



Seleção de técnicas de manutenção para processo de armazenagem pelo Método de Análise Hierárquica

Maintenance techniques selection for grains storage unit apply Analytic Hierarchy Process

Jaime André Ramos Filho

Mestre em Engenharia de Produção – UTFPR

Universidade Tecnológica Federal do Paraná – UTFPR

Coordenação de Mecânica – COMEC

Avenida Monteiro Lobato, km 04 – Jardim Pitangui – Ponta Grossa – PR

CEP: 84016-210 Telefone: (42) 3220-4828

jaramos@onda.com.br

Mauricio João Atamanczuk

Mestre em Engenharia de Produção – UTFPR

Universidade do Centro Oeste – UNICENTRO

Departamento de Administração – DEADM

Rodovia PR 153, km 7 – Riozinho – Irati – PR

CEP: 84.500-000 Telefone: (42) 3421-3000

mauricioata@yahoo.com.br

Rui Francisco Martins Marçal

Doutor em Engenharia de Minas, Metalúrgica e de Materiais –UFRGS

Universidade Tecnológica Federal do Paraná – UTFPR

Programa de Pós Graduação em Engenharia de Produção – PPGE

Avenida Monteiro Lobato, km 04 – Jardim Pitangui – Ponta Grossa – PR

CEP: 84016-210 Telefone: (42) 3220-4805

marcal@utfpr.edu.br



RESUMO

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 pelo 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-se que a técnica mais adequada para todo o 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 de manutenção preventiva e baseada na condição.

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

ABSTRACT

This paper aims an application of the Analytic Hierarchy Process (AHP) for selecting an appropriate maintenance techniques for a grains storage unit, especially soybeans, regarding to the stages and specific characteristics. Four alternatives are considered: corrective, preventive, predictive and condition-based maintenance. The parameters analyzed were: productivity, quality, failure frequency, operating conditions and maintainability. The stages of grains storage unit evaluated were: receiving, cleaning, drying, ensilage and loading. Concluded that the most appropriate technique for the whole grains storage unit is the predictive maintenance, because its characteristics prevailed. But to apply predictive maintenance in every stage of grains storage unit isn't feasible, then, argued about the use of preventive and condition-based maintenance techniques.

Keywords: Analytic Hierarchy Process, maintenance techniques, grains storage.

1. INTRODUÇÃO

Atualmente, estão entre as atividades mais rentáveis a agricultura e a agroindústria nacionais, em cujos segmentos se destaca a soja como a cultura de maior importância econômica. Em um contexto histórico, deste a década de 1970 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. 03) "superior a 55 milhões de toneladas". Em concordância, a Companhia Nacional de Abastecimento - CONAB (2008, p. 07) prevê "para a safra entre os anos de 2008 e 2009 produção de aproximadamente 59 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 não se refere somente à forma de plantio ou melhorias na qualidade da semente, entre outros avanços específicos na cultura da soja, mas também diz respeito 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 são praticamente inexistentes, refletidas na ausência de controle e na utilização apenas da técnica de manutenção corretiva. Entretanto, apesar da 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 contribui para o pagamento desta conta.

Neste sentido, o presente estudo 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 estudo 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 nos quais faz-se 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 L. Saaty (1991; 2003; 2006) e procura reproduzir o raciocínio humano em situações que envolvem complexidade e subjetividade, faz isto por meio da comparação de elementos de um conjunto, baseando-se na percepção de analistas. É utilizado, sobretudo em situações cuja obtenção da solução exige o conhecimento das consequências mais relevantes, dos objetivos mais importantes e as alternativas adequadas para aplicações práticas. Como resultado o Método de Análise Hierárquica atribui pesos numéricos à objetivos, parâmetros e alternativas estipuladas anteriormente.

Vaidya, Kumar (2006) e Ho (2008), 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: planejar, selecionar a melhor alternativa, alocar recursos, resolver conflitos e otimizar processos.

Para atingir os resultados e conseqüentemente resolver os problemas propostos o Método de Análise Hierárquica é segmentado em etapas, sendo elas (SAATY, 1991; HO 2008):

1. Construção da hierarquia;
2. Síntese de prioridades;
3. Verificação de consistência.

De outra forma, Ribeiro e Costa (1999, p. 8) apontam as tarefas desenvolvidas 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, nos quais são avaliados cada parâmetro e o desempenho de cada alternativa baseada nos mesmos;



- Síntese dos dados levantados nos julgamentos, mediante cálculo da prioridade de cada alternativa em relação ao foco ou objetivo principal.

Na primeira etapa do procedimento de análise, Saaty (1991) determina que no Método de Análise Hierárquica o problema deve ser estruturado sob forma de hierarquia, esta definida como um sistema de níveis estratificados, cada nível, por sua vez, consiste de fatores específicos. Reúne os objetivos, parâmetros e alternativas encontradas em uma situação como 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 por meio das quais se pretende alcançar o objetivo, compreendendo a estruturação e decomposição do problema. A figura 1 representa uma estrutura hierárquica básica conforme a descrição.

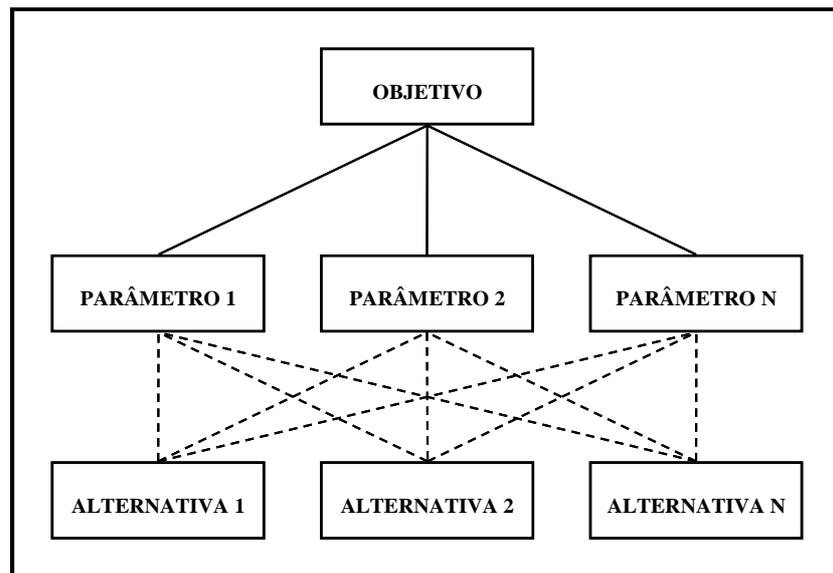


Figura 1 – Estrutura hierárquica básica (SAATY, 1991).

Partindo da estrutura hierárquica inerente ao problema proposto são constituídas as matrizes de julgamento, onde são comparados de forma paritária ou binária os inúmeros parâmetros (P_1, P_2, \dots, P_n), alternativas (A_1, A_2, \dots, A_n) e demais itens necessários à resolução do mesmo. Em outras palavras, cada nível, assim como todos os itens da estrutura hierárquica são comparados entre si, par a par.



As matrizes utilizadas no Método de Análise Hierárquica possuem natureza recíproca. Nestas matrizes recíprocas, para cada elemento a_{ij} , corresponde um elemento $a_{ji} = 1/a_{ij}$, bem como os elementos $a_{ii} = 1$ (LÓPEZ, REQUENA E GIMÉNEZ, 2008). A figura 2 representa uma matriz recíproca genérica.

$$A = \begin{vmatrix} 1 & a_{12} & \dots & a_{1n} \\ a_{21} = 1/a_{12} & 1 & \dots & a_{2n} \\ \dots & \dots & 1 & \dots \\ a_{n1} = 1/a_{1n} & a_{n2} = 1/a_{2n} & \dots & 1 \end{vmatrix}$$

Figura 2 – Matriz recíproca genérica.

Contudo, as matrizes recíprocas de julgamento preparadas para o Método de Análise Hierárquica possuem formatação específica, segundo suas necessidades, facilitando a atividade de comparação. Tal formatação é visualizada na figura 3, na qual as alternativas hipotéticas (A_1, A_2, \dots, A_n), são comparadas entre si, com referência ao parâmetro (P_k), também hipotético.

P_k	A_1	A_2	...	A_n
A_1	1	a_{12}	...	a_{1n}
A_2	$a_{21} = 1/a_{12}$	1	...	a_{2n}
...	1	...
A_n	$a_{n1} = 1/a_{1n}$	$a_{n2} = 1/a_{2n}$...	1

Figura 3 – Matriz recíproca com a formatação específica para o MAH, com exposição do parâmetro (P_k) e alternativas (A_1, A_2, \dots, A_n).

Cada elemento da matriz ($a_{12}, a_{21}, a_{1n}, a_{2n}, a_{n1}, a_{n2}$, etc) representa a importância relativa de uma alternativa (A_1) em relação às outras (A_2, \dots, A_n), expressa por meio de um valor numérico. Esta tarefa chama-se julgamento comparativo e para sua realização é imprescindível o uso da escala de comparação desenvolvida por Saaty (2006), a qual é explicitada na tabela 1.

Tabela 1 – Escala de comparação (SAATY, 2006).

Intensidade da importância	Definição	Explicação
1	A_i tem igual importância que A_j .	Duas atividades contribuem igualmente para o objetivo.
3	A_i levemente mais importante que A_j .	Experiência e julgamento favorecem ligeiramente uma atividade em relação à outra.
5	A_i mais importante que A_j .	Experiência e julgamento favorecem



		fortemente uma atividade em relação à outra.
7	A_i muito mais importante que A_j .	Uma atividade é fortemente favorecida e sua dominância é demonstrada na prática.
9	A_i extremamente mais importante que A_j .	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.

Para o preencher a matriz o analista atua por linhas. O que este reconhece no princípio é que a diagonal principal da matriz (elementos a_{ii}) é ocupada com o valor “1”, pois trata da comparação de um elemento por ele mesmo. Então, após preencher a diagonal principal, a partir da primeira linha da matriz o analista questiona qual a importância do item desta linha, em relação a cada item existente em todas as colunas (WOLF, 2008).

De maneira geral, o questionamento a se realizar é (WOLF, 2008): Qual importância do parâmetro 1 em relação ao parâmetro 2? Seguida de outra opção mais específica: Quanto mais importante é a contribuição do item “ A_i ” para o objetivo ou parâmetro avaliado que o item “ A_j ”?

Com base na escala de comparação explicitada na tabela 1, se o item “ A_i ” for levemente mais importante que o item “ A_j ”, o elemento “ a_{ij} ” será ocupado pelo valor “3” e o elemento “ a_{ji} ” ocupado pelo valor “1/3” respectivamente, segundo a característica de reciprocidade das matrizes empregadas no Método de Análise Hierárquica. Em outras palavras, o valor expresso no elemento “ a_{ij} ” representa a importância relativa do item “ A_i ” para o “ A_j ”, e “ a_{ji} ” representa a importância relativa do item “ A_j ” para o “ A_i ”.

As comparações entre alternativas repetem-se para cada parâmetro, assim como são repetidas entre os parâmetros para todos os objetivos constantes na estrutura hierárquica relativa ao problema determinado.

Uma vez concluídas a etapa de concepção da estrutura hierárquica, por meio da determinação dos objetivos, parâmetros e alternativas viáveis, bem com a resolução da atividade de preenchimento das matrizes de julgamento, com as comparações entre parâmetros e alternativas, faz-se necessário o desenvolvimento da etapa de síntese de prioridades, quando são obtidos os autovetores ou vetores de prioridades daqueles parâmetros e alternativas anteriormente julgados, o que conduz a decisão, ou resolução do problema proposto.



Os autovetores, desta etapa de síntese exprimem a contribuição de cada parâmetro e alternativa para o alcance do objetivo. Todavia, para sua determinação são realizadas as manipulações matemáticas, conforme as explanações a seguir.

Primeiramente, os autovetores são estimados mediante a equação 1, como apontam Costa, Brazil, Oliveira (2003) e Saaty (2006).

$$W_i = \left(\prod_{j=1}^n a_{ij} \right)^{1/n}$$

Equação 1 – Estimação dos autovetores ou vetores de prioridade mediante média geométrica.

O autovetor da linha “ W_i ” é obtido pelo produto “ \prod ” dos elementos “ a_{ij} ” desde a coluna “ $j=1$ ” até “ n ” número de elementos.

Depois, estes autovetores estimados por meio da equação 1 são então normalizados por intermédio das razões, conforme explicitado na equação 2, segundo Costa, Wanderley, Consenza (2005) e Saaty (2006). A normalização contribui para que as somas dos elementos constituintes das matrizes expressem unidades, possibilitando o uso de porcentagens na exposição dos autovetores.

$$T = \left| \begin{array}{cccc} \frac{W_1}{\sum W_i} & \frac{W_2}{\sum W_i} & \dots & \frac{W_n}{\sum W_i} \end{array} \right|$$

Equação 2– Normalização dos autovetores ou vetores de prioridade.

Obtém-se os autovetores coluna normalizados mediante a razão de cada autovetor linha (W_1, W_2, \dots, W_n) calculado pela equação 2, e soma destes mesmos autovetores linha ($\sum W_i$). Cada autovetor coluna calculado compõe a matriz coluna “ T ”.

Por fim, na etapa de síntese de prioridades, os autovetores calculados para os objetivos, parâmetros e alternativas são ordenados segundo as prioridades obtidas, estipuladas a partir das características refletidas em determinada situação, por isso tais valores atribuídos recebem o nome de vetores de prioridade (SAATY, 1991; 2006).

Os vetores de prioridade efetuados para cada alternativa devem ser multiplicados pelo respectivo parâmetro e posteriormente somados entre si.

Contudo, para que a decisão ocorra com correção é indispensável a observância da inconsistência nas comparações, ou, a verificação da consistência das matrizes de julgamento, esta, assim como a obtenção dos autovetores demandam manipulações matemáticas conforme exposto no tópico que segue.

2.1 Consistência do Método de Análise Hierárquica



Quando o Método de Análise Hierárquica é aplicado em ambientes cujas decisões tomadas possuem elevado grau de importância, como por exemplo, na esfera industrial, os resultados alcançados demandam as seguintes características: confiabilidade e precisão. Do contrário, tais resultados, que contém erros, acarretam riscos maiores para as organizações. Então, as informações e decisões decorrentes destas são desconsideradas. Portanto a existência de erros conduz para decisões sem confiabilidade e precisão.

No Método de Análise Hierárquica, um erro comum ocorre durante os julgamentos paritários dos elementos nas matrizes de comparação. Por exemplo, um elemento hipotético “A” possui maior importância do que um suposto elemento “B”, este por sua vez é mais importante que um terceiro elemento “C”. O elemento “C” possui maior ou igual importância que o elemento “A” (OZDEMIR E SAATY, 2006).

Esse erro ocorre quando o número há grande quantidade de elementos ou quando a importância relativa dos elementos “A, B e C” é muito próxima sem possibilitar a distinção entre os mesmos, então os resultados provenientes são ineficazes, trazendo efeitos danosos à posterior decisão (SAATY, 1991).

A dimensão de confiabilidade e precisão, que contribui para avaliação da eficácia dos resultados do Método de Análise Hierárquica chama-se consistência, contudo, a consistência total ou perfeita dificilmente se obtém, pois não existe uma estrutura que possibilite o controle da qualidade das decisões, porém Saaty (2003) argumenta que fazer o monitoramento matemático da ocorrência dos erros faculta às decisões proximidade da consistência, suficiente para a validade dos resultados.

Saaty (2003) demonstra que para haver consistência perfeita é necessário que o autovalor máximo “ λ max” calculado mediante operações algébricas seja igual ao número de parâmetros “n” existentes na matriz de comparação, assim quanto mais próximo o “ λ max” de “n” mais consistente o resultado. Entretanto, satisfazer tal condição é difícil, então existe um recurso algébrico utilizado para estimar o desvio de consistência, reconhecido como Índice de Consistência (IC). Antes, sobretudo do Índice de Consistência é necessário o cálculo do autovalor máximo (λ max) conforme a equação 3:

$$\lambda \max = T.w \quad \text{Equação 3 – Cálculo do autovalor máximo.}$$



O autovalor máximo “ λ Max” é efetuado mediante o produto da matriz coluna “T” pela matriz linha “w” proveniente das somas das diferentes colunas das matrizes de julgamento.

Então, mediante a aplicação da equação 4, efetua-se o Índice de Consistência (SAATY, 2003):

$$IC = \frac{(\lambda \max - n)}{(n - 1)} \quad \text{Equação 4 - Índice de Consistência.}$$

Os termos representados acima são o Índice de Consistência – IC o autovalor máximo (λ máx) e o número de critérios ou parâmetros (n) existentes. Este índice contribui para a obtenção da chamada por Saaty (1991, 2003) da medida da má consistência, ou a Razão de Consistência.

A Razão de Consistência (RC) como o próprio nome revela, compreende na divisão entre o Índice de Consistência (IC) anteriormente exposto e do Índice Randômico ou Aleatório (IR) obtido com auxílio de uma tabela, a qual decorre de uma matriz recíproca e positiva gerada randomicamente e, deve variar de acordo com a ordem de cada matriz, ou seja, segundo o número de parâmetros da mesma. A equação 5 referente ao cálculo da Razão de Consistência e a tabela 2 do Índice Randômico (IR) encontram-se explícitas abaixo (SAATY, 2003).

$$RC = \frac{IC}{IR} \quad \text{Equação 5 - Razão de Consistência .}$$

Tabela 2 – Índice Randômico conforme a ordem da matriz (SAATY, 1991; 2003).

n	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
IR	0,0	0,0	0,58	0,90	1,12	1,24	1,32	1,41	1,45	1,49	1,51	1,48	1,56	1,57	1,59

Após a realização das manipulações matemáticas, quanto mais próxima de zero for a razão, mais próxima de ser consistente a matriz, todavia, é razoável considerá-las como tal quando a razão for menor que 0,10, ou 10%, assim, afirma-se que a inconsistência do julgamento é de 10%.

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, para a necessidade de 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 da técnica de manutenção corretiva.

Ademais, as referidas observações auxiliaram na divisão dos sistemas do processo de armazenagem, além de contribuírem para o reconhecimento deste processo de armazenagem, representado neste trabalho como os objetivos intermediários (recebimento, limpeza, secagem, ensilagem, carregamento), os quais são discorridos 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), esta hierarquia formada por quatro níveis, representada graficamente na figura 4 e posteriormente explicitada.

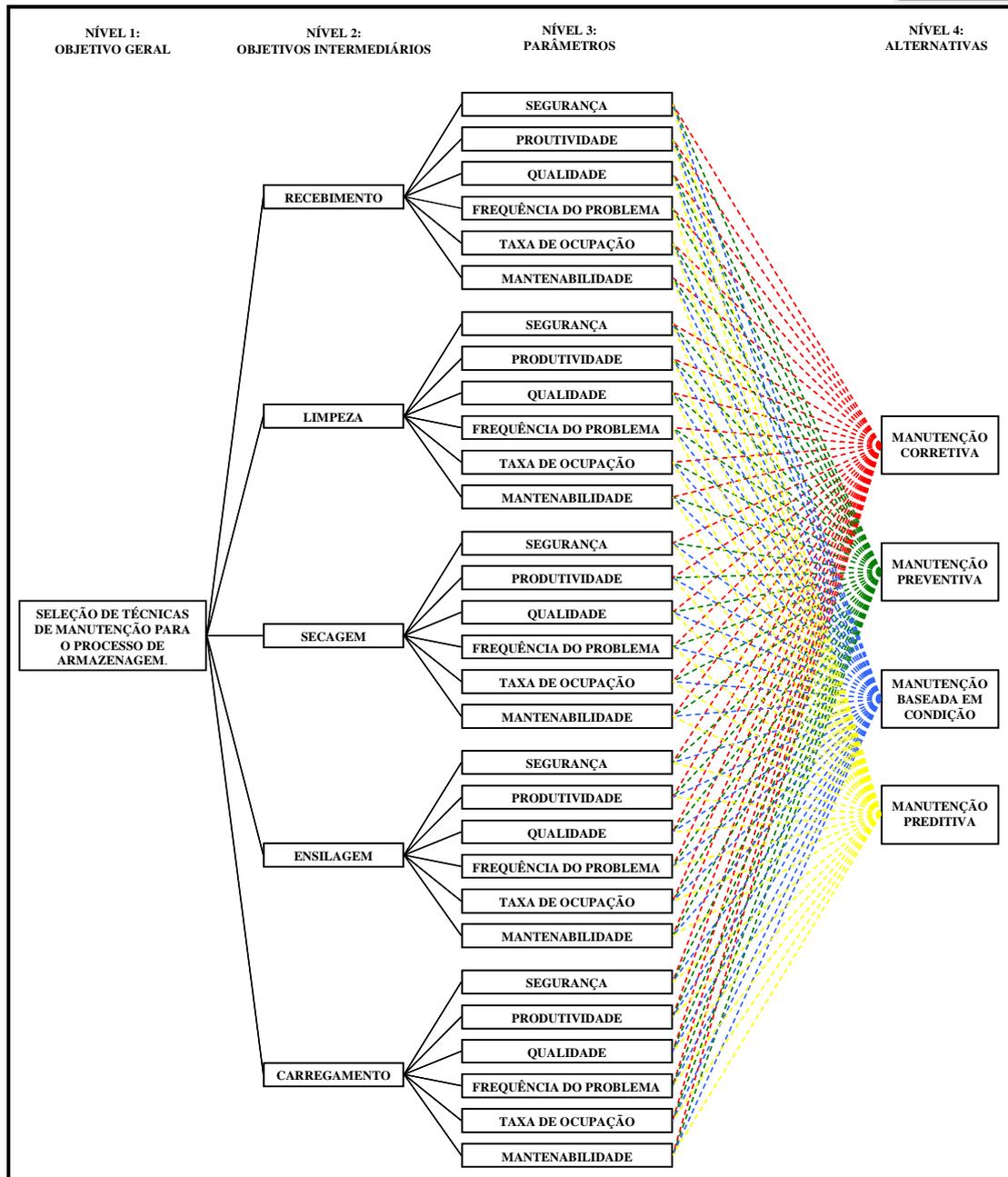


Figura 4 - Hierarquia do processo de armazenagem.

3.1 Os objetivos intermediários: processo de armazenagem

O processo de armazenagem é bem mais complexo do que se supõe, uma vez que não consiste simplesmente no desembarque de grãos de soja de caminhões ou trens e dispô-los em armazéns e silos. Ou seja, para o cumprimento do objetivo que é acondicionar os grãos de soja nos silos, ocorre uma série de etapas, aqui chamados sistemas, em que são obtidas características ótimas para a armazenagem da soja. Existem ainda grandezas a serem



controladas no período em que os grãos de soja ficam acondicionados em silos e armazéns, em um período que pode ultrapassar cinco meses.

Teixeira (2006, p.14), fraciona o processo de armazenagem 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 5, que representa o fluxo do processo de armazenagem.

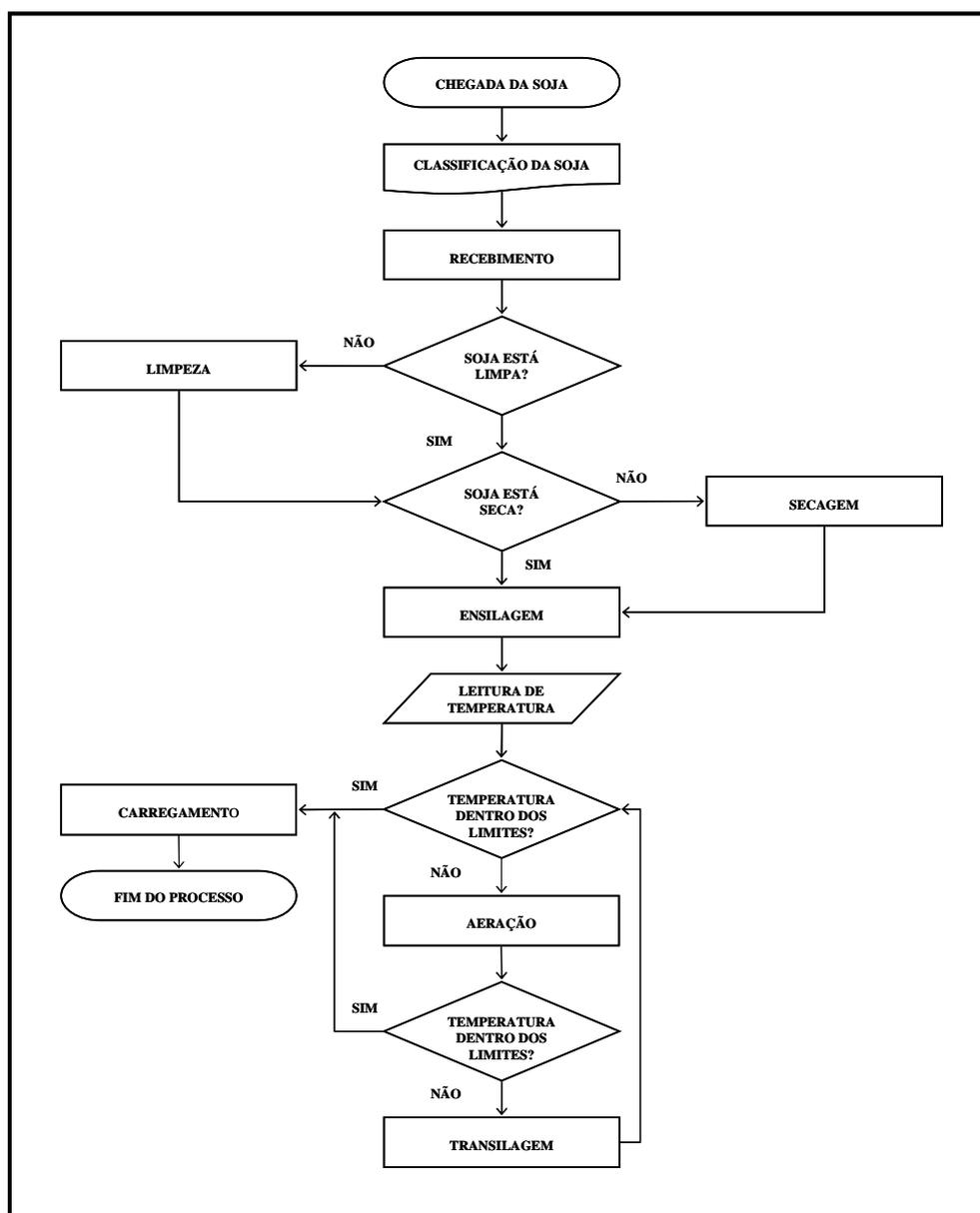


Figura 5 - Fluxograma do processo de armazenagem da soja.

O primeiro sistema no fluxo do processo é o recebimento, para cuja efetivação faz-se necessária a classificação da soja no instante da sua chegada à unidade de armazenagem, que



segundo Alencar (2006) configura-se no momento em que a soja é avaliada por técnicos que analisam 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, efetuado com o auxílio de tombadores, que são plataformas dotadas de atuadores hidráulicos que tornam mais rápido o procedimento. Além dos tombadores, o sistema de recebimento é formado por moegas, transportadores de correia, transportadores de corrente e elevadores de canecas (TEIXEIRA, 2006). A capacidade do sistema é estipulada em 600 toneladas por hora.

Imediatamente posterior ao recebimento encontra-se 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 (WEBER, 1995).

Esta atividade é realizada nas máquinas de limpeza por meio de peneiras graduadas dotadas de movimentos vibratórios e longitudinais e contribuem para o aumento da qualidade da soja e redução do risco de incêndio e, em decorrência, evita possíveis acidentes (TEIXEIRA, 2006). O sistema de limpeza também é formado por transportadores de corrente, transportadores de correia e elevadores de canecas, com 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, tem o objetivo de 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, de modo que é controlado por meio 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 o não aproveitamento dos grãos de soja e até causar incêndios (TEIXEIRA, 2006).



Após a realização da limpeza e secagem, os grãos de soja já se encontram em condições adequadas 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 mediante 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 pelos termorresistores a elevação de temperatura ou umidade, aciona-se o sistema auxiliar de aeração, do qual provê um fluxo de ar oriundo de ventiladores que atravessa entre os grãos de soja reduzindo a temperatura e umidade. Ressalte-se, entretanto, que essa atividade é lenta e onerosa (TEIXEIRA, 2001; ALENCAR, 2006).

Quando a aeração não consegue equilibrar a 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 dos grãos de soja no processo de armazenagem, caracterizando-se pelo 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 situados em áreas centrais dos armazéns, onde o fluxo de ar proveniente dos ventiladores não é eficaz (TEIXEIRA, 2001; ALENCAR, 2006).

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. É quando, então, se utiliza a 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 que são, afinal, 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), auxiliados por métodos de decisão multicritérios, selecionaram alguns parâmetros dentre os existentes na literatura, como custo, manutenibilidade, disponibilidade e confiabilidade, destacando e concluindo que a importância relativa de cada um depende, principalmente, da situação que se apresenta.

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.

Tsang (2002) destinou sua pesquisa aos aspectos gerenciais da função manutenção, enquanto que no estudo ora apresentado os parâmetros encontram-se inseridos 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), que pesquisaram 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 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.

Tais parâmetros 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”. Os autores 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 de 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, preocupa-se 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; 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 determinado. 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).

3.3 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 listagem a seguir:

- **Manutenção corretiva:** possui como característica principal a realização de intervenções somente quando 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 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, geralmente determinada pelos seus fabricantes. 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 por meio da escala proposta por Saaty (1991) que foi representada anteriormente no tabela 1. Sobretudo se procurou 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 6 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 6 - 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 então sua importância relativa para o processo de armazenagem. As prioridades das alternativas em relação aos sistemas podem ser visualizadas na tabela 3.

É possível observar na tabela 3 a predominância da técnica preditiva para todos os sistemas. A superioridade é justificada segundo as características da técnica, a qual busca com o auxílio 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, e é recomendada em situações nas quais há riscos de segurança do pessoal e patrimonial.

Tabela 3 - Prioridades das alternativas em relação aos sistemas do processo de armazenagem.

	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%

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 sua operação e manutenção. Portanto, para selecionar as técnicas adequadas fez-se necessário recorrer às prioridades no nível dos objetivos intermediários (sistemas) e parâmetros, conforme as tabelas 4 e 5, respectivamente.

Tabela 4 - Prioridades para os sistemas do processo de armazenagem.



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

Tabela 5 - Prioridades dos parâmetros em relação aos sistemas do processo de armazenagem.

	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%
Mantabilidade	25,64%	20,89%	9,96%	9,81%	15,98%

Auxiliado pela tabela 4, observa-se a relevância da secagem (46,24%) para o processo de armazenagem, enquanto que, na tabela 5, segurança (25,70%), qualidade (25,70%) e taxa de ocupação (25,70%) revelam-se prioridades para o referido sistema.

Entretanto, a segurança na secagem apresenta-se como mais crítica, uma vez que o funcionamento inadequado 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. Esses 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, já 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 à ensilagem, mas apresentou diferentes prioridades, sendo elas: taxa de ocupação (42,28%) e mantabilidade (20,89%). A prioridade no parâmetro mantabilidade conduz ao uso da manutenção baseada



na condição, devido à possibilidade de observar tendências no comportamento do sistema mediante controle, apontando então o momento de realização de intervenção quando 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, contribuindo, assim, para a manutenibilidade do sistema e ainda não prejudica a ocupação do sistema.

O 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 manutenibilidade 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 freqüentes, 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

A necessidade de prosseguir nesta pesquisa enfatizando diferentes equipamentos de cada sistema para apontar uma técnica de manutenção a 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 foi evidenciada.

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

REFERÊNCIAS

- ALENCAR, E. R. **Efeitos das condições de armazenagem sobre a qualidade da soja (*Glycine Max (L.) MERRILL*) e do óleo bruto**. 2006. 117f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2006.
- 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 – terceiro levantamento, dezembro de 2008**. Brasília: CONAB, 2008. Disponível em: <<http://www.conab.gov.br>>. Acesso: Dezembro de 2008.
- COSTA, J. F. da S.; BRAZIL, C. H. A.; OLIVEIRA, M. B. Metodologia multicritério e ECR: utilização no mercado varejista. **Produção**, Rio de Janeiro, v.13, n.2, p. 144-122, 2003.
- COSTA, J. F. da S.; WANDERLEY, A. J. M.; CONSENZA, C. A. N. Utilização de algoritmos genéticos em metodologia multicritério: uma solução para inconsistência matricial. **Gestão Industrial**, Ponta Grossa, v.1, n.4, p. 519-527, 2005.
- 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.cnpso.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.
- HO. W. Integrated analytic hierarchy process and its applications: A literature review. **European Journal of Operational Research**, v. 186, p. 211-228, 2008.
- JONSSON, P. The status of maintenance management in Swedish manufacturing firms. **Journal of Quality in Maintenance Engineering**, 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.
- LÓPEZ, C. P.; REQUENA, J. C.; GIMÉNEZ, T. de H. A systemic comparative assessment of the multifunctional performance of alternative olive systems in Spain within an AHP extended framework. **Ecological Economics**, Granada, Spain, v. 64, p. 820-834, 2008.
- 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.
- OZDEMIR, M. S.; SATTY, T. L. The unknown in decision making: What to do about it. **European Journal of Operational Research**, Eskisehir, Turkey, v. 174, p. 349-359, 2006.
- 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.
- SAATY, T. L. Decision-making with the AHP: Why is the principal eigenvector necessary. **European Journal of Operational Research**, v. 145, p. 85-91, 2003.
- SAATY, T. L. Rank from comparisons and from ratings in the analytic hierarchy / network process. **European Journal of Operational Research**, v. 168, p. 557-570, 2006.
- TAVARES, L. A. **Excelência na Manutenção: Estratégias para Otimização e Gerenciamento**. Salvador: Casa da Qualidade, 1996.
- TEIXEIRA, G. V. **Avaliação das perdas qualitativas no armazenamento da soja**. 2001. 97f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) – Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2001.
- TEIXEIRA, C. A. **Avaliação energética e de custo em unidades armazenadoras**. 2006. 333f. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2006.
- 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.
- WEBER, E. A. **Armazenagem agrícola**. Porto Alegre: Kepler Weber Industrial, 1995. 400p.



WOLF, C. S. **O método AHP:** revisão conceitual e proposta de simplificação. 2008. 138f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Industrial) – Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2008.

Artigo recebido em 07/07/2009 e aceito para publicação em 12/03/2010