos para as pequenas e médias unidades agroindustriais de armazenagem bem como para o produtor rural que certamente contribui para o pagamento desta conta.

Neste sentido, o presente artigo tem como objetivo a seleção das técnicas de manutenção adequadas para cada sistema ou etapa do processo de armazenagem, desencadeando um processo para gestão e organização da manutenção, que, sobretudo, é necessário. Tal seleção toma como base as características específicas dos sistemas, expressas por descrições e parâmetros selecionados a partir de observações e da literatura. É necessário atentar que o artigo ora apresentado não pretende apontar que em determinado sistema haja controle de temperatura ou vibração, mas decidir qual técnica possui melhor aplicação em cada um dos sistemas. A ferramenta utilizada para o cumprimento do objetivo é o Método de Análise Hierárquica – MAH que foi utilizado em trabalhos importantes da área industrial nos últimos anos, em ambientes onde se faz necessária a tomada de decisão em situações complexas, como é de costume na manutenção industrial, além de aplicado com sucesso em outras áreas do conhecimento, auxiliando pesquisadores em suas decisões.

2. O Método de Análise Hierárquica

O Método de Análise Hierárquica – MAH concebido originalmente por *Analytic Hierarchy Process* – AHP, foi desenvolvido no fim da década de 60 por Thomas Saaty (1991) e procura reproduzir o raciocínio humano em situações que envolvem complexidade e subjetividade, faz isso através da comparação de elementos de um conjunto baseando-se na percepção de analistas. É utilizado, sobretudo em situações onde obter a solução exige o conhecimento das conseqüências mais relevantes, dos objetivos mais importantes e as alternativas adequadas para aplicações práticas. Como resultado o Método de Análise Hierárquica atribui pesos numéricos a objetivos e alternativas estipulados anteriormente.

Vaidya e Kumar (2006), observam que desde a sua concepção o Método de Análise Hierárquica é uma das ferramentas mais utilizadas quando se trata de decisões multicritério. Entre as publicações realizadas nos últimos anos ocorreram aplicações em diferentes campos da ciência como: industrial, educacional, social, pessoal, entre outros. Variados também são os objetivos propostos como, por exemplo: planejar, selecionar a melhor alternativa, alocar recursos, resolver conflitos e otimizar processos.

Para obtenção dos resultados e conseqüente resolução dos problemas a que se propõe o Método de Análise Hierárquica é segmentado em etapas, sendo elas (SAATY, 1991): estruturação e decomposição do problema, julgamentos comparativos e síntese das prioridades. De outra forma, Ribeiro e Costa (1999, p. 8) apontam as tarefas a serem realizadas durante o procedimento de análise:

- Especificação do objetivo geral que se espera atingir com a classificação;
- Identificação de alternativas viáveis para a priorização;
- Seleção dos julgadores e definição dos métodos para a realização dos julgamentos paritários (par a par) ou binários, onde são avaliados cada parâmetro e o desempenho de cada alternativa baseada nos mesmos;
- Síntese dos dados levantados nos julgamentos, calculando-se a prioridade de cada alternativa em relação a foco principal;

Na primeira etapa da segmentação do procedimento de análise, Saaty (1991) observa que no Método de Análise Hierárquica o problema é estruturado como uma hierarquia, que pode ser definida como um sistema de níveis estratificados, onde cada nível consiste de determinados elementos ou fatores. Reúne os objetivos, parâmetros e alternativas encontradas em uma situação formando uma hierarquia. Podem ser utilizados tantos níveis quantos forem necessários para o cumprimento dos objetivos.

No nível mais alto localiza-se o objetivo, no nível posterior os objetivos específicos ou intermediários, então no próximo nível observam-se os parâmetros utilizados na tomada de decisão e no nível inferior são colocadas as alternativas ou atividades através das quais se pretende alcançar o objetivo, compreendendo a etapa de estruturação e decomposição do problema. A figura 1 abaixo representa uma estrutura hierárquica básica conforme a descrição.

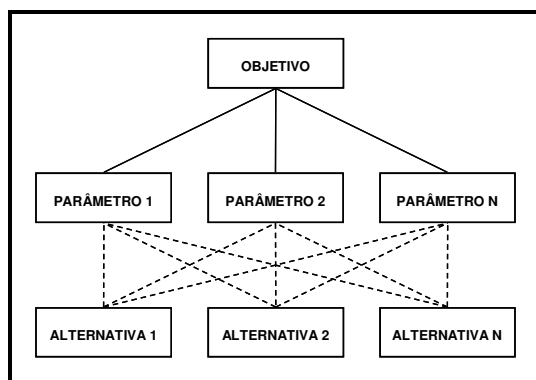


Figura 1 – Estrutura hierárquica básica.

Partindo da árvore hierárquica correspondente ao problema proposto são estruturadas matrizes de comparação, onde cada nível e cada elemento da árvore são comparados entre si, para a par. Esta etapa é chamada de julgamento comparativo e para que seja realizada faz-se necessária uma escala de comparação desenvolvida por Saaty (1991) a qual é explicitada no quadro 1 abaixo.

Intensidade da importância	Definição	Explicação
1	A tem igual importância que B.	Duas atividades contribuem igualmente para o objetivo.
3	A levemente mais importante que B.	Experiência e julgamento favorecem ligeiramente uma atividade em relação à outra.
5	A mais importante que B.	Experiência e julgamento favorecem fortemente uma atividade em relação à outra.
7	A muito mais importante que B.	Uma atividade é fortemente favorecida e sua dominância é demonstrada na prática.
9	A extremamente mais importante que B.	A evidência favorecendo uma atividade sobre a outra é a mais alta ordem.
2, 4, 6, 8	Valores intermediários.	Quando é necessário maior compromisso entre julgamentos sucessivos.

Fonte: SAATY (1991).

Quadro 1 – Escala de comparação proposta por Saaty.

Saaty (1991) limita as comparações em 9 alternativas de escolha. Este limite, que representa 7 ± 2 alternativas é reconhecido como limite psicológico, mais especificamente é o número de comparações pareadas ou para a par, que permite a tomada de decisão com relativa margem de segurança.

Na terceira e subsequente etapa, as matrizes de comparação utilizadas são manipuladas matematicamente para a obtenção de um vetor de pesos para cada objetivo, parâmetro e alternativa, vetor este relativo à contribuição do mesmo para o alcance do objetivo principal. Por fim, na etapa de síntese de prioridades, os objetivos, parâmetros e alternativas são ordenados segundo as prioridades do processo, estipuladas a partir das características refletidas em determinada situação (SAATY, 1991).

3. O Método de Análise Hierárquica aplicado ao processo de armazenagem

Previamente, antes mesmo de iniciar o procedimento de análise na estruturação da hierarquia

que configura a primeira etapa do referido trabalho, foram realizadas observações com vistas a levantar informações no que diz respeito ao funcionamento do processo de armazenagem, como, por exemplo, suas características gerais. Tais observações contribuíram para evidenciar o objetivo geral do presente estudo, isto é, a necessidade por selecionar técnicas de manutenção adequadas aos sistemas distintos do processo de armazenagem, uma vez que se tornou explícita a ausência do controle da manutenção, bem como a utilização de somente uma técnica de manutenção, a corretiva.

Ademais, as referidas observações auxiliaram na divisão dos sistemas do processo de armazenagem, além de contribuir para o reconhecimento do referido processo de armazenagem, representados neste trabalho como os objetivos intermediários (recebimento, limpeza, secagem, ensilagem, carregamento), os quais são percorridos posteriormente no tópico que lhes é atribuído. Situação distinta ocorreu com os parâmetros e alternativas necessários ao procedimento de análise, que foram levantados a partir da bibliografia disponível.

As observações em campo e o levantamento bibliográfico possibilitaram a estruturação da hierarquia do processo de armazenagem para o presente estudo, em conformidade com o que propõem Saaty (1991), Ribeiro e Costa (1999), hierarquia esta formada por quatro níveis e representa-se graficamente como na figura 2 abaixo, a qual é posteriormente explicitada.

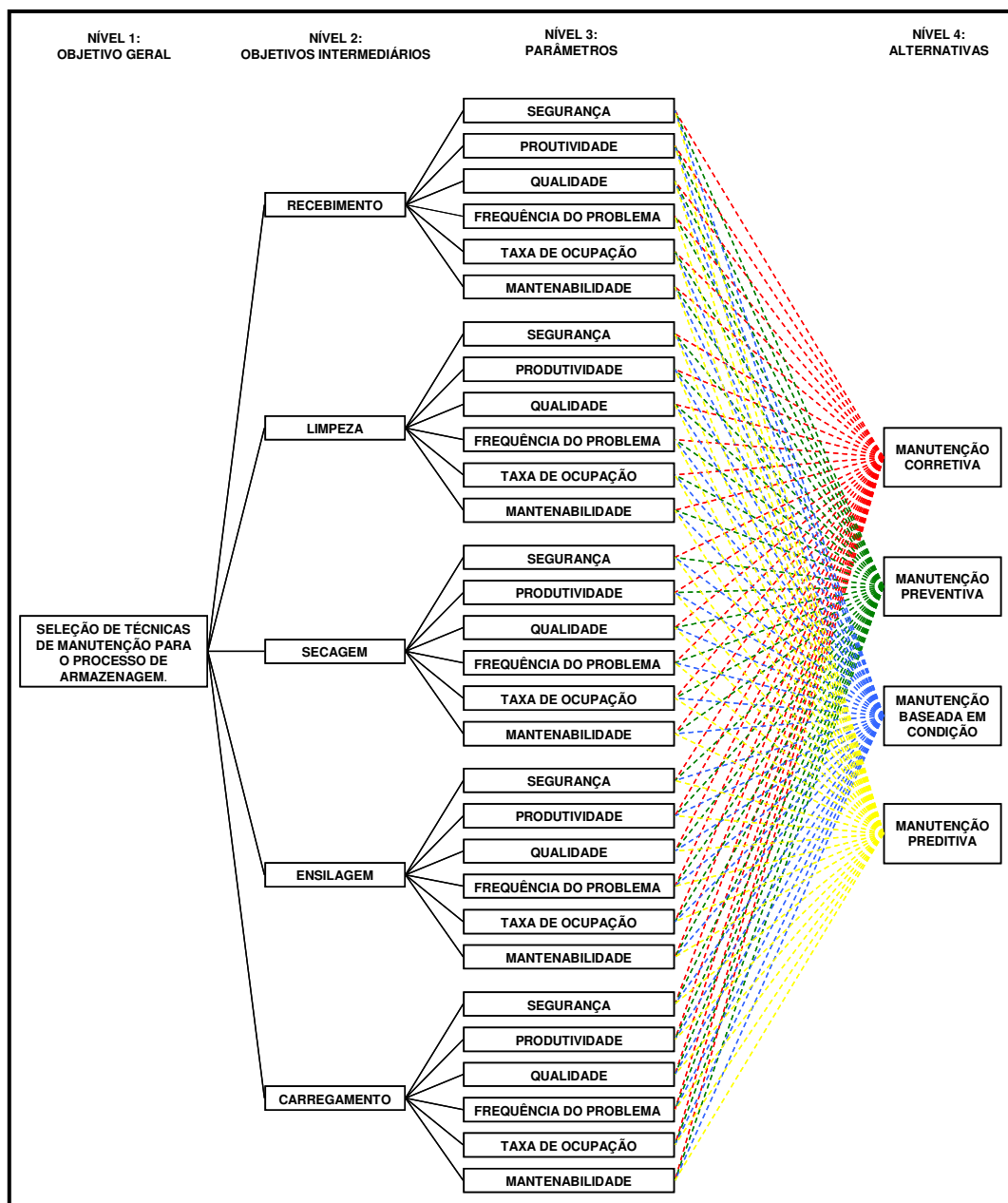


Figura 2 – Hierarquia do processo de armazenagem.

3.1 Os objetivos intermediários: processo de armazenagem

O processo de armazenagem é bem mais complexo do que se pode imaginar, uma vez que não consiste simplesmente no desembarque de grãos de soja de caminhões ou trens e dispô-los em armazéns e silos. Entretanto, para o cumprimento do objetivo que é acondicionar os grãos de soja nos silos se desenrolam uma série de etapas, aqui chamados sistemas, onde são obtidas características ótimas para a armazenagem da soja, e ainda existem grandezas a serem controladas no período em que os grãos de soja ficam acondicionados, em silos e armazéns, situação esta que pode ultrapassar cinco meses. O processo de armazenagem é fracionado nos seguintes sistemas: recebimento, limpeza, secagem, ensilagem e carregamento, além de sistemas auxiliares da ensilagem, a aeração e a transilagem, como pode ser visualizado na figura 3, que representa o fluxo do processo de armazenagem.

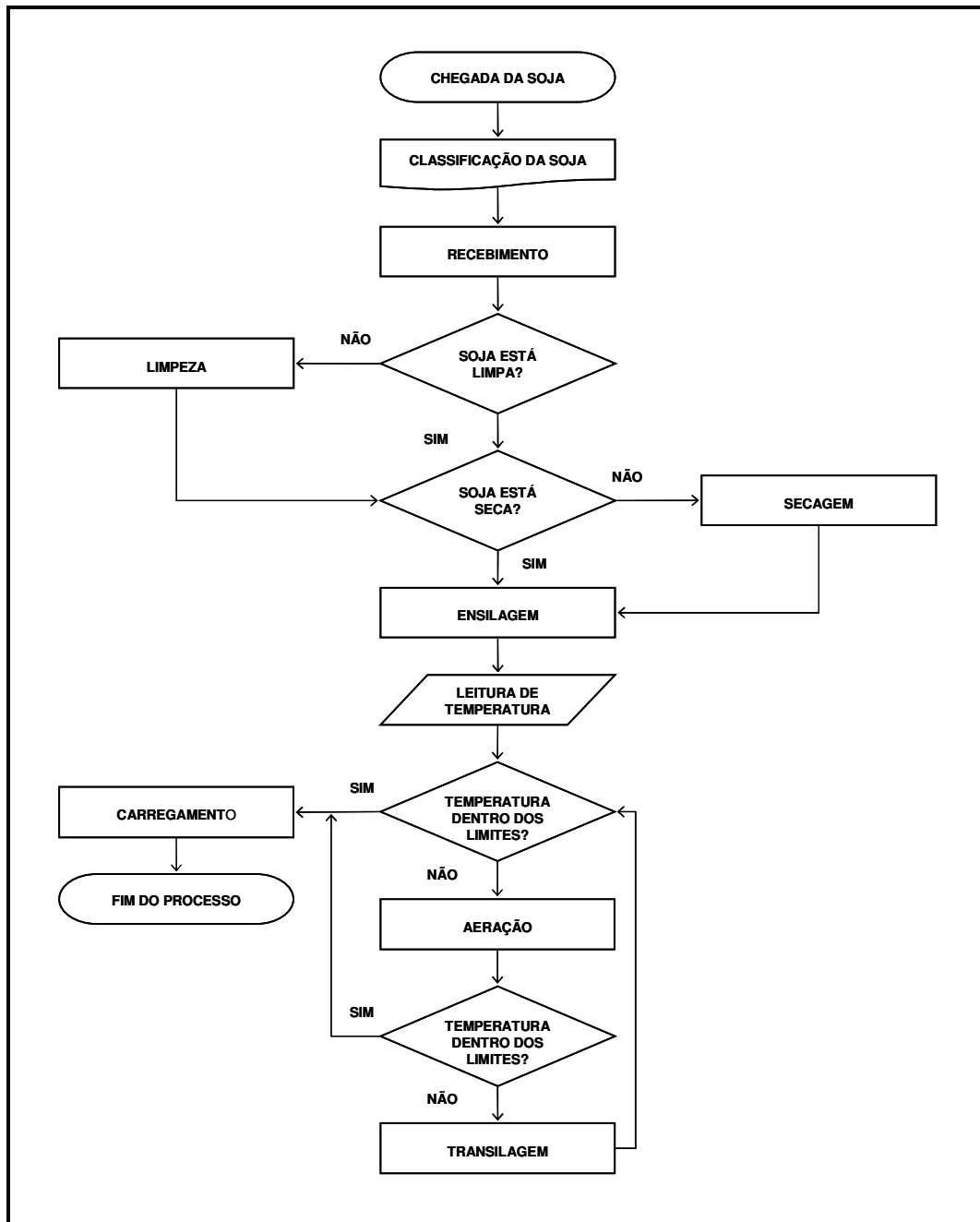


Figura 3 – Fluxograma do processo de armazenagem de soja.

O primeiro sistema no fluxo do processo é o recebimento e para que este seja efetuado, faz-se necessária a classificação da soja no instante da sua chegada à unidade de armazenagem. Na classificação, a soja é avaliada por técnicos que observam a umidade, granulometria e impureza nos grãos, direcionando então o processo para diferentes etapas ou sistemas do processo de armazenagem. De acordo com a classificação dos grãos de soja, despontam as seguintes possibilidades: acondicionamento dos grãos nos silos, realização da limpeza, realização de secagem, realização de limpeza e secagem, e, o descarte dos grãos, ou seja, não aquisição da carga de soja. Somente após a classificação procede-se o recebimento, o qual é efetuado com o auxílio de tombadores, que são plataformas dotadas de atuadores hidráulicos

que tornam mais rápido o recebimento dos grãos de soja. O sistema de recebimento além dos tombadores é formado por moegas, transportadores de correia, transportadores de corrente, e, elevadores de canecas. A capacidade do sistema é estipulada em 600 toneladas por hora.

O sistema imediatamente posterior ao recebimento é o sistema de limpeza. A principal função deste sistema é a redução de particulados (pós e cascas) e corpos estranhos (pedras, por exemplo) misturados aos grãos de soja. Esta atividade é realizada nas máquinas de limpeza por meio de peneiras graduadas dotadas de movimentos vibratórios e longitudinais, contribui para elevação da qualidade da soja através da eliminação de pós e cascas, sua retirada do processo também reduz o risco de incêndio e evita demais acidentes posteriores com a exclusão de corpos estranhos como pedras. O sistema de limpeza também é formado por transportadores de corrente, transportadores de correia, e, elevadores de canecas. Possui capacidade aproximada de 600 toneladas por hora.

Havendo grãos de soja classificados e limpos entra em funcionamento o terceiro sistema do processo de armazenagem, a secagem, com capacidade de 200 toneladas por hora. O sistema de secagem assim como a limpeza possui como objetivo prover condições de acondicionamento para os grãos de soja. O secador, principal equipamento do sistema em questão utiliza um fluxo de calor oriundo de fornalhas para obter a secagem dos grãos em níveis tecnicamente aceitáveis. O calor é o grande fator crítico deste sistema que é controlado através de leituras de temperatura e nível de grãos no interior do equipamento, falhas nas leituras ou nos componentes de controle (medidores de temperatura e nível) podem ocasionar inutilização dos grãos de soja e até incêndios.

Após a realização da limpeza e secagem, os grãos de soja já se encontram em condições ótimas para o acondicionamento, desencadeando assim a etapa ou sistema de ensilagem, com capacidade de armazenagem para aproximadamente 220 mil toneladas de soja. No referido sistema, os grãos de soja são conduzidos através de transportadores de correia e elevadores de canecas até silos e armazéns. O que há de crítico na ensilagem não é o manejo da soja até os silos e armazéns, mas conservar a soja em condições ótimas, pois o acondicionamento é dificultado principalmente por condições meteorológicas, que tendem a reduzir a qualidade dos grãos armazenados. Então, quando é detectada a partir de termoresistores a elevação de temperatura ou umidade, é acionado o sistema auxiliar de aeração, o qual provê um fluxo de ar oriundo de ventiladores que atravessa entre os grãos de soja reduzindo a temperatura e umidade, todavia esta atividade é lenta e onerosa.

Quando a aeração não corresponde obtendo o equilíbrio da temperatura e umidade, o sistema de ensilagem conta com um segundo sistema auxiliar, que recebe o nome de transilagem. A transilagem é uma operação de remanejamento de grãos de soja no processo e armazenagem, faz uso de transportadores de correias e elevadores de canecas para mover o produto no interior de silos e armazéns, deixando expostos à aeração os grãos de soja localizados em áreas centrais dos armazéns, onde o fluxo proveniente dos ventiladores não é eficaz.

Enfim, mantidos os grãos de soja acondicionados nos silos e armazéns pelo tempo desejado ou determinado, é possível e normalmente necessário o carregamento. O sistema derradeiro de todo o processo de armazenagem, que têm capacidade de carregamento de 600 toneladas por hora, é formado por transportadores de correias, elevadores de canecas, mas principalmente pela tulha, construção responsável por armazenar os grãos e realizar efetivamente a operação de carregamento, além da balança que determina o peso de carga suficiente para cada veículo.

3.2 Os parâmetros

Parâmetro, na sua forma mais simples segundo Luft (2000) é “o conceito que serve de norma para julgamento” ou ainda “aquele que quando relacionado em uma situação recebe um conceito particular e distinto”. Tecnicamente, para Kardec, Flores e Seixas (2002, p. 45) parâmetro “é todo elemento cuja variação no valor modifica a solução de um problema sem lhe modificar a natureza”. Assim, tornou-se mais claro o foco do levantamento bibliográfico para determinação dos parâmetros, afinal estes são os principais elementos para a decisão, pois partindo de suas diferentes formatações ou valores atribuídos altera-se a solução, ou seja, o resultado aponta para uma alternativa distinta.

Triantaphyllou et al. (1997), objetivando apontar o mais importante parâmetro da manutenção através métodos de decisão multicritério, utilizou como parâmetros relevantes, selecionados na literatura: custo, manutenibilidade, disponibilidade e confiabilidade. Concluiu, que a importância relativa de cada parâmetro depende principalmente da situação apresentada.

Tsang (2002), desenvolvendo uma extensa pesquisa apontou as quatro dimensões estratégicas da manutenção, são elas: opções de serviço, organização e estrutura do trabalho, métodos de manutenção, e, sistemas de suporte. Estas dimensões ou parâmetros consideram de forma geral itens como especialização da função manutenção, relacionamento com fornecedores, terceirização, qualificação da mão-de-obra, foco na escolha do método de manutenção correto, até utilização de sistemas de informação e ênfase no comportamento e clima do departamento. É possível observar que este trabalho destina-se a aspectos gerenciais da função manutenção, enquanto que no presente estudo os parâmetros se inserem no contexto operacional da função.

O foco gerencial é encontrado em grande parte dos trabalhos pesquisados, como ocorre por exemplo, com Jonsson (1997), Cholasuke, Bhardwa e Antony (2004), onde estes pesquisam o panorama da manutenção em seus países de origem, Suécia e Reino Unido respectivamente.

Bevilacqua e Braglia (2000), na busca por técnicas de manutenção adequadas para uma refinaria, utilizaram sua experiência na gestão de outras unidades de refino e determinaram então seis parâmetros importantes: segurança, importância do equipamento para o processo, custos de manutenção, frequência de falha, tempo de equipamento em reparo, e, condições de operação.

Estes parâmetros mencionados desdobram-se em adicionais doze parâmetros, que são utilizados quando se necessita de análises mais aprofundadas e específicas para determinado equipamento. São exemplos (BEVILACQUA E BRAGLIA, 2000, p.74): disponibilidade de equipamento reserva, tipo do equipamento, disponibilidade de componentes sobressalentes, e, propagação da falha.

Bevilacqua e Braglia (2000), enfatizam que a utilização de muitos parâmetros não provê maior precisão na decisão, neste sentido fazer uso de um número reduzido de parâmetros contribui para a redução da complexidade na análise e posterior decisão.

Assim, os parâmetros importantes para o estudo ora apresentado configura o que foi apreendido no levantamento bibliográfico, além de transpor os parâmetros e respectivos conceitos para a realidade do processo de armazenagem aqui focalizado. Os parâmetros adotados são:

- **Segurança:** ênfase na conservação da vida humana, suas capacidades além itens construtivos como equipamentos, instalações e ambiente na eventual ocorrência de falha

- (BEVILACQUA E BRAGLIA, 2000; KARDEC, FLORES E SEIXAS, 2002).
- **Produtividade:** é definida por Maximiano (2000, p. 116) como “a razão entre os recursos utilizados e os resultados obtidos”. Porém, no presente trabalho este parâmetro tem por objetivo indicar os efeitos de parada e redução de velocidade no processo, ocasionadas por falha em determinado sistema, ou ainda, o reflexo das falhas na produtividade do processo de armazenagem.
 - **Qualidade:** apesar da existência de inúmeras definições de qualidade, Maximiano (2000, p. 118) a observa como “a relação entre o volume de produção em conformidade com as especificações e o volume total de produção”. Todavia, este parâmetro refere-se à manutenção da qualidade dos grãos de soja acondicionados em unidades de armazenagem e no decorrer do processo. Entretanto, preocupa-se principalmente em apontar os decréscimos de qualidade oriundos de falhas nos sistemas. Em outras palavras indica o quão severos são os efeitos de uma falha no que diz respeito à qualidade.
 - **Frequência do problema:** período de tempo após o qual ocorre alguma falha. Diretamente relacionado ao TMEF – Tempo Médio Entre Falhas (BEVILACQUA E BRAGLIA, 2002).
 - **Taxa de ocupação:** indica o espaço de tempo em que o sistema encontra-se efetivamente em funcionamento. Possui relação com a disponibilidade que sob a ótica de Kardec, Flores e Seixas (2002, p. 79) é “a probabilidade de um sistema usado sob determinadas condições em operar satisfatoriamente por um período de tempo específico”. Algumas definições de disponibilidade, porém, também consideram o tempo ocioso do sistema ou equipamento.
 - **Mantenabilidade:** É a capacidade de um item ser mantido ou recolocado em condições de executar suas funções requeridas, sob condições determinadas e mediante procedimentos e meios prescritos ou previamente determinados, neste sentido merecem atenção: existência de sobressalentes, mão-de-obra disponível e qualificada, tempo gasto, custo de manutenção, entre outros aspectos (VIANA, 2002; KARDEC, FLORES E SEIXAS, 2002).

As alternativas: técnicas de manutenção

Garg e Deshmukh (2006) realizaram uma ampla revisão de literatura acerca da função e indicam como técnicas de manutenção: manutenção corretiva, manutenção preventiva, manutenção baseada na condição, e, manutenção preditiva. Conseqüentemente as referidas técnicas aparecem como alternativas ao presente trabalho. Para as técnicas de manutenção são adotados os conceitos constantes na lista a seguir:

- **Manutenção corretiva:** possui como característica principal a realização de intervenções somente quando o ocorre alguma falha em determinado equipamento ou sistema (BEVILACQUA E BRAGLIA, 2000). É a atuação para a correção da falha ou do desempenho menor que o esperado. Acarreta altos custos, uma vez que a quebra inesperada implica em perdas de produção, perda da qualidade do produto e elevados custos indiretos de produção (PINTO E XAVIER, 2000).
- **Manutenção preventiva:** para Garg e Deshmukh (2006, p. 214) a manutenção preventiva “consiste na realização de inúmeras tarefas realizadas com base no tempo, volume de produção ou ainda, baseado na vida útil de componentes”, também conhecida “como manutenção preventiva por tempo” conforme Tavares (1996, p.36). Bevilacqua e Braglia (2000) enfatizam que a manutenção preventiva toma por base a vida útil dos sistemas, equipamentos e componentes, tal vida útil é geralmente determinada pelos fabricantes dos mesmos. Este tipo de informação torna possível analisar o comportamento de um componente qualquer o que permite definir um planejamento periódico de manutenção

para os sistemas. Sobretudo, determina verificações, substituições e revisões em componentes. Possui como limitações, segundo Pinto e Xavier (2000, p.41): “incidência de falha humana, falha de sobressalentes, ocorrência de danos durante partidas e paradas, e, falhas nos procedimentos de manutenção”.

- **Manutenção baseada na condição:** autores como Tavares (1996) a reconhecem como manutenção preventiva por condição, entretanto, distintamente da preventiva tradicional é caracterizada por leituras de variáveis e grandezas que possuem limites pré-determinados e então quando não é possível sustentar o equipamento em níveis toleráveis de operação realiza-se a intervenção (GARG E DESHMUKH, 2006). Bevilacqua e Braglia (2006) ressaltam que a manutenção baseada na condição possui como pré-requisito a disponibilidade de sistemas de aquisição de informação e medição para realizar efetivamente o monitoramento do desempenho em tempo real. Dessa forma, o levantamento contínuo das condições de trabalho torna claro e fácil a detecção de situações anormais. Permite portanto realizar o controle ou se necessário, parar o equipamento antes da ocorrência da falha. Suas limitações são as mesmas que aquelas atribuídas à manutenção preventiva.
- **Manutenção preditiva:** Diferentemente da manutenção baseada na condição, a aquisição de informações e realização de leitura de variáveis e grandezas de controle ocorre para que seja encontrada uma tendência no comportamento de determinado sistema, assim, tal análise torna possível estender e até exceder os valores limite, observa-se ainda que os controladores procuram manter o sistema em condições aceitáveis de funcionamento (BEVILACQUA E BRAGLIA, 2000). Algumas situações são previamente viáveis para aplicação da manutenção preditiva, como por exemplo, “aspectos relacionados com a segurança pessoal e operacional, redução de custos pelo acompanhamento constante das condições dos equipamentos evitando intervenções desnecessárias, manter os equipamentos operando com segurança por mais tempo” (PINTO E XAVIER, 2000, p. 42).

4. Resultados

Depois de explicitados na hierarquia do processo de armazenagem o objetivo principal, objetivos intermediários, parâmetros e alternativas, foram realizadas as comparações através da escala proposta por Saaty a qual foi representada anteriormente no quadro 1. Sobretudo procurou-se observar a importância de cada parâmetro para os respectivos objetivos intermediários (sistemas do processo de armazenagem), no que diz respeito à manutenção, bem como o desempenho de cada alternativa (técnicas de manutenção) em relação aos parâmetros. Assim, foram estruturadas as matrizes de comparação como exemplifica a figura 4 abaixo, referente aos julgamentos do sistema de ensilagem.

<i>Ensilagem</i> =	1	7	1	5	1/3	3
	1/7	1	1/7	1/3	1/9	1/5
	1	7	1	5	1/3	3
	1/5	3	1/5	1	1/7	1/3
	3	9	3	7	1	5
	1/3	5	1/3	3	1/5	1

Figura 4 – Matriz de comparação para o sistema de ensilagem.

Com as matrizes estruturadas é possível realizar a síntese de prioridades, que resultou na atribuição de pesos aos objetivos intermediários, parâmetros e alternativas (técnicas), determinando assim sua importância relativa para o processo de armazenagem. As prioridades das alternativas em relação aos sistemas podem ser visualizadas no quadro 2, na próxima página.

	Manutenção Corretiva	Manutenção Preventiva	Manutenção Baseada na Condição	Manutenção Preditiva
Recebimento	5,48%	16,94%	30,07%	47,51%
Limpeza	5,24%	16,81%	28,41%	49,53%
Secagem	5,03%	21,97%	24,47%	48,53%
Ensilagem	4,93%	19,66%	24,81%	50,60%
Carregamento	5,19%	16,14%	26,74%	51,94%

Fonte: Autores.

Quadro 2 – Prioridades das alternativas para cada sistema, expressos em porcentagem.

É possível observar no quadro acima a predominância da técnica preditiva para todos os sistemas. A superioridade é justificada segundo as características da técnica, a qual busca através de equipamentos de controle evitar a realização de operações de manutenção, que ocorre mediante a correção de anormalidades com o sistema em funcionamento, ou seja, a intervenção não é intrusiva, como ocorre com as outras técnicas de manutenção. Sobretudo, é recomendada em situações onde há riscos de segurança do pessoal e patrimonial.

Contudo, não é possível a implantação da técnica no decorrer de todo o processo de armazenagem, devido ao alto custo de aquisição e implantação dos equipamentos de controle, bem como necessidade de elevada qualificação para operação e manutenção dos mesmos. Portanto, para selecionar as técnicas adequadas fez-se necessário recorrer às prioridades ao nível dos objetivos intermediários (sistemas) e parâmetros, conforme os quadros 3 e 4, respectivamente.

Recebimento	Limpeza	Secagem	Ensilagem	Carregamento
7,37%	19,52%	46,24%	19,52%	7,37%

Fonte: Autores.

Quadro 3 – Prioridades para cada sistema, expressos em porcentagem.

	Recebimento	Limpeza	Secagem	Ensilagem	Carregamento
Segurança	17,99%	8,17%	25,70%	20,03%	6,35%
Produtividade	17,99%	8,17%	9,96%	2,76%	15,98%

Qualidade	3,42%	8,17%	25,70%	20,03%	3,27%
Frequência do problema	9,40%	3,57%	2,99%	5,08%	15,98%
Taxa de ocupação	25,57%	51,01%	25,70%	42,28%	42,44%
Mantenabilidade	25,64%	20,89%	9,96%	9,81%	15,98%

Fonte: Autores.

Quadro 4 – Prioridades dos parâmetros para cada sistema, expressos em porcentagem.

Auxiliado pelo quadro 3, observa-se a relevância da secagem (46,24%) para o processo de armazenagem, enquanto que no quadro 4, segurança (25,70%), qualidade (25,70%) e taxa de ocupação (25,70%) revelam-se prioridades para o referido sistema, entretanto, a segurança, apresenta-se como mais crítica, uma vez que um mau funcionamento ocasiona riscos ao pessoal, equipamentos e conseqüentemente compromete a qualidade da soja em processo no sistema, além da taxa de ocupação certamente prejudicada por tais falhas de segurança e qualidade. Estes argumentos justificam a implantação da técnica preditiva, pois contribui para redução dos riscos à segurança (ocorrência de incêndios), qualidade e taxa de ocupação em virtude de mau funcionamento.

Para o sistema de ensilagem (19,52%) com importância relativa menor, porém com efeitos de mau funcionamento prejudiciais à taxa de ocupação (51,01%), segurança (20,03%) e qualidade (20,03%). No sistema de ensilagem indica-se a utilização da manutenção preventiva uma vez que tal técnica enfatiza o planejamento, programação e realização de verificações e revisões periódicas, isto é, baseadas no tempo, A técnica preventiva adquire maior conveniência no que diz respeito à qualidade, uma vez que não aguarda decréscimos de desempenho em equipamentos para intervir, tais decréscimos de desempenho na situação apresentada reduzem a qualidade da soja em processo ou acondicionada. Portanto, a técnica preventiva contribui para a conservação da qualidade da soja e da taxa de ocupação nos períodos posteriores à intervenção preventiva.

O sistema de limpeza (19,52%) possui importância relativa igual a ensilagem, mas apresentou diferentes prioridades, sendo elas: taxa de ocupação (42,28%) e manutenibilidade (20,89%). A prioridade no parâmetro manutenibilidade conduz ao uso da manutenção baseada na condição, devido a possibilidade de observar tendências no comportamento do sistema através de controle, apontando então o momento de realização de intervenção no qual os componentes defeituosos são substituídos ou revisados. A manutenção baseada na condição, não faz uso dos equipamentos de controle como a técnica preditiva, bem como não intervém em equipamentos e componentes do sistema que não apresentam desempenho abaixo do esperado, como técnica preventiva, reduzindo custo e tempo de execução, assim contribui para a manutenibilidade do sistema e ainda não prejudica a ocupação do sistema.

No sistema de recebimento (7,37%) apesar da sua relevância reduzida apresenta prioridades nos parâmetros manutenibilidade (25,64%), segurança (17,99%) e produtividade (17,99%). A manutenção do principal equipamento do sistema de recebimento, o tombador, tem intervenções realizadas pelo próprio fabricante, o que justifica a relevância da manutenibilidade. Este mesmo equipamento possui funcionamento hidráulico que somado à

sua construção e movimentação durante o funcionamento ocasionam riscos à segurança. Neste caso, visando melhorar a mantabilidade do sistema, foi indicada a manutenção baseada na condição, buscando informações acerca das condições ideais de desempenho com o fabricante, possibilitando o controle do referido equipamento, e ainda, utilizar serviços de manutenção terceirizada somente quando o mau funcionamento ou falha atingir determinada complexidade ou quando este serviço não provocar prejuízos à produtividade.

Também com relevância reduzida em relação aos demais sistemas, o sistema de carregamento (7,37%) tem como prioridades os parâmetros taxa de ocupação (42,44%) e frequência do problema (15,98%). As características do sistema não apontam para a utilização das técnicas preditiva, preventiva ou baseada na condição, mesmo havendo funcionamento contínuo e problemas frequentes, pois estes últimos têm resolução rápida e de baixo custo não afetando a utilização do sistema (taxa de ocupação), portanto foi considerada como técnica mais adequada para o sistema de carregamento a manutenção corretiva.

5. Conclusão

É evidente a necessidade em prosseguir nesta pesquisa enfatizando diferentes equipamentos de cada sistema, aprofundar a pesquisa até que seja possível apontar uma técnica de manutenção para cada componente, segundo suas características e necessidades, ou ainda utilizar novos parâmetros, reformulá-los, substituí-los, agregar outras técnicas de manutenção e tendências relativas à função manutenção, mediante uso do Método de Análise Hierárquica.

O trabalho ora apresentado contribuiu para desencadear a organização e gestão da manutenção do processo de armazenagem de soja através da seleção de técnicas adequadas para cada sistema do referido processo. Esta pesquisa provocou instabilidade na unidade de armazenagem onde foi realizada, impelindo pessoas a buscar novas informações, gerando questionamentos sobre planejamento e programação e manutenção, gestão de sobressalentes, bem como outras atividades relacionadas à função manutenção.

Referências

- BEVILACQUA, M.; BRAGLIA, M.** *The analytic hierarchy process applied to maintenance strategy selection.* Reliability Engineering and System Safety, n. 70, p. 71-83, 2000.
- CHOLASUKE, C.; BHARDWA, R.; ANTONY, J.** *The status of maintenance management in UK manufacturing organizations: results from a pilot survey.* Journal of Quality in Maintenance Engineering, v 10, n. 1, p. 5-15, 2004.
- COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO – CONAB.** *Acompanhamento da safra brasileira grãos – intenção e plantio segundo levantamento de novembro de 2007.* Brasília: CONAB, 2007. Disponível em: <<http://www.conab.gov.br>>. Acesso: Novembro de 2007.
- DALL’AGNOL, A. et al.** *O complexo agroindustrial da soja brasileira.* Londrina: EMBRAPA, 2007. (Circular Técnica n.43). Disponível em: <<http://www.embrapa.gov.br>>. Acesso em: Novembro de 2007.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA – EMBRAPA.** *A soja no Brasil.* Londrina: EMBRAPA, 2007. Disponível em: <<http://www.cnpsa.embrapa.br/index>>. Acesso em: Novembro de 2007.
- GARG, A; DESHMUKH, S. G.** *Maintenance management: literature review and directions.* Journal of Quality in Maintenance Engineering, v. 12, n. 3, p. 205-238, 2006.
- JONSSON, P.** *The status of maintenance management in Swedish manufacturing firms.* Journal of Quality in Maintenance, v. 3, n. 4, p. 233-258, 1997.
- KARDEC, A.; FLORES, J. F.; SEIXAS, E.** *Gestão estratégica e indicadores de desempenho.* Rio de Janeiro: Qualitymark, 2002. 120 p.
- LUFT, C. P.** *Dicionário da língua portuguesa.* 20. ed. São Paulo: Ática, 2000.

- MAXIMIANO, A. C. A.** *Introdução à administração*. 5. ed. rev. e ampl. São Paulo: Atlas, 2000. 546 p.
- PINTO, A. K.; XAVIER, J. A. N.** *Manutenção: função estratégica*. Rio de Janeiro: Qualitymark, 2000. 341p.
- RIBEIRO, A. C.; COSTA, H. G.** *Emprego do Método de Análise Hierárquica (AHP) na distribuição de custos indiretos: Uma proposta para a pequena e média empresa*. In: ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, 19, 1999, Rio de Janeiro. Anais... Rio de Janeiro: ABEPRO, 1999.
- SAATY, T. L.** *Método de Análise Hierárquica*. Rio de Janeiro: Makron Books, 1991.
- TAVARES, L. A.** *Excelência na Manutenção: Estratégias para Otimização e Gerenciamento*. Salvador: Casa da Qualidade, 1996.
- TRANTAPHYLLOU, E. et al.** *Determining the most important criteria in maintenance decision making*. Journal of Quality in Maintenance Engineering, v. 8, n. 1, p. 16-24, 1997.
- TSANG, A. H. C.** *Strategic dimensions of maintenance management*. Journal of Quality in Maintenance Engineering, v. 8, n. 1, p. 7-39, 2002.
- VAIDYA, O. S.; KUMAR, S.** *Analytic hierarchy process: An overview of applications*. European Journal of Operational Research, v. 169, p. 1-29, 2006.
- VIANA, H. R. G.** *PCM: Planejamentos e Controle de Manutenção*. Rio de Janeiro: Qualitymark, 2002. 192p.