

UNESP – UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA

“JULIO MESQUITA FILHO”

Faculdade de Engenharia – Campus Bauru

Departamento de Engenharia de Produção

RODNEI CANIZELLA

**ANÁLISE DAS PERDAS NA PRODUÇÃO CONTÍNUA DE EXTRAÇÃO DE ÓLEO
DE SOJA: ESTUDO DE CASO NO MÉTODO DE EXTRAÇÃO POR SOLVENTE**

**Bauru - SP
2012**

RODNEI CANIZELLA

**ANÁLISE DAS PERDAS NA PRODUÇÃO CONTÍNUA DE EXTRAÇÃO DE ÓLEO
DE SOJA: ESTUDO DE CASO NO MÉTODO DE EXTRAÇÃO POR SOLVENTE**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção, da Faculdade de Engenharia da UNESP – Universidade Estadual Paulista “Julio Mesquita Filho”, Campus Bauru, como requisito para obtenção do grau de mestre em Engenharia de Produção.

ORIENTADOR: Prof. Dr. Manoel Henrique Salgado

COORIENTADOR: Prof. Dr. José de Souza Rodrigues

**Bauru - SP
2012**

Canizella, Rodnei.

Análise das perdas na produção contínua de extração de óleo de soja: estudo de caso no método de extração por solvente / Rodnei Canizella, 2012

74 f.

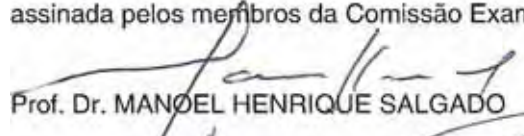
Orientador: Manoel Henrique Salgado

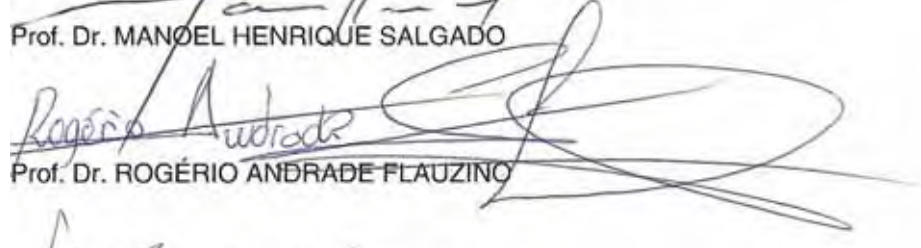
Dissertação (Mestrado)—Universidade Estadual Paulista. Faculdade de Engenharia, Bauru, 2012

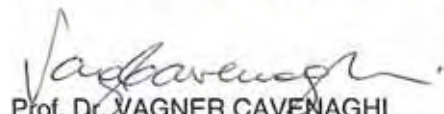
1. Produção contínua. 2. Extração de óleo. 3. Soja. I. Universidade Estadual Paulista. Faculdade de Engenharia. II. Título.

ATA DA DEFESA PÚBLICA DA DISSERTAÇÃO DE MESTRADO DE RODNEI CANIZELLA, DISCENTE DO PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, DO(A) FACULDADE DE ENGENHARIA DE BAURU.

Aos 23 dias do mês de julho do ano de 2012, às 08:30 horas, no(a) ANFITEATRO DA SEÇÃO DE PÓS-GRADUAÇÃO DA FACULDADE DE ENGENHARIA, reuniu-se a Comissão Examinadora da Defesa Pública, composta pelos seguintes membros: Prof. Dr. MANOEL HENRIQUE SALGADO do(a) Departamento de Engenharia de Produção / Faculdade de Engenharia de Bauru - UNESP, Prof. Dr. ROGÉRIO ANDRADE FLAUZINO do(a) Departamento de Engenharia Elétrica / Escola de Engenharia de São Carlos - USP, Prof. Dr. VAGNER CAVENAGHI do(a) Departamento de Engenharia de Produção / Faculdade de Engenharia de Bauru - UNESP, sob a presidência do primeiro, a fim de proceder a arguição pública da DISSERTAÇÃO DE MESTRADO de RODNEI CANIZELLA, intitulada "ANÁLISE DAS PERDAS NA PRODUÇÃO CONTÍNUA DE EXTRAÇÃO DE ÓLEO DE SOJA: ESTUDO DE CASO NO MÉTODO DE EXTRAÇÃO POR SOLVENTE". Após a exposição, o discente foi argüido oralmente pelos membros da Comissão Examinadora, tendo recebido o conceito final: APROVADO. Nada mais havendo, foi lavrada a presente ata, que, após lida e aprovada, foi assinada pelos membros da Comissão Examinadora.


Prof. Dr. MANOEL HENRIQUE SALGADO


Prof. Dr. ROGÉRIO ANDRADE FLAUZINO


Prof. Dr. VAGNER CAVENAGHI

AGRADECIMENTOS

À empresa que gentilmente forneceu os dados para a pesquisa.

Aos professores que conseguiram transformar as informações em conhecimento.

Especialmente à minha esposa Valderéz pela paciência e compreensão deste objetivo.

RESUMO

As atividades de uma indústria com o sistema de produção contínua possuem características próprias dependendo do processo a que se dispõe a transformar uma matéria-prima, por isso este trabalho trata de analisar as perdas na produção contínua de extração de óleo de soja por solvente, apresentando a descrição do processo e os principais indicadores de desempenho, propondo sugestões de monitoramento para melhoria dos resultados. Essa abordagem é feita comparando-se resultados propiciados por alguns autores da área com dados levantados de uma empresa no Brasil em dois períodos distintos, incluindo análise de evolução da planta, onde a alta gerência monitora a produtividade e a qualidade dos produtos, e trata as perdas no ambiente de transformação como consumo de solvente utilizado para extração do óleo de soja e consumo de combustível para a geração de energia térmica. Conclui-se que a indústria de extração de óleo vegetal, possui diversas variáveis de controle pelo conjunto de operações necessárias à transformação, ressaltando neste caso a perda de energia térmica como prioridade de atitudes de melhorias. Dado que a tendência de aumento da capacidade de processamento de soja é evidente, pela perspectiva de crescimento da produção de soja no Brasil, deve ser considerado neste contexto, o investimento em conhecimento para as pessoas exercerem as atividades operacionais em perfeita sincronia com as informações que ocorrem no processo, garantindo o objetivo da organização de minimização das perdas, e consequente aumento do lucro e crescimento.

Palavras-chaves: produção contínua; extração de óleo, soja.

ABSTRACT

The activities of the industry with a continuous production system have their own characteristics depending on the process that is willing to turn a raw material, so this work is to analyze the losses in the continuous production of soybean oil extraction solvent, presenting the description of the process and key performance indicators and propose suggestions for the improvement of monitoring results. This approach is made comparing the results obtained by some authors in the field with data collected from a company in Brazil in two distinct periods, including examination of the development of the plant, where top management monitors productivity and product quality, and treats losses the environment of use as processing solvent used to extract the soybean oil and fuel to generate heat energy. It is concluded that the industry of oil extraction plant has several control variables by the operations required for processing, emphasizing in this case the loss of thermal energy as priority actions for improvements. Since the trend of increased processing capacity of soybean is evident from the perspective of growth of soybean production in Brazil, should be considered in this context, investment in knowledge for people to exercise operational activities in perfect synchrony with the information occur in the process, ensuring the organization's goal of minimizing losses, and consequent increase in profit and growth.

Word-keys: continuous production; oil extraction; soy bean.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1: Prensa mecânica para extração de óleo vegetal	20
Figura 2: Secador vertical de grãos.....	23
Figura 3: Diagrama esquemático da lavagem da massa no Extrator	29
Figura 4: Sistema típico de utilização do vapor d'água	35
Figura 5: Modelo da administração da produção	44
Figura 6: Elementos do Sistema de Produção	44
Figura 7: Períodos críticos nas trocas de turnos em processos contínuos	55
Figura 8: Elementos do sistema de produção contínua de extração de óleo de soja	56
Fluxograma 1: Sequência de operações da Seção de Recepção e Armazenagem..	21
Fluxograma 2: Sequência de operações da Seção de Preparação	25
Fluxograma 3: Operações da Seção de Extração.....	27
Gráfico 1: Evolução da produção de soja no Brasil: ano x produção (1000 t).....	18
Gráfico 2: Evolução do processamento de soja no Brasil: ano x processamento (1000t).....	19
Gráfico 3: Propriedades do vapor d'água	35
Gráfico 4: Dispersão soja processada (t/d) x produção óleo bruto (t/d) (Nov/2010)..	71
Gráfico 5: Dispersão soja processada (t/d) x consumo de combustível (m ³ /d) (Nov/2010).....	71
Gráfico 6: Dispersão soja processada (t/d) x consumo de solvente (l/d) (Nov/2010)	72
Gráfico 7: Dispersão soja processada (t/d) x produção de óleo bruto (t/d) (Nov/2011).	73
Gráfico 8: Dispersão soja processada (t/d) x consumo de combustível (m ³ /d) (Nov/2011).....	73

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Perdas de solvente – exemplo 1	32
Tabela 2: Perdas de solvente – exemplo 2	32
Tabela 3: Características de Purgadores	38
Tabela 4: Perda de vapor em kg/h em um orifício.....	39
Tabela 5: Classificação da Soja	40
Tabela 6: Perda qualitativa no armazenamento da soja	41
Tabela 7: Especificações de qualidade do óleo degomado de soja.....	42
Tabela 8: Ponto de fulgor x hexano residual no óleo	42
Tabela 9: Especificações de qualidade para farelo de soja	43
Tabela 10: Controles do processo.....	61
Tabela 11: Porcentuais de custos de produção	62
Tabela 12: Plano de amostragem	64
Tabela 13: Resultados de qualidade das amostras.....	65
Tabela 14: Capacidade produtiva.....	66
Tabela 15: Índices de produtividade.....	66
Tabela 16: Consumo de combustível para caldeira e vapor	68
Tabela 17: Tempo de parada da planta e disponibilidade	69
Tabela 18: Grau de correlação linear entre indicadores- Nov/2010	70
Tabela 19: Grau de correlação linear entre indicadores – Nov/2011	72

LISTA DE SIGLAS, SÍMBOLOS E ABREVIATURAS

CONAB	=	Companhia Nacional de Abastecimento
ABIOVE	=	Associação Brasileira das Indústrias de Óleos Vegetais
EMBRAPA	=	Empresa Brasileira de Pesquisas Agropecuária
Kg/ha	=	Kilogramas por hectare
DE	=	Desconto total relativo às quebras de umidade e impureza [%]
Qi	=	Quebra de impureza (%)
Qu	=	Quebra de umidade (%)
li	=	Impureza inicial (%)
If	=	Impureza final (%)
Ui	=	Umidade inicial (%)
Uf	=	Umidade final (%)
ppm	=	partes por milhão
°C	=	Graus Celsius
g/m ³	=	gramas por metro cúbico
kg	=	Kilogramas
l/t	=	litros por tonelada
m ³ /t	=	Metros cúbicos por tonelada
kJ kg ⁻¹	=	KiloJoules por kilogramas
DT	=	Dessolventizador/Tostador
Kg m ⁻³	=	Kilogramas por metro cúbico
x	=	Título do vapor
Kg/h	=	Kilogramas por hora
Kcal/kg	=	Kilocaloria por kilograma
η	=	eficiência da caldeira (%)
Fw	=	alimentação de água para caldeira (kg/h)
Ew	=	entalpia específica da água saturada (kcal/kg)
r	=	calor latente do vapor na pressão de trabalho (kcal/kg)
TW	=	entalpia específica da água de alimentação (kcal/kg)
Qf	=	consumo de combustível (kg/h)
Hf	=	calor específico do combustível (kcal/kg)
Kgf/cm ²	=	Kilogramas força por metro quadrado – unidade de pressão
m/s	=	metros por segundo
CO ₂	=	Dióxido de Carbono
mm	=	Milímetros
Kgv/t	=	Kilogramas de vapor por tonelada
KJ/t	=	KiloJoules por tonelada
KJ/m ³	=	KiloJoules por metro cúbico
kWh/t	=	Kilowatt hora por tonelada
AOCS	=	American Oil Chemists' Society
Prodt	=	Produtividade absoluta no período t

Qt	=	Produção obtida no período t
It	=	Insumos utilizados no período t
A	=	% de matéria graxa que entra na extração
H	=	% de umidade no material que entra na extração
B	=	% de sólidos no material que entra na extração
C	=	% de matéria graxa que sai da extração
h	=	% de umidade do material que sai da extração
D	=	% de sólidos do material que sai da extração
ISO	=	International Organization for Standardization
t/d	=	toneladas por dia
t	=	Toneladas
l/t	=	litros por toneladas
l	=	Litros
Nov	=	Novembro

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	13
1.1	OBJETIVOS	14
1.2	JUSTIFICATIVA.....	15
1.3	CARACTERÍSTICAS DA PESQUISA.....	15
2	REFERENCIAL TEÓRICO	17
2.1	PANORAMA SOJA.....	17
2.2	O PROCESSO DE EXTRAÇÃO DE ÓLEO DE SOJA.....	19
2.2.1	Recepção/ Armazenagem	21
2.2.2	Preparação	24
2.2.3	Extração	27
2.2.4	Solvente Hexano.....	31
2.2.5	Utilização da Energia térmica.....	33
2.2.5.1	Operação de Secagem da Soja	33
2.2.5.2	Aplicação do Vapor d'água.....	34
2.2.6	Energia elétrica.....	39
2.2.7	Especificações de qualidade dos produtos	40
2.3	O SISTEMA DA PRODUÇÃO	43
2.3.1	Tipos de Sistema de Produção.....	45
2.3.2	Produtividade.....	46
2.3.3	Disponibilidade e Falhas.....	48
2.3.4	Perdas na Produção	49
2.3.5	Avaliação de desempenho.....	51
2.3.6	Custos e qualidade.....	53
2.3.7	Fator humano na operação.....	54
3	ESTUDO DE CASO	56
3.1	PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS	57
3.2	IDENTIFICAÇÃO DE PERDAS	58
3.3	ANÁLISES DOS DADOS.....	62
3.3.1	Indicadores de qualidade.....	63
3.3.2	Indicadores de processo	65
3.3.2.1	Produtividade.....	66

3.3.2.2	Consumo de Solvente	67
3.3.2.3	Consumo de energia térmica.....	68
3.3.2.4	Disponibilidade	69
3.4	CORRELAÇÕES ENTRE INDICADORES DE PROCESSO E QUALIDADE	70
3.5	CONSIDERAÇÕES NA GESTÃO DAS PERDAS	74
3.6	LIMITAÇÕES.....	75
4	CONCLUSÕES	76
	REFERÊNCIAS.....	78
	ANEXO A: RELATÓRIOS DIÁRIOS DE PRODUÇÃO – NOV/2010	83
	ANEXO B: RELATÓRIOS DIÁRIOS DE PRODUÇÃO – NOV/2011	84

1 INTRODUÇÃO

A competitividade tem sido ao longo da história recente das indústrias, a base para o desenvolvimento de diversas técnicas e controle da produção, pois são cada vez maiores as necessidades de alimentos, bens de consumo e serviço para promover o desenvolvimento econômico, social e cultural da sociedade.

A soja, uma das grandes fontes vegetais de proteína e energia é possível ser transformada em diversos sub-produtos para alimentação humana e animal, bem como outros para aplicação industrial conforme o método de processamento. Para obtenção de óleo e farelo de soja, o método mais utilizado de processamento é por meio da extração do óleo por solvente, um processo complexo com diversas operações em regime contínuo de produção.

Conforme a Companhia Nacional de Abastecimento – CONAB (2012), em seu acompanhamento de safra em Fevereiro/2012, o Brasil fechou a safra 2010/11 com mais de 75 milhões de toneladas produzidas, e segundo a Associação Brasileira das Indústrias de Óleos Vegetais – ABIOVE (2012), nesta mesma safra as indústrias de extração de óleo processaram quase 36 milhões de toneladas, o que aponta um diferencial significativo de crescimento neste setor.

Dado o potencial de produção de soja, na administração de suas operações de transformação, é possível gerar ganhos de produtividade através da construção e análise de indicadores de desempenho, para que o processo decisório leve à minimização das perdas, ou seja, o consumo dos insumos e energia inevitáveis do processo seja coerente com a capacidade de produção da planta.

Para Stevenson (2001) a essência da função de operações é agregar valor durante o processo de transformação, pois o valor do produto é medido pelo preço que o consumidor se dispõe a pagar. Ainda alerta que as medições em diversos pontos do processo, geram realimentação para garantir as saídas, que comparados com os padrões preestabelecidos direcionam ações corretivas. Como óleo e farelo de soja são produtos de *commodities*¹, torna-se essencial que a organização recorra a ações que minimizam custos.

¹ Commodities: mercadoria de origem primária negociado nas bolsas de mercadorias com cotação e negociabilidade global.

Uma planta de extração de óleo de soja se caracteriza como “fluxo de produção contínua”, que conforme Oliveira Netto e Tavares (2006) têm um fluxo de trabalho definido e uma sequência a ser seguida, pois somente uma matéria-prima é utilizada, o grão de soja, sendo transformado em dois produtos principais: óleo e farelo. Também é possível classificar como uma economia de escala, pois a máxima utilização dos recursos de transformação pode provocar um aumento na quantidade total produzida sem um aumento proporcional no custo de produção. Estes aspectos da indústria de extração de óleos vegetais são relevantes na análise e controle da produção, por que se trata de um tipo de sistema específico de produção, com características próprias e diversas variáveis de controle, tanto físicas, químicas e operacionais que podem afetar os resultados da empresa.

Portanto, não somente o crescimento da produção é necessário para atender a demanda, mas a utilização dos recursos de forma correta e maximizada deve ser aplicada nas empresas, para manter sua lucratividade e crescimento. Neste sentido a questão desta pesquisa é: **como ocorrem as perdas na produção contínua de extração de óleo de soja por solvente e quais afetam os resultados das empresas.**

1.1 OBJETIVOS

O objetivo geral desta dissertação é analisar as variáveis no processo de transformação da soja, para identificar as perdas significativas através de um estudo de caso em uma empresa de extração contínua de óleo, pelo método de extração por solvente. Como objetivos específicos pretendem-se:

- Descrever as atividades que compõem o processo de extração de óleo de soja, e apresentar o consumo de insumos, energia térmica, energia elétrica e seus indicadores específicos.
- Apresentar o processo de extração de óleo de soja sob uma visão geral para a administração das operações.
- Identificar os pontos de perdas e possíveis melhorias no processo.
- Analisar os indicadores de desempenho e qualidade por meio de correlações.

1.2 JUSTIFICATIVA

O complexo processo de extração de óleo de soja por meio de solvente foi estudado por diversos autores, porém ainda permanecem lacunas ao que se refere às perdas no desempenho da planta, quando se analisa no sistema contínuo de produção de maneira holística todo o processo. Por isso este trabalho vem a contribuir com uma descrição do processo onde é possível verificar pontos de controle e como impactam nos tipos de perdas, com referenciais que auxiliem na definição de ações para otimização dos recursos, assim como nortear novos trabalhos para evolução do tema.

1.3 CARACTERÍSTICAS DA PESQUISA

Este trabalho baseia-se numa pesquisa exploratório-descritiva, envolve levantamento bibliográfico com exemplo para compreensão do problema, assim como a descrição de um processo com levantamento de dados. Possui natureza aplicada, por apresentar conhecimentos para uma solução de problema, e uma abordagem quantitativa, por analisar valores da situação do processo. E ainda uma abordagem qualitativa por demonstrar pontos de gerenciamentos.

Está estruturada pelos capítulos como descrito a seguir:

1 - Introdução.

Contextualiza a pesquisa, apresentando o problema, os objetivos a ser atingidos, a justificativa e as características de como está estruturada.

2 - Referencial teórico:

Inicialmente é apresentado um panorama da soja, para em seguida dissertar sobre o processo de extração de óleo de soja, que além da literatura pesquisada, também realizou visitas a algumas plantas de extração para melhor entendimento do processo. Depois apresenta o sistema de produção para justificar o processo de extração de óleo para enfim explanar sobre as perdas na produção.

3 - Estudo de caso:

Identificação e avaliação das perdas na produção contínua de extração de óleo de soja sob a ótica da gerência de operações, com dados de processos de uma empresa de extração de óleo de soja no Brasil, comparando-os com autores referenciados, e analisando-os para atitudes de melhorias.

4 - Conclusões.

Salienta os resultados e propõe estudos futuros.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

Este capítulo apresenta inicialmente um panorama da soja, como produção e processamento para obtenção de óleo e farelo, e comentários a respeito da evolução deste cenário e sua comercialização. Em seguida explica o processo de extração de óleo de soja, para depois apresentar tópicos sobre o sistema de produção.

2.1 PANORAMA SOJA

Dall'Agnol et al. (2007) afirmam que os primeiros testes com soja no Brasil se deu em 1882 na Bahia, depois em São Paulo, e em seguida no Rio Grande do Sul, mas ainda com o objetivo de alimentar de animais. A partir de 1960 se estabeleceu realmente como uma cultura economicamente importante, e, atualmente o Brasil se coloca como o segundo maior produtor de soja, perdendo somente para os Estados Unidos. Este vertiginoso crescimento trouxe diversas mudanças na agricultura brasileira, como impulso para o comércio exterior, modernizações na lavoura e nos transportes, enriquecimento da dieta alimentar através da expansão da produção de suínos e aves, e principalmente avanço e descentralização da agroindústria. Todo este contexto se dá em virtude da soja ser uma oleaginosa que apesar de baixo teor de óleo (~20%), possui alto teor de proteína (até 40%) o que favorece sua utilização em rações animais e alimentação humana pela grande diversidade de seus subprodutos. Inclusive atualmente tem sido responsável por 90% da produção de biodiesel, o que é outra alavanca para o consumo do óleo extraído na forma de biocombustível.

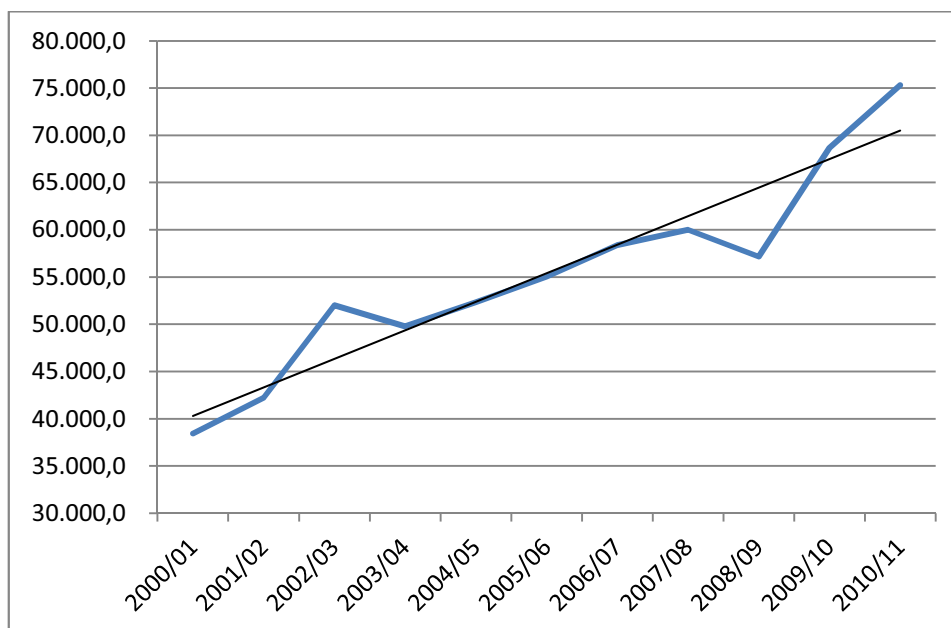
Segundo Pinazza et al. (2007) a produção mundial de soja se concentra principalmente nas Américas do Sul e Norte com épocas de safras distintas, por isso as empresas de extração de óleo com atuação global, procuram estar presentes em ambos os continentes para terem uma posição estratégica em relação ao negócio. A Bolsa de Chicago regula o preço da soja no mercado internacional, com uma grande influência na oferta da matéria-prima e seus subprodutos nos três

maiores produtores mundiais: Estados Unidos, Brasil e Argentina. Porém se observa um fato que é a alteração geográfica da produção em relação ao consumo, pois a América do Sul se destaca como maior produtora do grão, sendo a Ásia a maior consumidora. Isto causa impacto no risco de *basis*, que é a diferença entre o preço pactuado na bolsa de futuros num determinado local, e o preço no mercado físico à vista, o que reflete em dificuldade na administração das bolsas de *commodities*.

Pinazza et al. (2007) também prevê um cenário de crescimento da produção de soja no Brasil superior ao esmagamento, o que mantém a taxa de crescimento da exportação da soja em grãos. Este fato inclusive coloca em risco a competitividade da indústria de carnes que depende do farelo de soja, que para reversão desta estratégia, serão necessárias tomadas de decisões corretivas do ponto de vista institucional, tributário e de infraestrutura, para não caracterizar o Brasil como um mero fornecedor de grãos.

O Gráfico 1 apresenta a evolução da produção de soja no Brasil a partir da safra 2000/01, e se observa que na safra 2010/11 atingiu-se 75.324 milhões de toneladas, confirmando uma acentuada curva de tendência de crescimento.

Gráfico 1: Evolução da produção de soja no Brasil: ano x produção (1000 t).



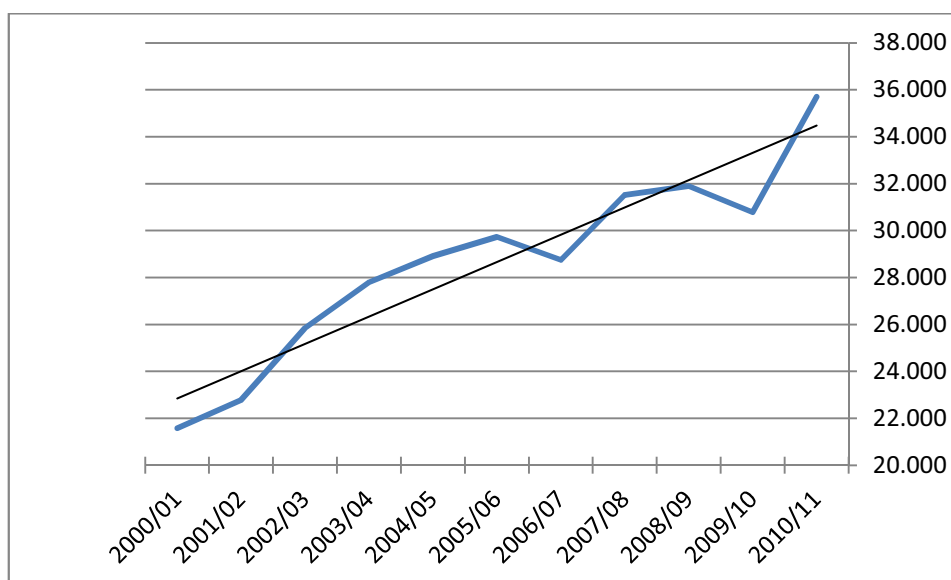
Fonte: adaptado de CONAB – Abr/2012

Os números compilados pela Empresa Brasileira de Pesquisas Agropecuária – EMBRAPA (2011) apontam o Brasil como o segundo maior produtor mundial de

soja, sendo o estado do Mato Grosso como maior produtor com 20,4 milhões de toneladas na safra 2010/11, com uma produtividade de 3190 kg/ha, seguido pelo Paraná com 15,4 milhões de toneladas, mas com uma vantagem de produtividade com 3.360 kg/ha.

O Gráfico 2 apresenta a evolução de processamento da soja no Brasil desde a safra 2000/01. Na safra de 2010/11 foram processadas 35.701 milhões de toneladas, que significa quase a metade da soja produzida, e com semelhante curva de tendência de crescimento como a produção de grãos.

Gráfico 2: Evolução do processamento de soja no Brasil: ano x processamento (1000t)

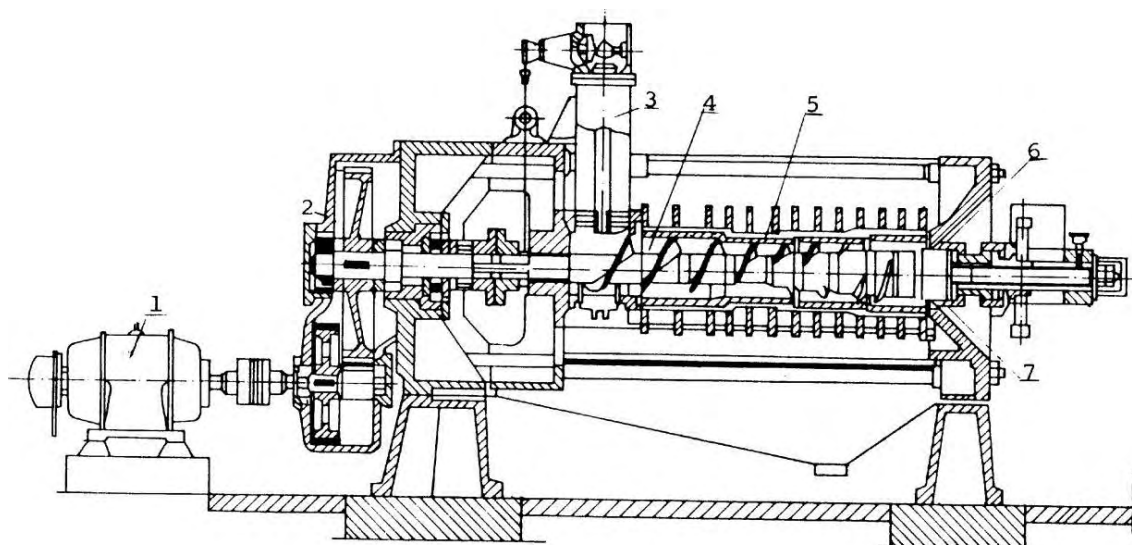


Fonte: adaptado de ABIOVE (2012)

2.2 O PROCESSO DE EXTRAÇÃO DE ÓLEO DE SOJA

Nas plantas de extração de óleos vegetais mais antigas, o óleo era extraído por meio de prensa mecânica. A Figura 1 apresenta um desenho de uma prensa, que consiste de um cesto feito de barras de aço distanciadas entre si, e em seu interior um eixo no formato de rosca helicoidal transporta o material, comprimindo-o ao mesmo tempo. Em função da alta pressão interna do material e do espaçamento entre as barras no cesto, permite que o óleo seja extraído. (MANDARINO et al 2001).

Figura 1: Prensa mecânica para extração de óleo vegetal.



- 1 - Motor elétrico; 2 – Redutor; 3 – Entrada do material; 4 – Rosca helicoidal;
5 – Cesto; 6 – Cone de saída; 7 – Saída da torta.

Fonte: Mandarino et al (2001)

Com a implantação do solvente para extração de óleo vegetal, as plantas inicialmente trabalharam por método semicontínuo. A torta proveniente das prensas alimentava diversos extratores, recipientes cilíndricos verticais que depois de completados com material, eram fechados hermeticamente e recalado solvente para a extração do óleo. Depois a torta recebia vapor direto no mesmo recipiente, para a remoção do solvente residual. Este processo é chamado de “misto”, pois se retira uma parcela de óleo nas prensas e depois em batelada nos extratores por solvente. Apesar de construção simples dos equipamentos e pequena área ocupada, o rendimento de óleo é baixo, além de maior mão de obra. (MANDARINO et al. 2001).

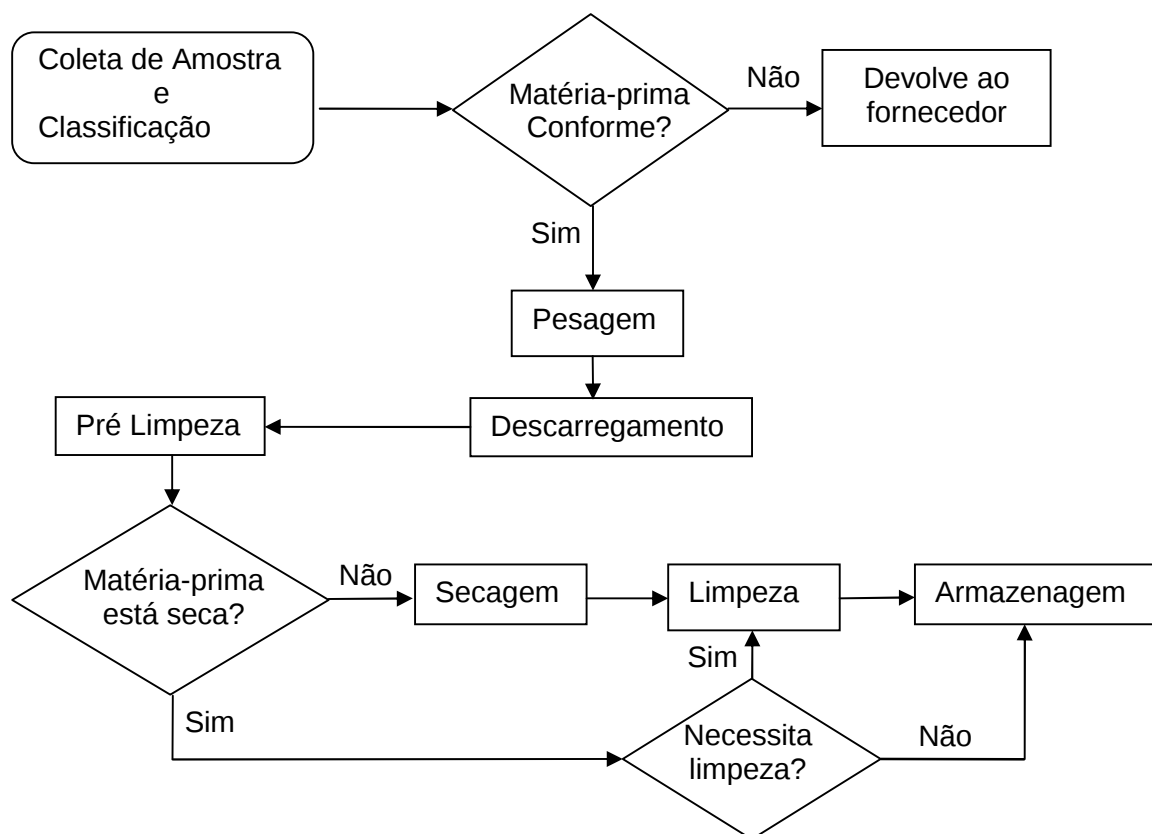
O processo semicontínuo já está em desuso, e as prensas mecânicas são utilizadas quando se processa grãos com alto teor de óleo, o que as torna viáveis economicamente.

A evolução da extração de óleo vegetal por solvente se deu com o método contínuo, o qual é o objeto de estudo deste trabalho. Tratando de uma indústria de processamento de soja, esta se compõe basicamente de três seções distintas para o processo de transformação: Recepção/Armazenagem, Preparação e Extração, descritas a seguir.

2.2.1 Recepção/ Armazenagem

Esta seção é responsável por receber, limpar, secar e controlar a qualidade da matéria-prima armazenada. Seu período de maior atividade ocorre no período de colheita da soja, que se dá entre os meses de Janeiro e Abril. Portanto as indústrias de extração devem armazenar esta matéria-prima por longos períodos, pois a capacidade de processamento destas indústrias normalmente é dimensionada de tal forma que tenham trabalho durante o ano todo, salvo curtos períodos destinados à manutenção. O Fluxograma 1 representa as tarefas da seção de recepção/armazenagem.

Fluxograma 1: Sequência de operações da Seção de Recepção e Armazenagem.



Fonte: elaborado pelo autor

Conforme Lazzari (2010) a soja proveniente da lavoura tem entre 14 e 18% de umidade, quantidades variáveis de materiais estranhos (impurezas), grãos quebrados e esverdeados. A coleta e análise de amostras da matéria-prima recebida, normalmente denominada como a tarefa de classificação, objetiva

determinar o percentual de quebra de umidade e impureza do grão recebido, ou mesmo para recusar a matéria-prima, além dos resultados auxiliarem a operação de limpeza e secagem para o controle dos equipamentos.

É prática das indústrias estabelecerem um teor de umidade e impureza padrão conforme acordo comercial entre as partes, comprador e fornecedor, normalmente 14% para umidade e 1% para impureza. A soja recebida acima destes teores de umidade e impureza, o fornecedor sofrerá desconto relativo à quantidade de matéria-prima fornecida. Silva (2009) apresenta os cálculos para este desconto pela equação (1):

$$DE = 100 - \frac{(100 - Qi) * (100 - Qu)}{100} \quad (1)$$

DE = desconto total relativo às quebras de umidade e impureza [%]

Qi = quebra de impureza [%]

Qu = quebra de umidade [%]

Para o cálculo da quebra de impureza, deve ser aplicada a equação (2):

$$Qi = \frac{(li - lf) * (100 - Qu)}{(100 - lf)} * 100 \quad (2)$$

li = impureza inicial [%]

lf = impureza final [%]

Para calcular a quebra de umidade, é fornecida a equação (3):

$$Qu = \frac{(Ui - Uf)}{(100 - Uf)} * 100 \quad (3)$$

Ui = umidade inicial [%]

Uf = umidade final [%]

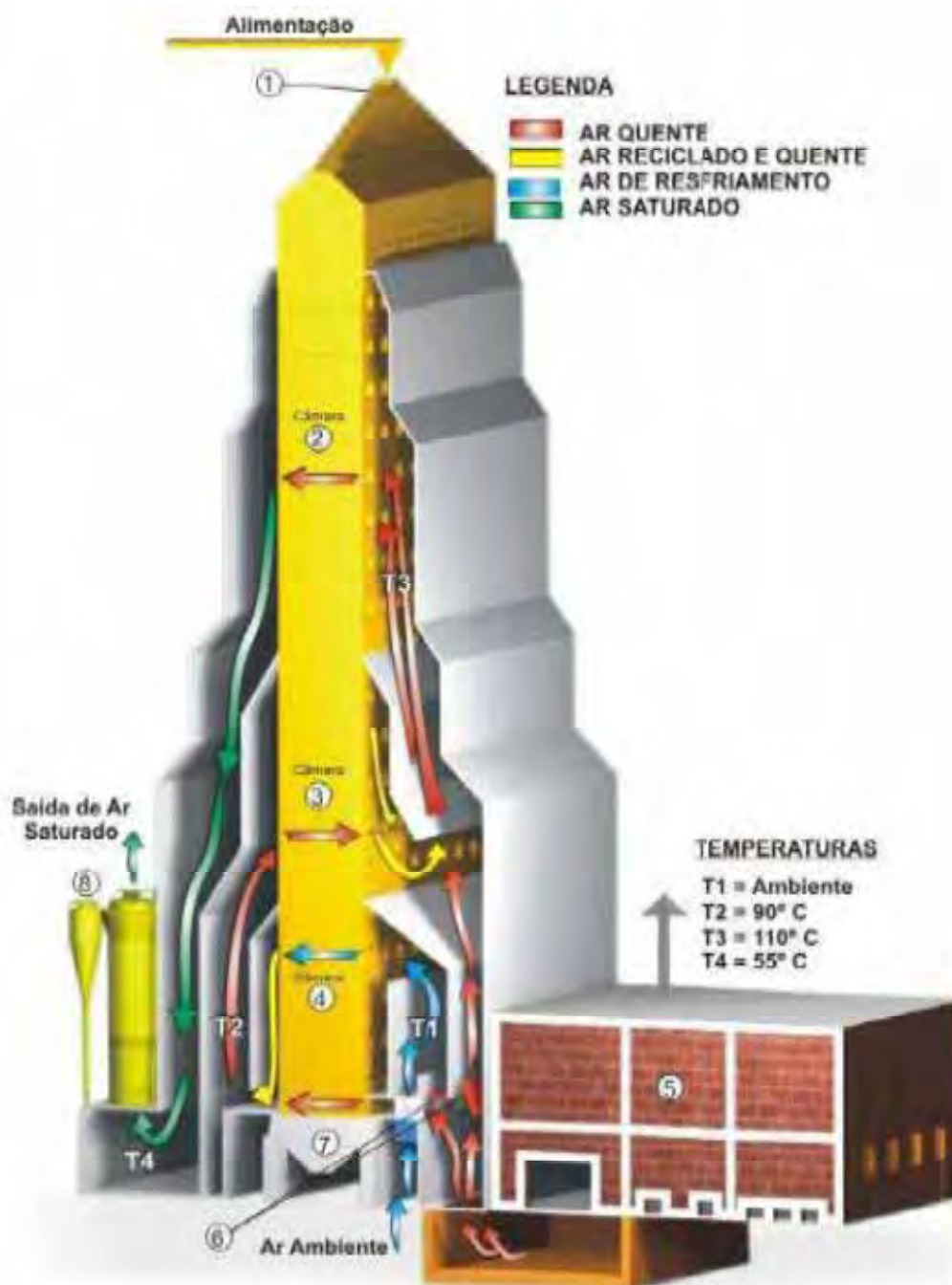
Sendo que *li* e *Ui* são teores de impureza e umidade respectivamente da soja recebida, e *lf* e *Uf* são os teores finais acordados com o fornecedor.

A limpeza da soja é realizada em equipamentos mecânicos através da movimentação de peneiras, que separam impurezas conforme sua granulometria, normalmente associado à aspiração que succiona as impurezas leves por diferença de peso específico. O consenso é armazenar com o menor teor de impureza

possível, e por isso as empresas adotam a pré-limpeza quando o grão é recebido e limpeza após a secagem.

A tarefa de secagem é realizada em equipamentos denominados secadores, normalmente do tipo vertical, onde a massa de grãos recebe ar aquecido em contracorrente. A Figura 2 apresenta esquematicamente este equipamento.

Figura 2: Secador vertical de grãos



Fonte: Tecnal – equipamentos e instalações (2002)

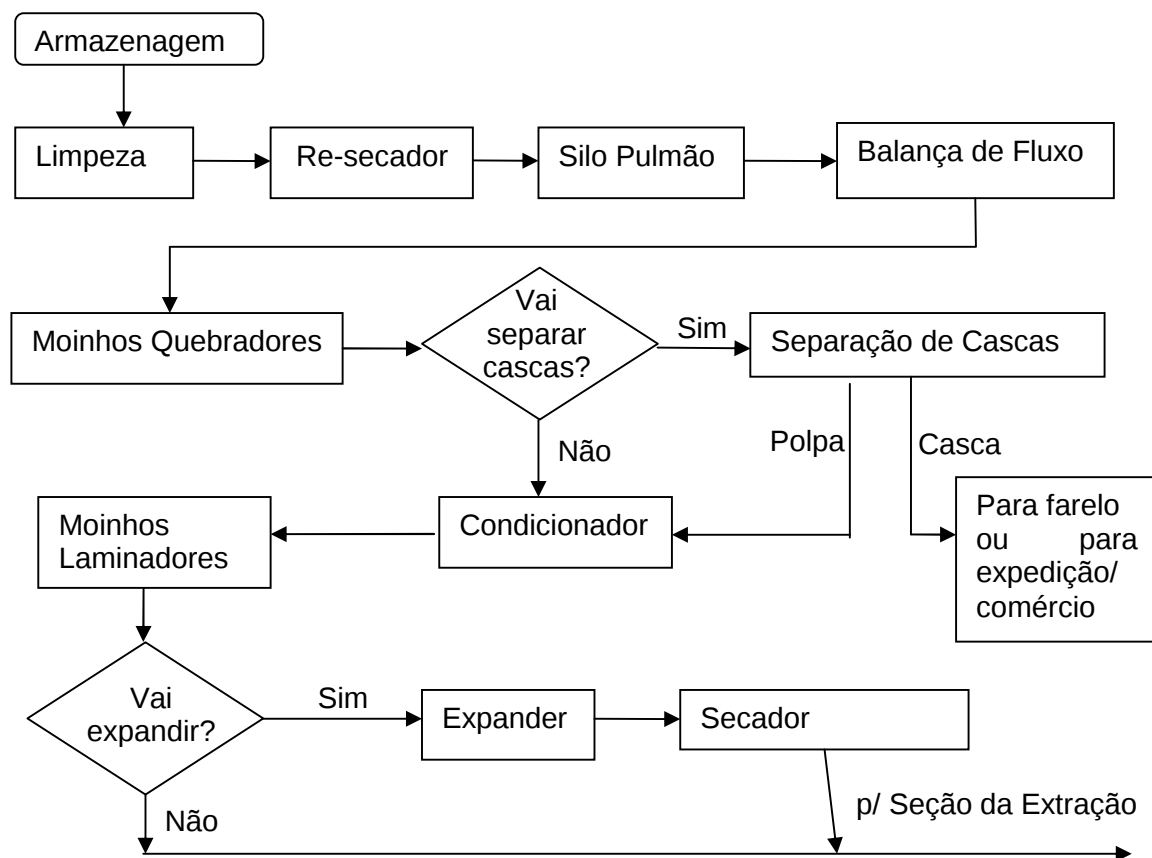
Recomenda-se que a massa de grãos no secador não ultrapasse 60°C, para não causar dano à proteína, para isso o ar quente também não deve ultrapassar 110°C. O teor de umidade para soja na descarga do secador deve ser 12% quando armazenada até 6 meses, e 11% para períodos de 1 ano ou mais. Ressalta-se que os secadores são dimensionados para uma capacidade nominal definida em tonelada/hora, levando-se em consideração a remoção de umidade de 18 para 13%, portanto qualquer porcentual diferente destes valores, afeta sua capacidade nominal. (LAZZARI, 2010).

Segundo Moretto e Fett (1998) as condições de armazenamento têm reflexo direto sobre o rendimento e a qualidade do óleo extraído, em função do grão absorver oxigênio e desprender gás carbônico e água, liberando calor, e assim deteriorando a matéria-prima armazenada. Para a armazenagem existem diversos tipos de silos, cada qual com suas vantagens, mas armazenar grandes quantidades de grãos requer um monitoramento constante da temperatura da massa de grãos para controle de aeração localizada e inibir seu aumento. Esta tarefa significa insuflar ar natural na região onde a massa de grão apresentar acréscimo, para manter o mais baixo nível de temperatura em favor da qualidade dos grãos para sua transformação.

2.2.2 Preparação

Esta seção é responsável em transformar o grão de soja em uma massa com características físicas ideais para que se obtenha o melhor rendimento na extração do óleo. O Fluxograma 2 apresenta o processo básico desta seção.

Fluxograma 2: Sequência de operações da Seção de Preparação.



Fonte: elaborado pelo autor

Inicialmente a matéria-prima deve ser limpa novamente, eliminando corpos estranhos proveniente da armazenagem. O teor de umidade ideal para armazenamento da soja é diferente do teor para processamento, que conforme Rittner (2002) deve ser em torno de 10%. Então uma secagem complementar é necessária para atender os padrões de preparação. Para essa tarefa, um secador de grãos tipo vertical é utilizado da mesma maneira como na seção de Recepção. Importante salientar que algumas empresas já procuram armazenar o grão de soja com teor de umidade próximo ao que será necessário para processamento, para suprimir esta etapa. O silo pulmão tem a função de garantir o abastecimento da matéria-prima de maneira constante às próximas tarefas, além de contribuir para homogeneização do teor de umidade e temperatura pelo tempo de residência que a soja permanece estocada.

Uma balança de fluxo determina a quantidade de soja a ser processada, registrando os valores a cada hora, para que a operação tenha a informação de capacidade e ajustes dos equipamentos. Após pesagem o grão segue para moinhos

com pares de rolos cilíndricos estriados, que segundo Rittner (2002) deve ser quebrado em 4, 6 ou 8 partes tão uniforme quanto possível e com o mínimo de finos.

Em seguida se tem a opção de remover as cascas, por meio de aspiração e depois por peneiramento para recuperação de finos de polpa de soja que são arrastados juntamente com as cascas. A soja possui cerca de 8% de casca, e conforme Heiman (2005) possui baixo teor de proteína, de 10 a 11%, pouco teor de óleo, 1 a 2%, e alto teor de fibras, 36 a 40%. Estas características geram duas possibilidades no processo de extração: a primeira é remover as cascas por ser um material inerte à extração, e assim diminuir o volume de material à extração; o segundo é para aumentar o teor de proteína e abaixar o teor de fibra do farelo acabado, após extração do óleo, para obter um farelo com alto teor de proteína, farelo *hypro*. Portanto os controles dos equipamentos de separação das cascas devem ser ajustados, para que a perda de óleo na remoção da casca removida seja o mínimo possível.

O condicionamento é a próxima tarefa do processo de preparação, através da transferência de calor por vapor saturado de forma indireta, e às vezes complementar de forma direta na massa, para dar ao grão quebrado temperatura de 60 a 70°C. Esta é a condição ideal para transformar a massa quebrada em lâminas através de um par de rolos lisos, denominados laminadores. A espessura das laminas deve ser em torno de 0,25 mm, para que a parcela oleaginosa seja exposta à atividade do solvente na seção da extração. (RITTNER, 2002)

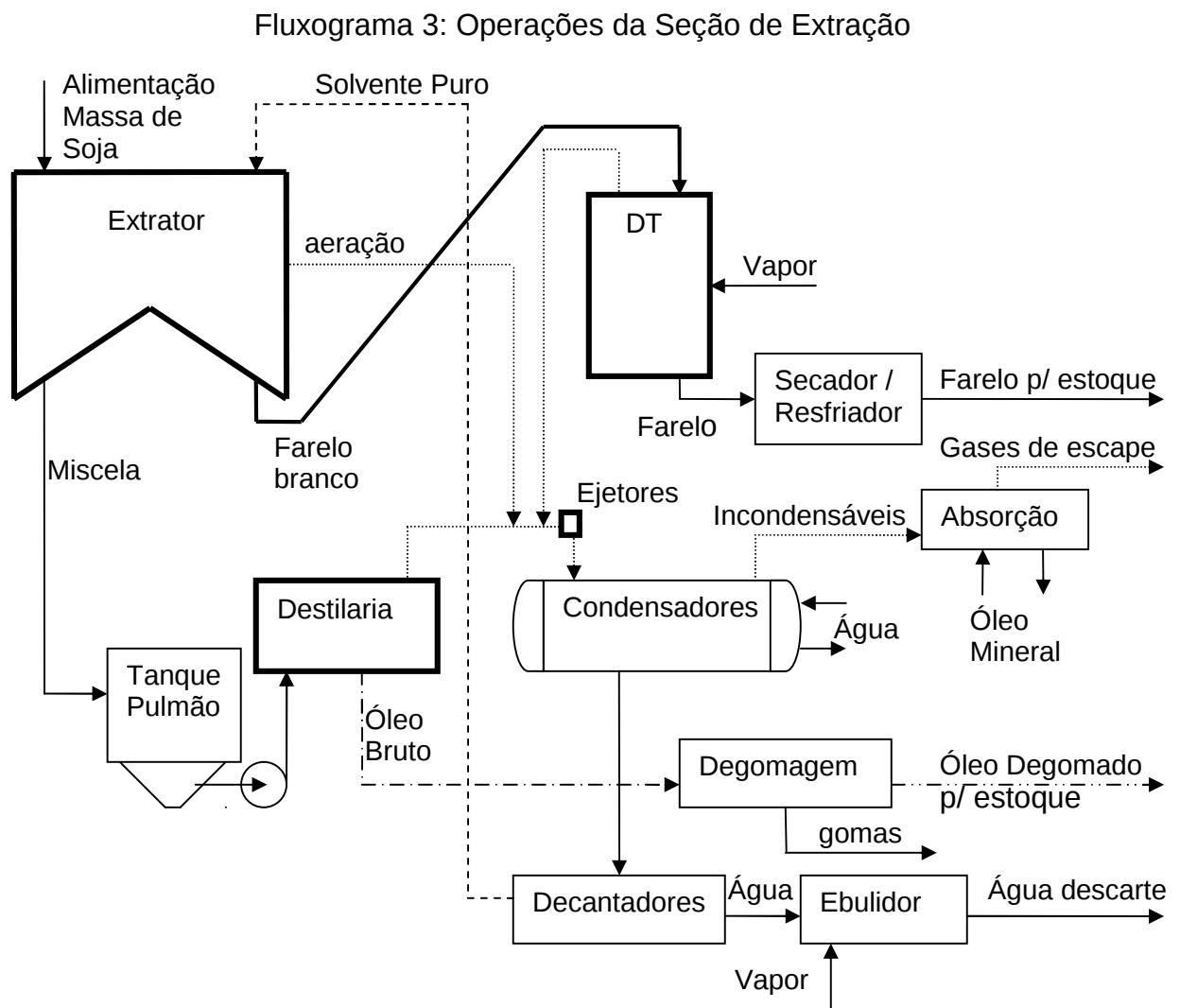
Nesta tarefa de laminação a operação deve ter o cuidado de monitorar os grãos não laminados, pois conforme Smitth (1997) uma parcela de 1% não laminado pode causar um aumento do óleo residual no farelo acabado de até 0,14%.

Após a laminação a massa já pode seguir para a seção da Extração, entretanto existe a possibilidade de transformar esta massa em expandida, ou seja, passar pela operação do Expander, que é um equipamento cilíndrico horizontal dotado de um helicóide interno onde a massa é comprimida e macerada pela ação do vapor direto introduzido. Na parte final deste helicóide, um sistema de cone tenta impedir a descarga através de força hidráulica contrária ao fluxo, promovendo a liberação parcial do óleo contido na massa. Neste caso, Rittner (2002) diz que a espessura de laminas pode variar de 0,3 a 0,5 mm para alimentação do Expander. A consequência é a melhoria da permeabilidade do solvente na seção de extração além de aumentar o peso específico, promovendo assim maior quantidade de massa

no interior do extrator. Após a massa expandida passar pelo resfriador, o controle de umidade deverá ser entre 8 e 10% sob uma temperatura de 50 a 55°C para alimentar a seção de Extração.

2.2.3 Extração

Esta seção também possui diversas operações, nas quais se destacam três conjuntos de equipamentos: o extrator, onde ocorre a extração do óleo propriamente dita, a destilaria, que separa o óleo do solvente e o dessolventizador que retira o solvente do farelo, além de outras operações complementares como o sistema de condensação, decantação e recuperação de solvente. O Fluxograma 3 apresenta as operações básicas da seção de extração.



Fonte: elaborado pelo autor

A massa expandida, ou laminada, sofrerá a ação do solvente, em sucessivos banhos no extrator, que executa a extração do óleo contido na massa por meio de dissolução. O solvente utilizado nas plantas de extração é o *n*-hexano C_6H_{14} , um hidrocarboneto proveniente do petróleo. Outros tipos de solvente já foram testados, porém este é o mais utilizado devido sua característica imiscível em água, baixo ponto de ebulição ($68^{\circ}C$), e não alteram as propriedades físico-químicas do farelo e óleo. Porém é altamente inflamável com o inconveniente dos vapores serem prejudiciais ao meio ambiente além de ser mais pesado que o ar, que em caso de fugas permanece nas partes baixas da planta, o que pode causar acidente se houver alguma ignição.

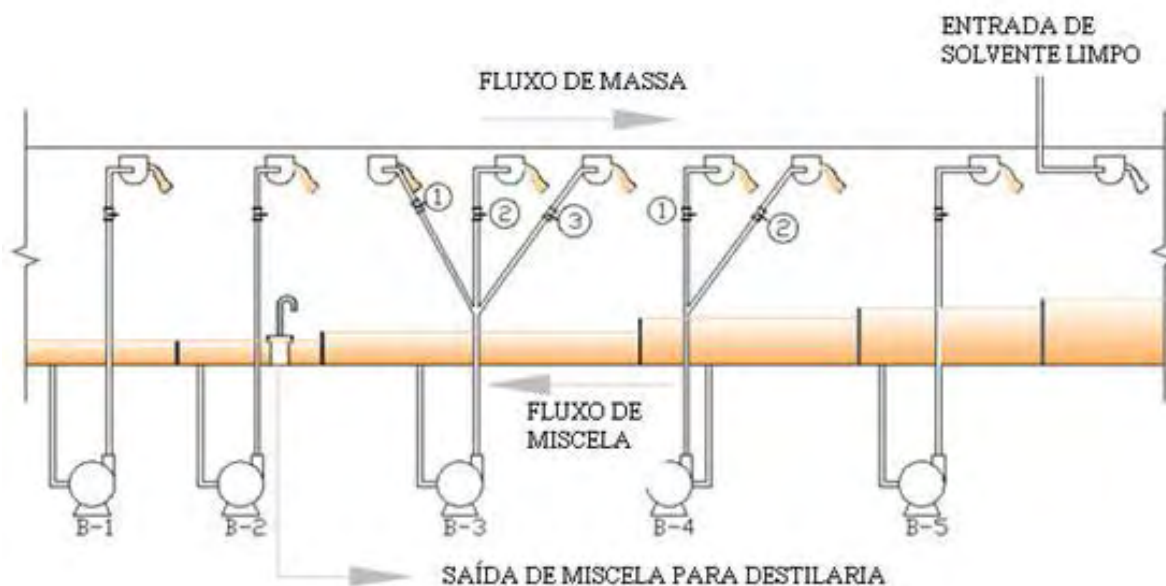
Existem alguns modelos de extratores contínuos. Porém todos possuem o mesmo princípio de funcionamento. Imagina-se um leito de massa com largura, altura e comprimento definidos dentro de uma estrutura metálica fechada hermeticamente, e que permite movimento uniforme desta massa sobre uma tela perfurada a baixa velocidade, sofrendo sucessivos banhos de líquido.

Paraiso (2001) expõe as hipóteses do modelo de extração, entre elas a que o escoamento do líquido na massa é em corrente cruzada e em regime permanente, ou seja, a transferência do óleo para o solvente ocorre na direção vertical do escoamento do solvente e na direção horizontal da massa do movimento do extrator.

O solvente limpo é recalcado sobre a massa na parte final do comprimento do extrator. Após o solvente limpo atravessar a massa, já se obtém a miscela, mistura de óleo e solvente. A massa vai sofrendo sucessivos banhos em contra corrente com a miscela, sendo que a de baixa concentração lava a massa com menor teor de óleo, e a mais concentrada lava a massa com maior teor de óleo. (DORSA, 1988).

A Figura 3 apresenta esquematicamente a operação dos banhos de solvente e miscela de um extrator.

Figura 3: Diagrama esquemático da lavagem da massa no Extrator.



Fonte: Tecnal – equipamentos e instalações (2009)

A miscela pode conter uma concentração em óleo entre 25 e 40%, é enviada à destilaria para a separação do óleo do solvente através do trabalho de pelo menos três evaporadores em série. Inicialmente a micela é aquecida trocando calor com os gases do dessolventizador, para alimentar o Primeiro Evaporador (também chamado de 1º Efeito), que evapora parcialmente o solvente da miscela. Em seguida novamente a miscela é aquecida trocando calor normalmente com vapor *flash*², para alimentar o Segundo Evaporador (2º Efeito), obtendo a evaporação quase total do solvente contido na miscela. E por final mais uma vez a miscela ganha temperatura trocando calor com vapor vivo³ para alimentar o Terceiro Evaporador (também chamado de Coluna Terminadora ou *Stripper*), retirando o residual de solvente da miscela através do auxílio de vapor direto⁴. Em caso do óleo não dessolventizado adequadamente, é possível retorna-lo ao tanque de miscela para reprocessamento. (PARAISO, 2001)

Depois desta tarefa o óleo é chamado de “óleo bruto” que pode ser comercializado. Entretanto na mesma seção de extração pode seguir à degomagem para a retirada das gomas. Segundo Dorsa (1988) podem ser utilizados diferentes métodos de degomagem, sendo o mais comum a degomagem com água, onde

² Vapor flash é o vapor recuperado proveniente do condensado de vapor.

³ Vapor vivo é o vapor da rede de distribuição proveniente da caldeira.

⁴ Vapor direto é o vapor introduzido diretamente no material em processamento.

apenas as gomas hidratáveis são removidas. Uma quantidade controlada de água quente é misturada ao óleo para a separação das gomas em centrífugas. O óleo obtido das centrífugas agora já é chamado de “óleo bruto degomado”, ou simplesmente “óleo degomado” e enviado aos tanques de estoque para posterior refino ou embarque. As gomas podem ser misturadas ao farelo acabado, enviadas para a produção de lecitina ou ainda comercializadas. Dorsa (1988) ainda chama atenção ao volume de água para hidratação que deve ser equivalente ao volume de gomas, além do controle de temperatura na faixa de 70 a 80°C para que não se tenha perda de óleo nas gomas tampouco gomas não separadas do óleo.

A massa sem óleo descarregada do extrator é chamada de farelo branco, que contém um residual de solvente de 20 a 35% em peso que deverá ser retirado. Esta operação ocorre no dessolventizador/tostador (DT), um equipamento cilíndrico vertical dotado de vários pisos aquecidos a vapor para transferência de calor, e um eixo central com facões em cada estágio, que fazem a agitação e o transporte do farelo de cima para baixo. Com a introdução de vapor direto no último estágio de dessolventização, ocorre a retirada do solvente residual. Nos estágios seguintes à dessolventização, ocorre a tostagem, ou seja, o farelo recebe tratamento de umidade e temperatura sob determinado tempo de residência, para adequação da atividade ureática sem prejudicar o índice de proteína dispersável.(RITTNER, 2002)

Os vapores de solvente e água do dessolventizador e destilaria seguem para condensadores tipo casco/tubo, para serem liquefeitos em contra corrente com a água. A água quente de saída dos condensadores retorna às torres de resfriamento mantendo em circuito fechado com os condensadores. O condensado de solvente é descarregado para os decantadores, onde ocorre a separação do solvente da água proveniente do vapor direto no processo e do sistema de ejetores a vapor utilizados para o escoamento dos gases. O solvente separado retorna ao Extrator para manter o fluxo de lavagem da massa, e a água segue para um Ebulidor, que através de vapor direto será retirado eventual traço de solvente residual, e a água descartada à estação de tratamento de efluentes. (FERNANDES JUNIOR, 2009)

O ar contido na massa de soja na entrada do Extrator dá lugar ao líquido de lavagem, e por isso deve ser retirado. Como este ar possui gases de solvente, também escoa aos condensadores para recuperação do solvente. Estes gases após a passagem pelos condensadores são chamados de incondensáveis, mas continuam com traços de solvente. São direcionados então a um sistema de absorção, que

através de contato direto e em contra corrente com óleo mineral, se tem a possibilidade de recuperação de solvente. O óleo mineral que absorveu o solvente é enviado a uma coluna de evaporação, separando o solvente em forma de gás e direcionado ao sistema de condensação, e o óleo após resfriamento retorna às colunas de absorção, se mantendo em regime fechado e continuamente. (RITTNER, 2002).

2.2.4 Solvente Hexano

A grande maioria das plantas de extração de óleos vegetais processa com solventes orgânicos, sendo o hexano o mais utilizado que permite resultados de eficiência superiores a 95%. Hexano é uma mistura de isômeros rica em n-hexano (~60%), derivado do petróleo, altamente inflamável e explosivo, que na atmosfera representam perigos às pessoas e bens. Por isso é rigorosamente controlada sua emissão tornando um desafio uma operação segura. (CAMPBELL et al. 2010).

Estas emissões consideradas como perdas, podem ser medidas em quatro pontos de controle: no farelo, óleo, e nos efluentes líquidos e gasosos. Existem equipamentos específicos para esta medição, porém normalmente o controle realizado nas plantas na maioria das empresas, é através do controle da reposição de solvente à planta. Diariamente a operação mede o nível de estoque de solvente, sendo a diferença do dia anterior para o atual, atribuída como consumo.

Vidal (1991) trabalhou num estudo que chamou de perdas de solvente em uma planta de extração de óleo de soja. Os resultados apresentados na Tabela 1 consideram: 300 ppm de perda no farelo, óleo com ponto de fulgor a 125°C (arraste 0,04%), arraste de 30 g/m³ de ar, e 75 kg de descarte de água/tonelada de soja processada, que foram analisados em uma planta sem refrigeração do óleo mineral de absorção.

Tabela 1: Perdas de solvente – exemplo 1

Fonte de Perda	Perda (l/t)	Porcentual
Farelo	0,350	39%
Óleo	0,110	12%
Ar	0,150	17%
Água	0,025	2%
sub total	0,635	
fugas	0,275	30%
total	0,910	100%

Fonte: adaptado de Vidal (1991)

Observa-se nesta tabela que este autor considerou também uma perda não mensurável, atribuindo em 30% do total. Entretanto Kemper (1998) explica que estas perdas não mensuráveis são chamadas de perdas heterogêneas, classificadas em três categorias: perdas por excesso, perdas mecânicas e perdas por fugas. As perdas por excesso significam o que foi consumido além do normal, como uma operação inconsciente ou alteração de parâmetros de operação em função de instabilidade do processo, como exemplo em partidas da planta após paradas. As perdas mecânicas são provenientes dos equipamentos através de flanges, selos de bombas, visores, etc. E as perdas por fugas ocorrem quando existe a necessidade de parar o processamento e abrir os equipamentos para inspeção ou limpeza. Este autor também aponta resultados apresentados na Tabela 2.

Tabela 2: Perdas de solvente – exemplo 2

Fonte de Perda	Perda (l/t)	Porcentual
Farelo	0,419	76%
Óleo	0,049	9%
Ar	0,079	14%
Água	0,007	1%
total	0,554	100%

Fonte: Adaptado de Kemper (1998)

Kemper (1998) também considera que uma perda razoável de solvente trabalhando com equipamentos e condições apropriadas, é de 1,135 l/t, obtendo uma diferença da perda mensurável de 51% do total.

2.2.5 Utilização da Energia térmica

Observa-se no descritivo das operações de extração de óleo, que a energia térmica é fundamental na transformação da soja. Na operação de secagem da soja, tanto na seção de recepção como na seção da preparação, normalmente é utilizada a queima direta de um combustível para aquecimento do ar, lenha ou gás. Nas seções de Preparação e Extração é utilizado o vapor d'água, através da queima de um combustível para sua geração em caldeiras, para ser distribuído pela planta onde se tem a necessidade de aquecimento ou trabalho no processo de transformação.

2.2.5.1 Operação de Secagem da Soja

Neste caso o consumo de combustível é medido em relação à soja processada, indicado em kg de combustível/tonelada de soja seca, ou m³/t quando se trabalha com lenha. Este indicador possui variações ao longo do ano, em função que após o período crítico de recebimento da soja, este valor tende a decrescer pelo fato da utilização contínua somente do secador da seção da preparação.

Conforme Hall (1980) *apud* Afonso Junior *et al* (2006):

[...] o calor latente de vaporização da água de produtos agrícolas está inversamente relacionado com seu teor de água, podendo ser adotado, de modo geral, o valor de 2.930,2 kJ kg⁻¹ para produtos com teor de água entre 15 e 35% b.u. (base úmida) (AFONSO JUNIOR, 2006, p. 28-35)

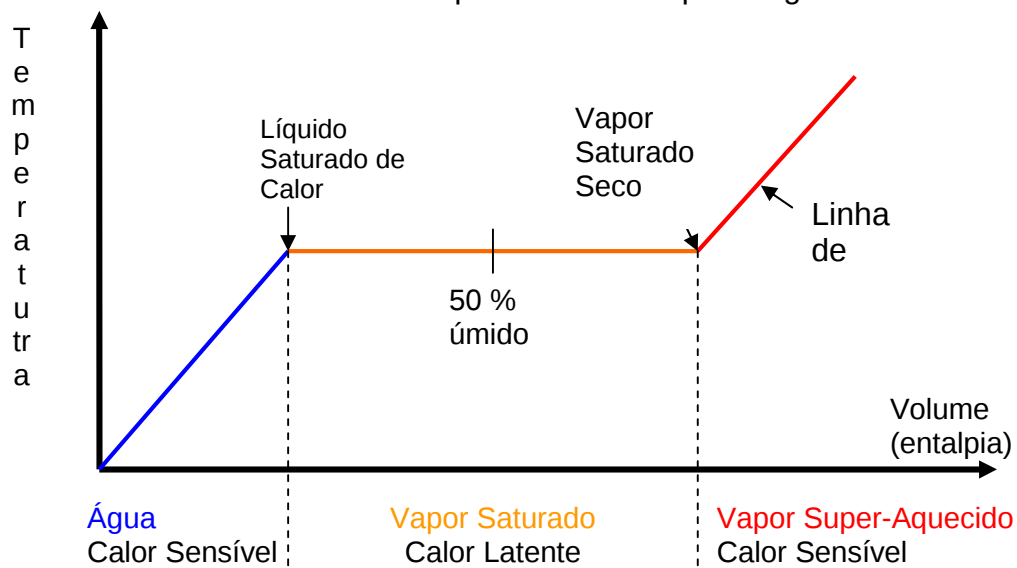
Neste mesmo estudo de Afonso Junior *et al.* (2006), encontra-se a informação de que para reduzir a umidade da soja de 20 para 11%, a energia requerida é de 824.090 kJ/t de produto seco. Ao utilizar lenha como combustível para aquecimento direto do ar, o consumo é de 0,17 m³/t de produto seco, considerando as características da lenha: poder calorífico inferior de 13.813,8 kJ kg⁻¹ e massa específica de 390 kg m⁻³. Estes valores já norteiam a meta de consumo da operação de secagem, mesmo no caso de secadores que trabalham com o aquecimento do ar de forma indireta através de vapor d'água.

2.2.5.2 Aplicação do Vapor d'água

Para o processo de transformação da soja se tem a necessidade de aquecimento para as reações, e o vapor d'água é um dos mais versáteis meios de aquecimento industrial.

Segundo Wylen e Sonntag (1976), a medida que se transfere calor à água a uma pressão constante, sua temperatura aumenta assim como ligeiramente seu volume, e este calor chamamos de sensível, pois não houve mudança de estado. A água ao atingir o ponto saturado de calor, qualquer adicional de calor, inicia-se a mudança de estado aumentando seu volume consideravelmente, mas mantendo a temperatura constante. Portanto, o vapor d'água tem a característica, que a uma determinada pressão possui uma temperatura correlata, e a este vapor dá-se o nome de vapor saturado. Quando se tem uma substância que parte é líquida e parte é vapor, na temperatura e pressão de saturação, atribui-se ainda o que se denomina título, representado pelo símbolo x , que é definido como a relação entre a massa de vapor e a massa total. Quando se inicia a vaporização, o vapor já começa a possuir calor latente, que é o calor possível de ser transferido, e por isso o título recebe a importância nos cálculos de transferência de calor, pois é a razão de umidade deste vapor. Ao atingir título de 100 %, o vapor recebe o nome de saturado seco, pois este vapor está saturado de calor e totalmente seco. Quando o vapor está acima da temperatura de saturação, já é chamado de vapor superaquecido e normalmente usado para realização de trabalho. O Gráfico 3 apresenta as fases do vapor.

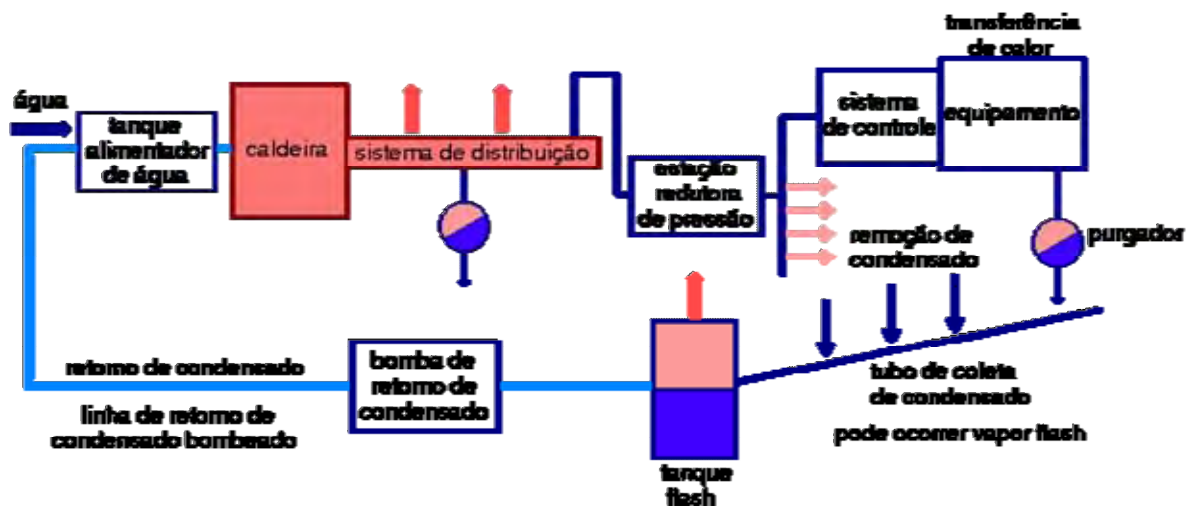
Gráfico 3: Propriedades do vapor d'água



Fonte: adaptado de Wylen e Sonntag (1976)

A Figura 4 apresenta um sistema típico de vapor, que se inicia pela caldeira, onde ocorre a geração do vapor. Este através de tubulações apropriadas é transportado aos equipamentos de aquecimento ou trabalho, onde um sistema de redução de pressão controle e transfere a quantidade de vapor necessária ao processo. Após o uso do vapor nos equipamentos, se obtém o condensado que é drenado pelo trabalho de purgadores, e este condensado ainda pode gerar vapor *flash*, desde que enviado a um tanque para sua separação do condensado. O condensado então é enviado de volta ao tanque de alimentação da caldeira através de bomba de recalque, fechando o ciclo do sistema de vapor.

Figura 4: Sistema típico de utilização do vapor d'água.



Fonte: TLV (1996)

Segundo Incropera e Dewitt (1998) em todos os pontos do sistema de vapor, há princípios adequados a cada situação de demanda, que deve ser previsto em projeto, todas as variações de trabalho para o correto dimensionamento do sistema de vapor. Quando a tecnologia de aplicação do vapor não é eficientemente, se tem um mau desempenho dos equipamentos e a energia perdida pode resultar em perda desnecessária de lucros.

A **caldeira** é o coração de um sistema de vapor. Ela aquece a água através da queima de combustível em um recipiente, e a água contida dentro da caldeira se transforma em vapor. Um separador de umidade é incluso na saída de vapor da caldeira para garantir que as gotículas de água não sejam carregadas pelo sistema de distribuição de vapor, e assim manter elevado o título do vapor. Geralmente as caldeiras são instaladas de encontro às demandas das plantas, e operadas na pressão de trabalho designada para máxima eficiência, que pode ser calculada conforme a equação (4).

$$\eta = \frac{(F_w) * (E_w + x * r - T_w)}{(Q_f * H_f)} \quad (4)$$

η : eficiência da caldeira (%)

F_w : alimentação de água para caldeira (kg/h)

E_w : entalpia específica da água saturada (kcal/kg)

x : título

r : calor latente do vapor na pressão de trabalho (kcal/kg)

T_w : entalpia específica da água de alimentação (kcal/kg)

Q_f : consumo de combustível (kg/h)

H_f : calor específico do combustível (kcal/kg)

O **sistema de distribuição** é o encanamento que transporta o vapor da caldeira para o equipamento onde este vai ser usado. É essencial que o sistema minimize as perdas de energia e forneça vapor seco para aquecimento. Para prevenir o golpe de aríete, que são choques mecânicos e térmicos do vapor com o condensado (particularmente na posta em marcha), é essencial projetar o sistema e instalar purgadores para promover uma fácil drenagem do condensado que invariavelmente existe dentro da tubulação ao longo da rede. Segundo Telles (1999) para o correto diâmetro da tubulação, dois caminhos devem ser comparados para o

ideal do sistema: determinação pela velocidade do vapor e pela perda de carga. A velocidade econômica recomendada para o transporte do vapor numa tubulação, pode ser de 20 a 40 m/s para uma pressão de até 2 kgf/cm², 40 a 60 m/s para pressões de 2 a 10 kgf/cm² e 60 a 100 m/s para pressões acima de 10 kgf/cm².

O vapor é usualmente distribuído sob a maior pressão gerada pela caldeira, diminuindo o tamanho da tubulação e oferecendo um suficiente diferencial de pressão para permitir relativas perdas de fluxo através do sistema de tubulação. Uma **estação redutora de pressão** é necessária porque os equipamentos operam a diferentes temperaturas, o que requer vapor a diferentes pressões, conforme o projeto do aparelho de aquecimento. (TELLES, 1999)

A **transferência de calor** do vapor que ocorre num aparelho de aquecimento é usualmente dirigida por uma válvula de controle. A quantidade de energia fornecida e a razão de transferência de calor são afetadas por numerosos fatores conforme Incropera e Dewitt (1998): pressão de vapor, volume de ar no vapor, material de construção do aparelho de troca, incrustações resistentes ao calor e o coeficiente global de troca de calor.

Quando o vapor libera calor latente, ele condensa. A **remoção do condensado** permite que mais vapor se condense e forneça mais energia calorífica. Se o condensado não é removido, a vazão de transferência de calor será reduzida. O meio mais simples de permitir que o condensado seja drenado, é usar a gravidade e a pressão do equipamento de vapor para empurrar o condensado através de um equipamento conhecido como purgador.

Segundo Telles (2001), "Os purgadores são dispositivos automáticos que separam e eliminam o condensado formado nas tubulações de vapor e nos aparelhos de aquecimento, sem deixar escapar o vapor." E devem ser instalados pelos seguintes motivos:

- Conservar a energia do vapor, para manter a eficiência de troca térmica nos aparelhos de aquecimento;
- Evitar vibrações e golpes do vapor com o condensado;
- Evitar erosão de válvulas e acessórios devido ao impacto das gotículas;
- Diminuir o efeito de corrosão, pois o condensado combina com CO₂ formando ácido carbônico, altamente corrosivo;
- Evitar redução da seção transversal da tubulação pelo seu acúmulo;

- Evitar o resfriamento do vapor devido à mistura com outros gases.

Os purgadores podem ser classificados em três categorias: mecânicos, termostáticos e termodinâmicos, modificando algumas particularidades conforme o fabricante, e devem ser selecionados conforme o serviço que deverá executar, dimensionando-os conforme a capacidade de eliminação de condensado, em função da pressão de entrada e saída. A Tabela 3 apresenta algumas características importantes dos purgadores para seleção.

Tabela 3: Características de Purgadores.

Tipo	Pressão máxima do vapor (kg/cm ²)	Capacidade máxima (kg/h)	Permite descarga contínua?	Perda de vapor	Necessidade de manutenção
Bóia	35	50.000	Sim	Pouca	Regular
Balde invertido	180	15.000	Não	Pouca	Bastante
Expansão metálica	50	4.000	Não	Bastante	Regular
Expansão líquida	35	4.000	Não	Bastante	Regular
Termodinâmico	100	3.000	Não	Regular	Quase nenhuma

Fonte: adaptado de Telles (2001)

O condensado quente contém uma energia valiosa, tratamento químico, e alta qualidade da água, que não devem ser desperdiçados. Por isso um **sistema de retorno de condensado** é um método de recuperar esta energia, bombeando o condensado de volta para o tanque de alimentação da caldeira, que reduz o volume de tratamento da água, e diminui a corrosão de todo o sistema.

Quando a pressão do condensado a uma alta temperatura é repentinamente reduzida, um pouco deste condensado é espontaneamente transformado em vapor. Isto é chamado de **vapor flash**, que ocorre tipicamente depois de purgadores. O vapor *flash* separado do condensado, pode ser reutilizado num aparelho projetado a operar sob baixa pressão e ajudar no corte de gastos. (INCROPERA e DEWITT, 1998).

Segundo Telles (2001), o emprego de **isolamento térmico** em tubulações possui três motivos:

- econômico – economiza energia prevenindo as perdas para o meio;
- serviço – quando o fluido necessite chegar ao aparelho com a temperatura ideal;
- segurança – relativo à necessidade de proteção pessoal.

Ressalta que o motivo econômico vem se tornando o mais importante em vista do custo da energia.

A **perda de vapor em um orifício** numa tubulação de vapor pode representar grandes desperdícios. Um dos aplicativos do software “*Calculador de Ingenieria*” da TLV, calcula a quantidade de vapor perdido por hora em um orifício, que a Tabela 4 apresenta alguns comparativos para uma ideia na relevância dessa perda.

Tabela 4: Perda de vapor em kg/h em um orifício.

Pressão (kgf/cm ²)	Diâmetro do orifício (mm)				
	12,70	6,35	3,17	1,58	0,79
5,0	481,2	120,3	30,0	7,4	1,9
7,0	640,7	160,2	39,9	9,9	2,5
10,0	880,0	220,0	54,8	13,6	3,4
12,0	1039,5	259,9	64,8	16,1	4,0

Fonte: adaptado do software da TLV (2012)

Conforme Knott (1992) a carga térmica necessária para os equipamentos das seções de Preparação e Extração, é em torno de 245 kg de vapor / tonelada de soja processada quando se trabalha na forma de laminas, e 250 kgv/t quando utilizado o processo de expansão na seção de Preparação. Estes valores podem ser um número de partida para a meta do consumo de vapor, porém sabemos que todos os equipamentos possuem um rendimento, assim como o sistema de vapor, que Incropera e Dewitt (1998) alertam sobre a adequação do sistema de encontro à demanda, pois implica diretamente no custo de combustível para a caldeira.

2.2.6 Energia elétrica

A energia elétrica consumida numa planta é bastante estável quando o processamento é o mais contínuo possível, justamente devido à carga elétrica

instalada ter sido definida na implantação do projeto. As indústrias informam este consumo na unidade em Kwh/tonelada de soja processada, e este valor conforme Knott (1992) deve ser em torno de 23 Kwh/t para as seções de Preparação e Extração juntas.

2.2.7 Especificações de qualidade dos produtos

O controle de qualidade no processo de extração de óleo se inicia na recepção da soja na empresa com a operação de classificação. A Instrução Normativa nº 11 de 15 de Maio de 2007 do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento estabelece o Regulamento Técnico da Soja, definindo o seu padrão oficial de classificação, com os requisitos de qualidade intrínseca e extrínseca. Os grãos de soja provenientes da espécie *Glycine Max (L) Merrill* são classificadas em dois grupos: Grupo I destinada ao consumo *in natura*, e Grupo II para outros usos. A soja de ambos os grupos são também classificadas de acordo com a classe de coloração: Classe I amarela, e Classe II misturada. Possuem ainda outra classificação de acordo com os percentuais de tolerância em função da qualidade: Tipo 1 e Tipo 2, que ambos permitem no máximo 14% (catorze por cento) de umidade. A Tabela 5 apresenta estas tolerâncias em porcentagem.

Tabela 5: Classificação da Soja

Grupos	Tipos	Avariados				Esverdeados	Partidos, Quebrados e Amassados	Matérias Estranhas e Impurezas
		Total de Ardidos e Queimados	Máximo de Queimados	Mofados	Total			
I	1	1,0	0,3	0,5	4,0	2,0	8,0	1,0
	2	2,0	1,0	1,5	6,0	4,0	15,0	1,0
II	Padrão Básico	4,0	1,0	6,0	8,0	8,0	30,0	1,0

(*) A soma de queimados, ardidos, mofados, fermentados, germinados, danificados, imaturos e chochos.

Fonte: Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (2007)

Teixeira (2001) realizou um estudo sobre as perdas qualitativas no armazenamento da soja. Armazenou amostras de soja sob condições com e sem aeração, em três níveis diferentes de umidade inicial, medindo algumas variáveis de qualidade ao longo de 238 dias. Concluiu que as perdas se acentuam com o aumento de grãos ardidos e avariados, e principalmente com umidade mais alta quando sob sem sistema de aeração. A aeração não influi sobre o teor de proteína e óleo, mas que tende a diminuir ao longo do armazenamento. A Tabela 6 apresentam os resultados das análises quando as amostras foram armazenadas e ao final do tempo de armazenamento.

Tabela 6: Perda qualitativa no armazenamento da soja.

Análises	Dias armazenados	Com aeração			Sem aeração		
		Umidades					
		12,70%	15,50%	15,50%	12,70%	15,50%	15,50%
Ardidos	0	1,37	0,8	0,73	0,97	0,5	0,5
	238	3,73	3,48	3,73	6,67	5,26	39,46
Acidez	0	1,12	0,91	0,66	1,19	0,81	0,75
	238	2,84	2,38	2,63	3,05	3,15	4,91
Óleo	0	22,27	21,8	22,81	25,56	21,7	22,66
	238	20,39	21,17	21,42	21,18	20,96	20,89
Proteína	0	37,64	38,17	37,41	37,6	38,61	37,05
	238	37,63	38,23	37,06	37,27	38,06	37,13

Fonte: adaptado de Teixeira (2001)

Portanto desde que mantido as condições convencionais de armazenamento da soja, o óleo bruto degomado extraído terá suas especificações de qualidade garantidas. A empresa Aboissa Óleos Vegetais comercializa óleo degomado de soja com especificações conforme apresentado na Tabela 7.

Tabela 7: Especificações de qualidade do óleo degomado de soja.

Análises	Especificações
Densidade relativa a 25°C/4°C	mín. 0,9180 ; máx. 0,9225
Índice de refração a 25°C	mín. 1,4700 ; máx. 1,4760
Índice de iodo (Wijs)	mín. 120 ; máx. 143
Índice de saponificação	mín. 188 ; máx. 198
Material insaponificável	máx. 1,5%
Perda por aquecimento (voláteis)	0,2%
Acidez (em ácido oleico)	1,50%
Material insolúvel em éter de petróleo	0,10%
Cor Lovibond	Amarelo 60 ; Vermelho 6
Sedimento	0,30%
Fósforo	0,25%

Fonte: Aboissa - Óleos Vegetais (2012)

A maior atenção operacional no processamento para garantir estas especificações está no índice de voláteis do óleo. Na prática é possível relacionar com o ponto de fulgor do óleo. Paraiso (2001) apresenta algumas relações entre ponto de fulgor e n-hexano residual, conforme Tabela 8. Em caso do óleo apresentar ponto de fulgor abaixo de 121°C, a operação deverá retorná-lo ao processo, o que é possível por algum tempo sem prejudicar a produção, prevenindo teor de voláteis acima do especificado.

Tabela 8: Ponto de fulgor x hexano residual no óleo

Ponto de Fulgor (°C)	Hexano Residual (ppm)
82	3500
99	1600
121	1000
160	550

Fonte: adaptado de Paraiso (2001)

A empresa Aboissa também comercializa farelos de soja com especificações conforme a Tabela 9 para farelos com 46% e 48% de proteína.

Tabela 9: Especificações de qualidade para farelo de soja.

Análises	Farelo 46%	Farelo 48%
Umidade máxima	12%	12%
Proteína Bruta mínimo	46%	48%
Extrato Etéreo mínimo	1%	1%
Fibra Bruta máximo	6%	5%
Matéria Mineral máximo	6,50%	6%
Atividade Ureática pH	0,05-0,30	0,05-0,30
Solubilidade mínima	80%	80%
Energia Bruta (kcal/kg)	4138	4181

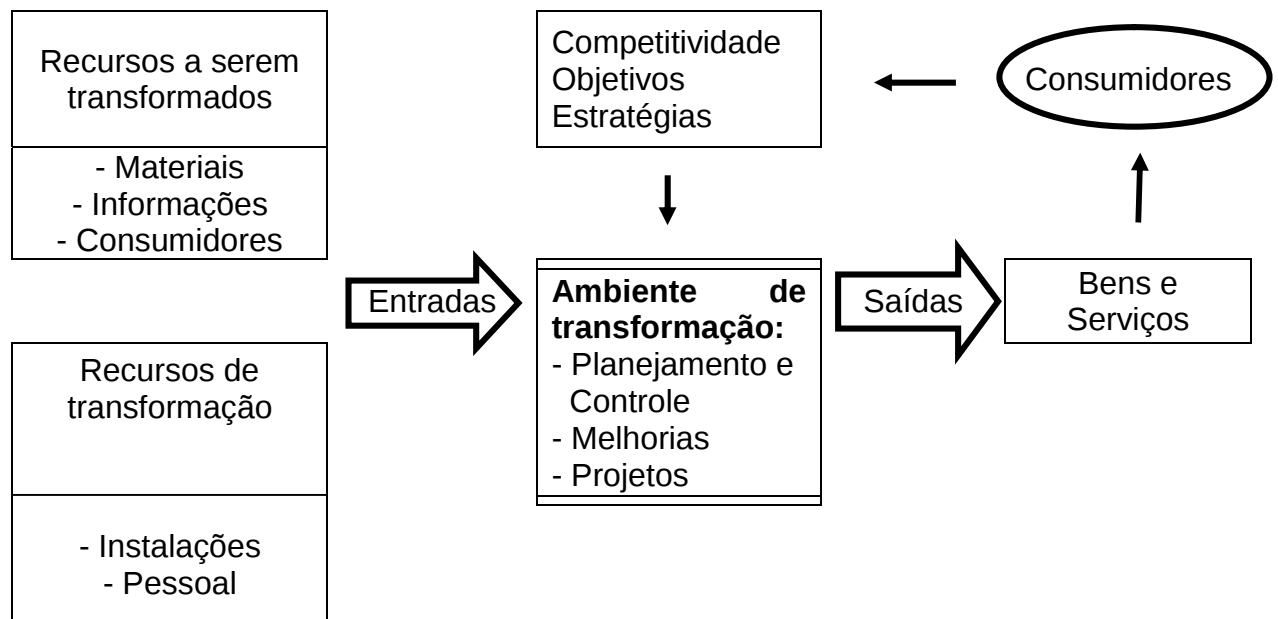
Fonte: Aboissa (2012)

O processo das análises normalmente utilizado é baseado nas metodologias e práticas recomendadas pela American Oil Chemists' Society – AOCS, uma corporação sem fins lucrativos que tem por objetivo a educação, ciência e investigação no domínio dos óleos, lipídeos e outras substâncias associadas. (AOCS, 2007). Porém aparelhos para análises rápidas são largamente utilizados, mas calibrados conforme metodologia proposta pela AOCS.

2.3 O SISTEMA DA PRODUÇÃO

Segundo Slack et al (2002) qualquer atividade de produção pode ser descrita com o modelo *input-transformação-output*.. Os recursos de entrada são a matéria-prima, insumos, informações, as instalações, os equipamentos, pessoal que vão agir sobre a matéria-prima. Quanto à transformação depende do ambiente em que ela ocorrerá a transformação, dos seus controles, planejamento e indicadores utilizados. Os recursos de saída são os produtos ou serviços direcionados à satisfação do cliente. A Figura 6 apresenta um esquema adaptado do sistema de produção proposto por Slack et al (2002).

Figura 5: Modelo da administração da produção.

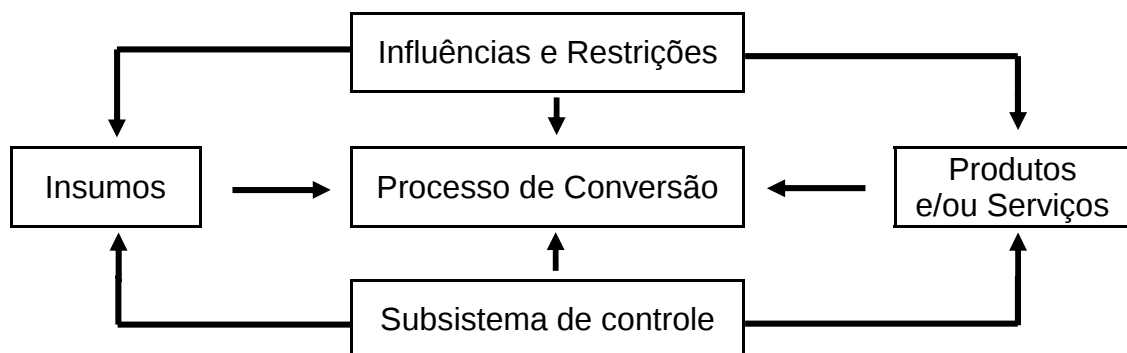


Fonte: adaptado de Slack et al (2002)

Moreira (2009) definiu “sistema de produção como o conjunto de atividades e operações inter-relacionadas envolvidas na produção de bens (caso de indústria) ou serviços.” A Figura 7 apresenta um esquema dos elementos que sofrem influências e restrições tanto externas como internas, que são definidos como:

- *Insumos*: recursos que movimentam o sistema;
- *Processo de conversão*: muda o formato da matéria-prima;
- *Subsistema de controle*: asseguram que as programações sejam cumpridas;

Figura 6: Elementos do Sistema de Produção



Fonte: Moreira (2008)

Como este trabalho trata de analisar as perdas no ambiente de transformação, ou processo de conversão, torna-se relevante uma classificação do sistema de produção, para que se permita estabelecer ferramentas de controle e análises da produção apropriadas para as soluções de problemas.

2.3.1 Tipos de Sistema de Produção

Slack et al (2002) analisou a classificação da produção considerando os elementos do sistema, conforme os recursos de entrada (*input*), o ambiente de transformação e os recursos de saídas (*output*):

Analisando as entradas:

a) em função do tipo de recursos a serem transformados: processadores de materiais, informações ou consumidores;

Analisando o processo de transformação:

b) em função da ação principal do processo de transformação: sistemas que transformam as propriedades físicas ou informativas, mudam a posse ou localização, estocam ou acomodam, ou ainda mudam o estado fisiológico ou psicológico;

c) em função do fluxo dentro do processo de transformação: fluxo contínuo, contínuo puro, contínuo com montagem ou desmontagem, contínuo com diferenciação final, fluxo intermitente, fluxo misto e fluxo por projeto;

d) em função da decisão de produzir: antecipada ou para estoque, ou sob encomenda;

e) em função do grau de contato com o consumidor: alto ou baixo;

Analisando as saídas:

f) em função da natureza das saídas: fabricação de produtos ou prestação de serviço;

g) em função do volume de saídas: alto, médio ou baixo.

h) em função da variedade ou padronização das saídas: alta variedade sem padronização, variedade média com alguma padronização e baixa variedade altamente padronizada;

i) em função da variação da demanda pelas saídas:

- produção sazonal ou com alta variação da demanda;

- produção não sazonal ou com baixa variação da demanda.

Oliveira Netto e Tavares (2006) simplificam a classificação da produção, e definem a produção contínua aquela que possui um fluxo de trabalho definido e uma sequência a ser seguida.

Moreira (2009) aponta duas classificações de tipos de sistemas de produção: Classificação Tradicional e Classificação cruzada de Schroeder.

Classificação Tradicional:

- Sistemas de produção contínua ou fluxo em linha: que subdividem em dois tipos:

- a) produção em massa: para linha de montagem de produtos variados;
- b) produção contínua: propriamente dita para as indústrias de processo.

- Sistemas de produção por lotes ou encomendas: ao término de um lote, inicia-se outro caracterizando intermitência na produção.

- Sistemas de produção de grandes projetos: cada projeto é um produto único.

Classificação cruzada de Schroeder:

Esta classificação possui duas dimensões, a primeira considera a classificação tradicional por tipo de produto, e a segunda inclui o tipo de atendimento ao consumidor: sistemas orientados para estoque ou para encomenda.

No contexto de que qualquer atividade de produção se considera as entradas (*inputs*) e saídas (*outputs*), é fundamental que o conceito de produtividade seja definido.

2.3.2 Produtividade

Segundo Campos (1992) o conceito de produtividade é o quociente entre o que a empresa produz (*output*) e o que ela consome (*input*), equação (5):

$$\text{Produtividade} = \frac{\text{output}}{\text{Input}} \quad (5)$$

Entretanto também faz uma analogia com o valor agregado. Substitui o *output* por “valor produzido” e *input* por “valor consumido”, visualizando a produtividade como taxa de valor agregado, equação (6):

$$\text{Produtividade} = \frac{\text{Valor Produzido}}{\text{Valor Consumido}} = \text{Taxa de Valor Agregado} \quad (6)$$

Para Moreira (2009) produtividade está relacionada ao aproveitamento dos recursos num determinado período de tempo, definindo-a pela equação (7):

$$\text{Produt} = Q_t / I_t \quad (7)$$

Produt = produtividade absoluta no período t

Q_t = produção obtida no período t

I_t = insumos utilizados no período t

A unidade de medida deriva diretamente das unidades utilizadas para produção e insumos. Exemplo: toneladas de óleo produzida/toneladas de soja processada num período de tempo.

Na produção contínua de óleo de soja Rittner (2002) classifica a produtividade como eficiência de extração. Com as variáveis: quantidade de soja processada (entrada), quantidade de óleo extraído (saída) e o percentual de óleo contido na amostragem da soja processada num mesmo período de tempo, se calcula a produtividade pela equação (8), ou eficiência da extração. O resultado deve ser superior a 95%, e acima de 97% já é considerado muito bom.

$$\text{Eficiência da Extração} = \frac{\text{Kg de óleo extraído}}{\text{Kg de soja processada} * \% \text{ de óleo contido na soja}} \quad (8)$$

Segundo este mesmo autor a eficiência de extração também pode ser calculada considerando outras variáveis do processo, apresentado na equação (9):

$$\text{Eficiência da Extração} = \frac{100 - B * C * 100}{A * D} \quad (9)$$

A = % de matéria graxa no material que entra na extração

H = % de umidade no material que entra na extração

B = % de sólidos na material que entra na extração = (100 – A – H)

C = % de matéria graxa no material que sai da extração

h = % de umidade do material que sai da extração

D = % de sólidos do material que sai da extração = $(100 - C - h)$

A produtividade, ou eficiência, está atrelada a um período de tempo em que a produção esteve em funcionamento. Por isso é necessário conhecer o intervalo de tempo que está sendo analisado, e quais os motivos que causaram interrupção das atividades produtivas.

2.3.3 Disponibilidade e Falhas

Slack et al.(2002) complementa que disponibilidade é o grau em que a produção esteve em funcionamento, e acrescenta que as falhas na produção podem acontecer por diversas razões: falhas de projeto quando este não foi concebido corretamente; falhas de instalações que são causadas por máquinas e equipamentos que invariavelmente tem a probabilidade de quebrarem, interrompendo parcial ou totalmente a produção; falhas de pessoal que podem ser por “erros” que são enganos de julgamento, ou “violações” que significa atos contrários ao procedimento operacional definido; falhas de fornecedores que se relaciona com o prazo de entrega ou qualidade dos bens e/ou serviços diretamente para a produção; e ainda falhas de clientes quando um produto é mal utilizado pelo ele. Basicamente as falhas também podem ser consideradas como perdas.

Correa e Correa (2010) caracteriza disponibilidade como sendo a relação entre o tempo que um recurso está efetivamente sendo utilizado pelo tempo total previsto para a operação, que pode ser calculado pela equação (10):

$$\text{Eficiência da Extração} = \frac{\text{tempo disponível do recurso}}{\text{tempo total previsto para operação}} \quad (10)$$

Estes autores consideram que o tempo disponível do recurso é o tempo entre duas falhas sucessivas, e tempo total previsto para a operação é o tempo entre as falhas mais o tempo parado para correção da falha.

O pressuposto de que falhas implicam em perdas na produção, segundo Ferreira (1995) significa que se deixou de ganhar, houve um extravio ou um desaproveitamento dos recursos, é sinônimo de desperdício. Por isso identificar as perdas no processo de transformação, é fundamental para a análise da produtividade.

2.3.4 Perdas na Produção

Shingo (1981) estudou as perdas da produção classificando-as em sete tipos, que resumidamente apresenta-se como:

- 1) As perdas por superprodução referem-se aos itens acima do necessário ou antecipadamente, que aumenta os estoques.
- 2) Perdas por transporte referem-se basicamente às atividades de movimentação de materiais, as quais usualmente não adicionam valor ao produto.
- 3) As perdas no processamento propriamente dito correspondem às atividades de transformação desnecessárias para que o produto adquira suas características básicas de qualidade.
- 4) Perdas por fabricação de produtos defeituosos originam-se na confecção de itens fora das especificações de qualidade.
- 5) Perdas no movimento relacionam-se à movimentação inútil na consecução das atividades, ou seja, à ineficiência da operação propriamente dita.
- 6) Perdas por espera são formadas pela capacidade ociosa, quer dizer, por trabalhadores e instalações parados, o que gera custos.
- 7) A existência de estoques gera as perdas por estoque, as quais são os custos financeiros para a manutenção dos estoques.

A tese de Bornia (1995) é uma pesquisa de mensuração das perdas no processo produtivo, e uma de suas observações é a necessidade de diferenciar custos de perdas. Assim é possível priorizar ações de combate ao trabalho que não agrega valor e às perdas propriamente ditas. Ressalta que as medidas da excelência do trabalho da empresa apresentam deficiências por se basearem no sistema tradicional da contabilidade de custos, pois não indicam os locais onde se faz necessárias intervenções para melhoria. A realidade do mercado está obrigando as empresas a detectar e eliminar perdas nas atividades do trabalho, mas encontram

difficuldade de identificarem eficazmente as melhorias potenciais do processo. A identificação dos custos associados às atividades facilitaria o conhecimento do impacto das imperfeições da produção, para uma direção mais correta das ações de melhoria. Este autor ainda acrescenta mais um item na lista de perdas estudadas por Shingo, que são os *desperdícios de matéria prima*, isto é, matérias-primas despendidas de maneira anormal ou acima do estritamente necessário à confecção do produto.

Gupta (2008) em seu Guia Prático de Processamento de Óleo disserta sobre as perdas na refinação do óleo bruto, que também é um fluxo contínuo de processamento como a extração de óleo. Portanto também é possível acrescentar itens na análise das perdas. Este autor lista fatores contribuintes como:

- 1) Deficiência de contadoria;
- 2) Procedimento de recepção e armazenamento impróprio para embalagem e matéria-prima;
- 3) Práticas operacionais impróprias que resultam em alta razão de reproprocessamento ou perdas;
- 4) Equipamentos limitados;
- 5) Insuficiente conhecimento de elementos de custos e seus impactos no custo de degradação de matéria-prima e produtos e variação da produção;
- 6) Outros fatores.

Souza e Diehl (2009) consideram perdas como o consumo de recursos além do necessário para a produção de bens, classificando-as em normais quando inerentes ao processo, ou anormais devido a uma situação excepcional. Por isso enfatizam que é preciso conhecer claramente o que é o consumo necessário, pois eliminar uma perda às vezes não é economicamente viável num determinado momento, devido ao investimento ser superior aos ganhos, mas que em outro momento passa a ser justificável. Também classificam as perdas em três tipos:

- 1) Perdas de materiais: consumo além do normal gerando custos extras e consequências físicas como: desperdícios que não possuem valor e tampouco reaproveitadas; sobras decorrente do aproveitamento limitado da matéria-prima, também chamada de quebra e não reaproveitada; produto defeituoso que pode ser vendido como segunda linha ou reaproveitado incluindo retrabalho para recuperar sua condição normal; e ainda refugos que não atendem as especificações, não permitem retrabalho mas que podem ser vendidos, normalmente a preço baixo.

2) Perda de tempo: horas adicionais para cumprir a produção, devido a ineficiências ou paradas de linha devido à falhas.

3) Perdas de capital: relativo à má previsões de gastos ou incidentes que geram custos de capital.

A partir da identificação das perdas, onde e por que elas ocorrem, é preciso julgar o quanto as operações produtivas estão eficientes. Por isso medir o desempenho das operações, proporciona direcionar corretamente atitudes de melhorias ou correções no processo de transformação.

2.3.5 Avaliação de desempenho

Ao nível operacional Slack *et al* (2002) diz que é responsabilidade da função produção, compreender e estabelecer os objetivos de desempenho, para garantir a satisfação dos *stakeholders*⁵. Defini cinco objetivos básicos de desempenho, válidos para todos os tipos de operações produtivas:

- Custos: quanto menor o custo de produção, menor poderá ser o preço ao consumidor, e está incorrido no custo de funcionários, instalações e equipamentos, e materiais consumidos ou transformados na produção.
- Flexibilidade: significa a capacidade de mudar a operação, tanto para produto, variedade de produtos, volume ou tempo de entrega.
- Confiabilidade: significa entregar em tempo os bens para os clientes, estendendo para as operações internas, garantindo um produto confiável nas diferentes partes operacionais.
- Rapidez: é o quanto tempo os clientes esperam o produto, considerando o nível de estoque de materiais para a transformação e a previsão de demanda, sendo menos arriscado prever com menor antecedência.
- Qualidade: é fazer certas as coisas, que reduz custos e aumenta a confiabilidade.

⁵ Stakeholders: pessoas ou grupo de pessoas envolvidas direta ou indiretamente nas atividades produtivas.

Tratando-se de qualidade, a norma ISO 9001:2000 na seção 8 é indicada a necessidade de monitoramento, medição, análise e melhoria para demonstrar a conformidade do produto e a eficácia do sistema de gestão da qualidade, estabelecendo a utilização sistemática dos conceitos de ações corretivas e preventivas. Entretanto verifica-se entre as empresas certificadas a dificuldade de incorporar medições do processo voltadas à gestão dos negócios. (OLIVEIRA e MELHADO, 2009).

Entretanto a pesquisa de Oliveira et al. (2011) sobre diversas empresas certificadas pela norma ISO 9001, de diferentes atividades produtivas, se confirmou a geração de benefícios significativos, como a melhoria de processos internos e aumento de produtividade. O que ratificou a importância da utilização dos programas e ferramentas da qualidade, melhorando o monitoramento do desempenho da qualidade e a identificação e solução de problemas.

Independentemente de certificação ISO 9000:2000, Corrêa e Corrêa (2010) dizem que um sistema de avaliação de desempenho é essencial para a gestão das operações, pois os dados avaliados contra determinados padrões, apoiam as tomadas de decisões, além de influenciar comportamentos nas pessoas e nos sistemas de operações para atingirem os objetivos. Entretanto questiona a validação de uma medida de desempenho se de fato é boa e adequada, e cita Nelly (1997) que sugeriu referências para definição das medidas de desempenho: - a medida deve ter métrica clara e específica, com propósito bem definido se referindo à prioridade estratégica da operação, e com meta estabelecida conforme padrões para comparações, que podem ser históricos, arbitrários, definidos pela concorrência ou absolutos. Complementa que deve ser elaborada a fórmula de como a medida é de fato quantificada, assim como a frequência de registro, quem mede, quais as fontes de dados, quem age sobre os dados e quais as ações para melhorias.

Corroborando Takashina e Flores (2005) explicam que medidas de desempenho, podem ser classificadas como indicadores de desempenho que estão associados às características do processo e do produto, e os indicadores de qualidade estão associados às características da qualidade do produto julgadas pelo cliente.

2.3.6 Custos e qualidade

Slack et al.(2002) assume que será observado redução dos custos de falhas , a medida que aumenta o investimento na avaliação e prevenção. Porém há um valor ótimo para que os custos de melhoria da qualidade, não se tornem maiores que os benefícios.

Brown et al. (2005) diz que a administração das operações trabalha sob orientação do gerenciamento de custos, mas uma forte tendência é mudar para gestão de valor. Isto principalmente em mercados de alto volume que possuem em geral margens estreitas, onde os custos e preços devem ser controlados cuidadosamente, valorizando a experiência acumulada, o uso de tecnologias, e qualidade nos processos por meio de melhoria contínua.

Conforme Souza e Diehl (2009) custo representa parte do esforço financeiro da organização transferido ao produto, que também inclui as perdas, aquele esforço que não foi adicionado ao produto devido às falhas.

Bornia (2010) explica que custos de fabricação são os insumos para a fabricação dos produtos, como materiais, mão de obra, energia, máquinas e equipamentos, etc. Diferencia-se de gastos, que são os insumos adquiridos pela empresa mesmo se não foram utilizados diretamente na produção. Este autor considera sob a ótica contábil, que perda é o valor dos insumos consumidos de forma anormal, um trabalho que não agrega valor ao produto, ou seja, gastos ineficientes. Para desperdício classifica-o como sendo o esforço econômico que não agrega valor ao produto e também não suporta diretamente o trabalho efetivo, englobando as não eficiências do processo. Desta maneira os esforços da empresa são divididos em trabalho efetivo, que aumenta o valor do produto, e trabalho adicional que não adicionam valor ao produto, mas dão suporte ao trabalho efetivo, como exemplo a preparação de máquinas.

Uma postura estratégica em relação ao controle de custos e desperdícios é fundamental para a sobrevivência e crescimento das organizações, pois o novo equacionamento da formulação de lucro é indicado pela diferença entre o preço final do produto – ditado pelo mercado – e seu custo de produção. Nesse sentido, o investimento em gestão da qualidade é garantido o retorno em médio prazo, mesmo

com aumento momentâneo dos custos desde que aplicados conscientemente. (CALIXTO E OLIVEIRA, 2004).

Níveis de qualidade aceitáveis é uma expressão que faz parte nas atividades produtivas, pois conforme Brown et al. (2005) em produtos e processos produtivos complexos há variáveis aleatórias que inevitavelmente resultam em defeitos e problemas que poderiam ser evitados. Podem ser comprovados ao nível estatístico que medidas podem ser tomadas para assegurar a percepção global de qualidade. Estes fatores perturbadores da qualidade podem ser detalhes aparentemente sem importância, que podem causar impactos na eficiência da produção.

Para que se tenha eficiência e eficácia, fazer as coisas bem feitas e certas nas atividades produtivas, as pessoas envolvidas nas operações tem importância fundamental em todo este contexto.

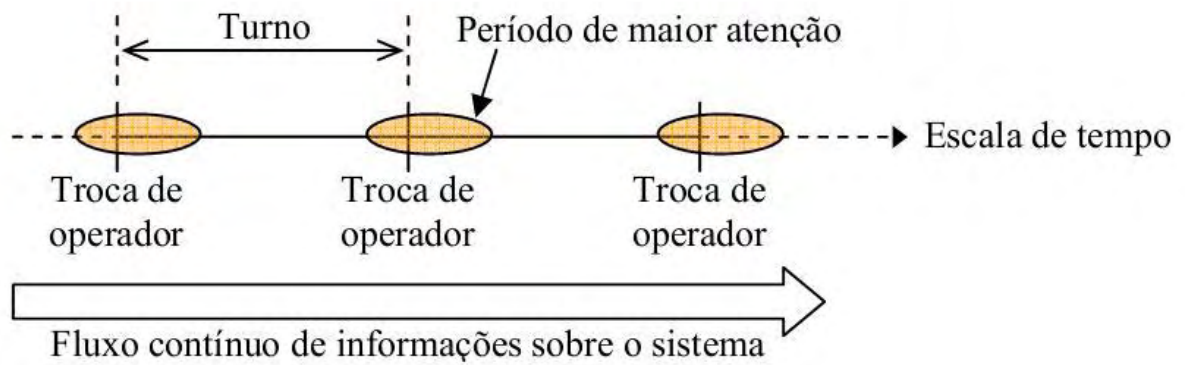
2.3.7 Fator humano na operação

Chiavenato (1999) diz que a empresa deve investir nos bens humanos e ceder-lhes espaço para conquistar sua lealdade, pois não há razão lógica ou econômica para que esses bens se mudem para outra empresa. Serteck (2006) complementa que apesar de haver tecnologias de vanguarda, planejamento tático e operacional adequados para a melhoria da produção, são as pessoas que fazem a diferenciação nas empresas de sucesso.

Em sistemas complexos como de uma produção contínua, os operadores são dependentes uns dos outros, pois a fábrica não para, mas os operadores mudam. Por isso as informações sobre ocorrências e parâmetros de trabalho, devem ser transferidas a cada turno para que o processo se mantenha estável e confiável. (BORGES e MENEGON, 2009).

Estes autores complementam ainda: "Assim, deve-se levar em conta que o que deve acompanhar a produção é a informação e não o operador." Na mudança de turno é o período em que se deve ter maior atenção, o operador que está saindo, já está cansado, e o que está entrando ainda irá se adaptar ao sistema de trabalho. A Figura 6 ilustra esta situação.

Figura 7: Períodos críticos nas trocas de turnos em processos contínuos



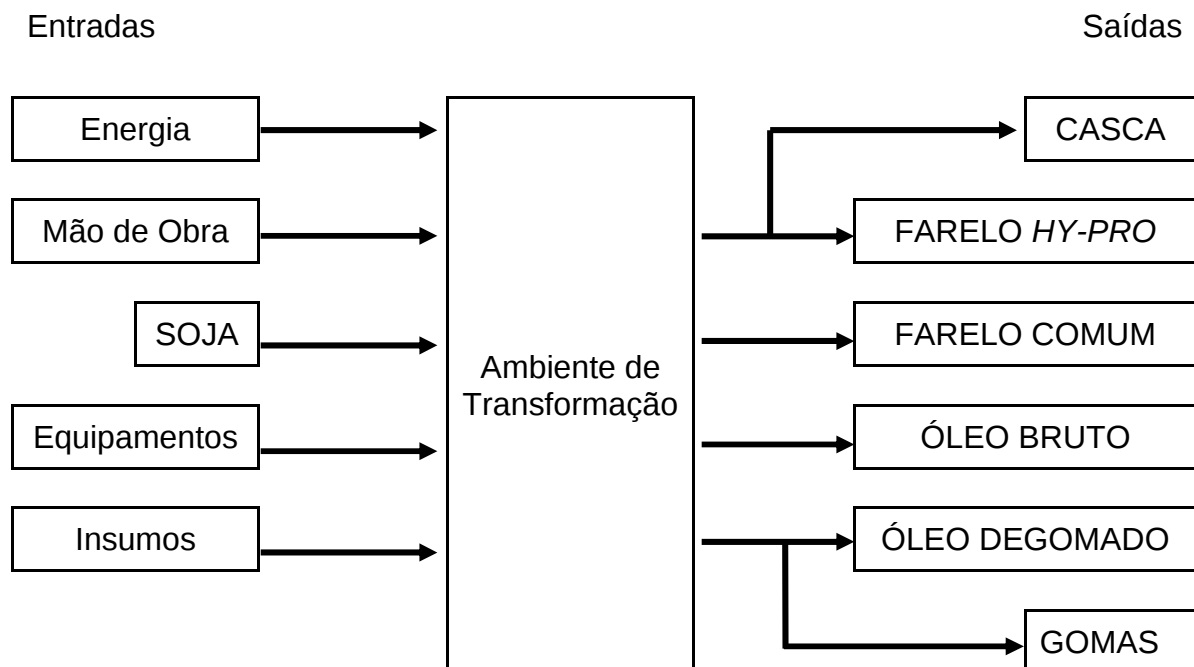
Fonte: Borges e Menegon (2009)

3 ESTUDO DE CASO

Segundo Miguel (2007) a maior contribuição de um estudo de caso é contribuir com a teoria vigente, possibilitando o desenvolvimento de novas teorias e o aumento do entendimento sobre eventos reais. Complementa que o cruzamento da análise dos dados pode identificar convergências e divergências, ou ainda novas relações comparadas com a teoria.

Considerando o processo de extração contínua de óleo de soja por solvente, a partir do recebimento da soja até a produção de óleo e farelo, podemos analisar conforme Slack et al. (2002) que trata-se de um sistema de produção que transforma as propriedades físicas de uma matéria-prima, a soja, em fluxo contínuo com diferenciação final dos produtos obtidos, óleo e farelo, e ainda com alto volume de saída, baixa variedade e altamente padronizada. A Figura 9 apresenta os elementos do sistema de produção contínua de extração de óleo de soja.

Figura 8: Elementos do sistema de produção contínua de extração de óleo de soja



Fonte: elaborado pelo autor

Havendo a separação das cascas da soja na seção de Preparação, é possível se produzir farelo *hy-pro* que possui característica de maior teor de proteína, ~48%.

Desta maneira se tem mais um produto para comercialização, as cascas. Mas se não houver equipamentos para esta tarefa de separação, ou retornar as cascas ao farelo acabado, será obtido o farelo comum que tem um teor de proteína em torno de 46%.

Quanto ao óleo extraído é possível comercializar o óleo bruto, mas se este passar pela degomagem, se tem o óleo degomado para comercialização ou envio à refinação para obter o óleo comestível. Neste caso outro produto também é obtido que são as gomas. Estas podem ser acrescentadas ao farelo, comercializadas para outros fins ou ainda produzido lecitina.

Para os objetivos desta pesquisa concentrou-se no ambiente de transformação da soja, estudando as perdas na produção contínua de extração de óleo de soja por solvente em uma empresa no Brasil. Desta forma além da revisão bibliográfica, respalda-se pela observação direta do autor através de visitas técnicas e levantamento de dados.

3.1 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

Estudou-se o processo de transformação da soja, em uma empresa localizada em Santa Catarina, com capacidade produtiva nominal de 686 t/d. Esta empresa produz somente farelo comum, 46% de proteína, separam parcialmente as cascas e adiciona as gomas do óleo bruto ao farelo. A planta está em operação a vários anos, com um programa de controle da produção e manutenção bem definidos. Em visitas realizadas entre 2010 e 2011, se verificou as operações do processamento, e posteriormente por via e mail, foram fornecidos os relatórios diários de produção de dois períodos distintos de trinta dias para análise. No Anexo A encontra-se sintetizado o período dos trinta dias de Nov/2010 e no Anexo B o período de Nov/2011. A escolha dos períodos foi direcionada ao final de safra, quando normalmente ocorrem as manutenções programadas, além de que a soja está armazenada há longo tempo, o que pode impactar na eficiência da planta. Também se preferiu períodos de anos diferentes para avaliar a evolução da planta. Solicitou-se ao gerente de produção a informação de como é avaliado o processo de produção para tomadas de atitudes e quais os percentuais de custos de produção

relativos à mão de obra, solvente, energia elétrica, energia térmica, insumos e custos fixos.

Baseado nos estudos das perdas na produção apresentado no levantamento bibliográfico, se estratificou para o processo de extração de óleo de soja, e posteriormente se restringiu a uma classificação mais generalizada para o processo estudado. Através do levantamento de dados da empresa, se analisou os indicadores de desempenho obtidos, comparando-os com os resultados propiciados por autores da área.

3.2 IDENTIFICAÇÃO DE PERDAS

Nas listas de perdas estudadas por Shingo (1981), Bornia (1995), Slack et al. (2002), Gupta (2008) e Souza e Diehl (2009), são localizadas as possíveis perdas no processamento da soja.

1) *Perdas por superprodução*: as plantas de extração são construídas inicialmente com uma capacidade definida em toneladas/dia, e normalmente já prevendo aumento de capacidade em seu *lay-out*. Como se classificam como uma economia de escala, é possível chegar a um aumento de produção além da capacidade dos equipamentos tornando-se um risco tanto na qualidade dos produtos como nas perdas de óleo residual no farelo e nos insumos. Porém o custo de estoque é muito mais relativo à logística de embarque, pois normalmente a produção já está comprometida com a entrega.

2) *Perdas por transporte*: significa o quanto é perdido de matéria-prima no ato da recepção ou no embarque dos produtos.

3) *Perdas no processamento*: a soja sofre transformações numa sequência lógica e necessária para se obter óleo e farelo, portanto estas perdas representam o que foi consumido de insumos além do que definido em projeto, causado por alguma anomalia do processo ou falha operacional, que também pode ocasionar produtos fora das especificações de qualidade.

4) *Perdas por fabricação de produtos defeituosos*: as características básicas de qualidade do óleo e farelo, permitem um pequeno intervalo de variação, que o controle de qualidade deve identificar a tempo para correção, para não comprometer

tudo um lote de embarque, pois o farelo produzido dificilmente existe condição de reprocessamento. Quanto ao óleo é possível seu reprocessamento, por breve período mas causando outros impactos na produção.

5) *Perdas no movimento*: a movimentação da soja e seus produtos no interior da planta, é muito mais dependente do projeto de implantação de seu *lay-out*. Quanto menos transporte na sequência de processamento, menor é o consumo de energia elétrica despendida nos equipamentos de transporte, por isso existe uma tendência de verticalização das operações, para aproveitamento da energia potencial.

6) *Perdas por espera*: sob a óptica do processamento, as perdas por espera pode ser atribuído ao tempo que a planta ficou parada por diversos motivos como problemas mecânicos ou elétricos, falha operacional, falta de vapor ou água. O indicador de disponibilidade, o quanto de horas foi possível ser trabalhado sem interrupção do processo, aponta esta perda. Outra atribuição sob a óptica financeira, pode ser a espera da soja no armazém, o que reflete o custo de estoque e investimento em matéria-prima.

7) *Perdas por estoque*: as empresas possuem contratos de entrega dos produtos normalmente fechados já por longos períodos, o que torna os custos financeiros para a manutenção dos estoques quase que custos fixos.

8) *Desperdícios*: basicamente representa as fugas de maneira anormal tanto de matéria-prima como insumos, durante o processamento nos equipamentos, e que são descartados devido a não oferecer qualidade aos produtos em caso de reprocessamento.

9) *Deficiência de contadoria*: pode ser considerado os erros de anotações dos relatórios de produção, por falha humana, ou ainda a deficiência nos equipamentos que geram os números, como exemplo as balanças de matéria-prima e insumos. Entretanto num momento futuro os erros serão descobertos e corrigidos, porém causou a perda de confiabilidade no causador do erro.

10) *Recepção e armazenamento impróprias*: o controle das variáveis físicas e químicas da soja enviada ao armazém, bem como seu armazenamento, é fundamental para manter a qualidade tanto da matéria-prima como dos produtos obtidos, e possui regras bem definidas.

11) *Práticas operacionais impróprias*: são as falhas humanas, por distração ou falta de conhecimento.

12) *Equipamentos limitados*: é possível que o projeto de um equipamento não atenda sua capacidade nominal conforme prometida na aquisição, o que denigre a imagem do fornecedor, gerando “gargalos” na produção.

13) *Conhecimento de custos*: desdobrar os custos de fabricação já é uma prática das gerências, porém existe uma dificuldade de identificação dos impactos no custo de degradação de matéria-prima e produtos, bem como na variação da produção.

Uma análise das 13 perdas estudadas pelos autores citados em 3.2, associadas com as variáveis de controles do processo de extração de óleo de soja, podem ser resumidas em um modelo conforme as seguintes categorias de perdas:

- *Perdas de qualidade*: fabricação de produtos defeituosos, recepção e armazenagem impróprias, práticas operacionais impróprias;
- *Perdas na contadoria*: principalmente em equipamentos de controle de fluxo (balanças, medidores mássicos, etc) com erros de aferição, ou erros de anotações nos relatórios;
- *Perdas nos insumos*: práticas operacionais impróprias, equipamentos limitados e desperdícios;
- *Perdas de energia*: principalmente causado por equipamentos limitados ou práticas operacionais impróprias.

A Tabela 10 trata de apresentar as principais operações em cada seção ao longo do processo de transformação da soja, e as variáveis de controle que impactam nas perdas conforme as categorias descritas acima, sendo que a perda de energia foi considerada somente energia térmica.

Tabela 10: Controles do processo.

Seção	Operação	Produto	item	Variáveis de Controles	Tipos de Perdas			
					(Q)	(C)	(I)	(E)
Recepção e Armazenagem	Classificação	soja em grão	1	umidade	x	x		
			2	impureza	x	x		
			3	teor de óleo	x			
			4	teor de proteína	x			
	Pesagem	soja em grão	5	balança		x		
	Pré-limpeza	soja em grão	6	impureza	x			
		impureza	7	teor de óleo	x			
	Secagem	soja em grão	8	temperatura	x			x
			9	umidade	x			
	Limpeza	soja em grão	10	impureza	x			
		impureza	11	teor de óleo	x			
	Armazenagem	soja em grão	12	temperatura	x			
Preparação	Resecagem	soja em grão	13	umidade	x			x
	Balança de Fluxo	soja em grão	14	balança		x		
	Quebradores	soja quebrada	15	granulometria	x			
	Separação de Cascas	casca removida	16	teor de óleo	x			
	Condicionador	soja quebrada	17	temperatura				x
	Laminadores	soja laminada	18	espessura	x			
	Expansão	massa expandida	19	temperatura	x			x
			20	pressão interna	x			x
	Secagem massa expandida	massa expandida	21	temperatura	x			x
			22	umidade	x			
Extração	Extrator	miscela	23	concentração	x			
			24	vazão de lavagem	x	x		
		farelo branco	25	teor de óleo	x			
	Dessolventizador Tostador	farelo	26	teor de solvente	x		x	x
			27	umidade	x			
			28	proteína	x			
			29	teor de óleo	x			
			30	proteína solúvel	x			
			31	produção		x		
			32	temperatura	x		x	x
	Destilaria	gases de hexano	33	vácuo	x		x	
		miscela	34	temperatura	x		x	x
		óleo	35	teor de solvente			x	x
	Degomagem	óleo	36	produção		x		
			37	vácuo	x			x
			38	umidade	x			
			39	teor de Fósforo	x			
		gomas	40	teor de óleo	x			
	Condensadores	água de resfriamento	41	temperatura			x	x
	Recuperação Solvente	óleo mineral quente	42	temperatura			x	x
			43	concentração	x		x	
		óleo mineral frio	44	temperatura			x	x
			45	concentração	x		x	
	Decantadores	água descarte	46	temperatura			x	x

(Q) Qualidade / (C) Contadoria / (I) Insumos / (E) Energia Térmica

Fonte: elaborado pelo autor

3.3 ANÁLISES DOS DADOS

O gerente de produção foi questionado sobre como a alta gerência avalia o desempenho da empresa, como é o monitoramento do rendimento da fábrica, obtendo a seguinte resposta: - A avaliação de desempenho é monitorado por relatório diário de produção com registros da quantidade de soja processada, óleo produzido, consumo de solvente e lenha, além do acompanhamento do planejamento anual e através de um sistema de informações gerenciais chamado BI. A informação dos custos diretos de produção também foi obtida em percentuais baseado no ano de 2011 como é apresentado na Tabela 11 em ordem decrescente. Assim é possível ter uma ideia de priorização de investimentos em melhoria.

Tabela 11: Porcentuais de custos de produção

Localização dos Custos	%
- Mão de obra	37,10%
- Energia térmica	16,90%
- Manutenção	16,80%
- Energia elétrica	15,50%
- Custos fixos	9,70%
- Solvente	4,00%
total	100,00%

Fonte: empresa estudada

No descritivo das operações de processamento da soja, os autores da área apresentam valores para as variáveis de controles das operações do processamento da soja, bem como indicadores de desempenho. Desta maneira é possível comparar os resultados da empresa estudada, considerando que a avaliação de desempenho da planta é realizada por meio da produção de soja e óleo bruto, consumos de lenha e solvente, conforme respondido pelo gerente da planta, e anotados nos relatórios diários de produção. Já se observa neste ponto que a empresa, contabiliza como consumo estes insumos, e não como perdas ou desperdícios.

3.3.1 Indicadores de qualidade

Representam os resultados das análises realizadas sobre as amostras coletadas na sequência do processo, reportando o controle das variáveis de qualidade. O teor de óleo na soja processada é analisado esporadicamente, que historicamente apresenta média de 19,5%. Dificilmente realiza análise de teor de óleo na casca removida, mas periodicamente analisa seu teor de proteína, por obter o resultado através de aparelho de análise rápida, assim controla o processo de separação das cascas, tomando atitudes quando o teor de proteína ultrapassa o padrão de 12 %. Realiza medições de espessura de laminas uma vez por turno de trabalho, buscando média de 0,35 mm. Não realiza análise do teor de óleo nas gomas, por admitir ter um processo bem estabilizado, mas mantém monitoramento sobre o teor de óleo no farelo acabado, pois as gomas adicionadas ao farelo branco se apresentam como matéria graxa.

Obviamente que para monitorar os índices de qualidade, análises de laboratório sobre amostras se faz necessário para reportar à operação. Um plano de amostragem básico praticado pela empresa é apresentado na Tabela 12 com as análises realizadas, frequência de coleta e qual o objetivo do resultado. Dependendo dos recursos, algumas análises são abortadas ao longo do processamento, mas a utilização de aparelhos de análises rápidas está garantindo que a operação tenha conhecimento dos resultados, a tempo de correção dos parâmetros de trabalho para manter a qualidade apropriada dos produtos e subprodutos.

Tabela 12: Plano de amostragem

Amostras	Análises	Frequência de Coleta	Objetivo
Soja recebida	umidade/óleo/proteína/impureza	cada caminhão / vagão	classificação
Soja armazenada	umidade/proteína/impureza	a cada hora	controle de qualidade matéria-prima
Soja trabalhada	umidade/óleo/proteína	a cada duas horas	controle de qualidade matéria-prima
Soja quebrada	granulometria	1 vez/turno	Regulagem quebradores
Soja laminada	espessura	1 vez/turno	regulagem dos rolos
Massa expandida	umidade	1 vez/turno	controle secador
Farelo branco	óleo residual	a cada duas horas	indicador de extração
	teor de solvente	1 vez/dia	controle DT
Farelo	umidade/fibras/óleo/proteína/urease	a cada duas horas	indicador de extração
Cascas	proteína	1 vez/turno	perda de óleo
Miscela p/ destilaria	concentração em óleo	2 vezes/turno	controle destilaria
Miscela p/ 1º efeito	concentração em óleo	1 vez/dia	controle 1º efeito
Óleo p/ terminadora	concentração em óleo	1 vez/dia	controle 2º efeito
Óleo bruto	umidade/ <i>flash point</i>	a cada duas horas	controle terminadora
Óleo degomado	umidade / acidez / fósforo	1vez/turno	resultado de degomagem
Óleo mineral quente	concentração em solvente	1 vez/turno	controle deflagração
Óleo mineral frio	concentração em solvente	1 vez/turno	controle deflagração

Fonte: elaborado pelo autor

A empresa estudada informa os principais indicadores obtidos nos períodos, como a umidade da soja processada, para efeito de controle contábil, o teor de óleo residual no farelo branco, para controle da eficiência de extração, e os principais indicadores de qualidade do farelo acabado e óleo degomado. A Tabela 13 apresenta estes resultados.

Tabela 13: Resultados de qualidade das amostras

Períodos	Estatísticas	Soja processada	Farelos				Óleo Degomado
			Branco	Acabado			
		Umidade	Óleo residual	Umidade	Óleo residual	Proteína	Voláteis
Nov/2010	média	10,37%	0,82%	12,76%	2,14%	47,44%	0,05%
	máximo	10,86%	1,13%	13,05%	2,50%	48,05%	0,08%
	mínimo	10,01%	0,70%	12,42%	1,63%	46,59%	0,02%
	desvio	0,23%	0,08%	0,14%	0,20%	0,36%	0,01%
Nov/2011	média	9,80%	0,86%	12,72%	2,14%	46,50%	0,02%
	máximo	10,34%	0,97%	13,23%	2,40%	47,40%	0,08%
	mínimo	9,28%	0,73%	12,36%	1,87%	45,98%	0,01%
	desvio	0,32%	0,07%	0,17%	0,28%	0,28%	0,01%

Fonte: adaptada pelo autor

Estes indicadores apresentam pouca diferença entre os períodos. Observa-se que a umidade do farelo acabado está acima do padrão de comercialização de 12%, mas é justificado pela tendência de queda da umidade em função da movimentação do farelo na expedição. Quanto ao nível de proteína também se observa acima do padrão de 46%, justificado pela gerência sob a razão de haver diferenças de amostragem e análises entre laboratórios da empresa e do cliente, por isso é preferível manter ligeiramente acima do padrão para evitar reclamações ou multas.

3.3.2 Indicadores de processo

Os resultados obtidos da capacidade produtiva de ambos os períodos, os trinta dias de Nov/2010 e Nov/2011, foram compilados para soja processada e óleo extraído como apresentados na Tabela 14.

Tabela 14: Capacidade produtiva

Períodos	Soja Processada		Óleo Extraído	
	total (t)	média (t/d)	total (t)	média (t/d)
Nov/2010	20682,677	689,422	3955,250	131,841
Nov/2011	20037,488	667,916	3825,368	127,512

Fonte: adaptada pelo autor.

3.3.2.1 Produtividade

Através dos valores de capacidade produtiva apresentados na Tabela 14 e dos resultados das análises de qualidade da Tabela 13, é possível obter os índices de produtividade por três metodologias:

- 1 - Dividindo diretamente a quantidade de óleo produzida pela quantidade de soja processada;
- 2 - Pela equação (8) onde é inserido o teor de óleo contido na soja;
- 3 - Pela equação (9) onde outros dados de processo são necessários para o cálculo.

A Tabela 15 apresenta estes resultados em ambos os períodos.

Tabela 15: Índices de produtividade

Períodos	Resultados de Produtividade		
	1	2	3
Nov/2010	19,12%	98,07%	96,63%
Nov/2011	19,09%	97,90%	96,39%

Fonte: adaptada pelo autor

Os resultados entre os períodos se apresentam próximos, o que denota uma planta com o processo sob controle. Os resultados obtidos na primeira metodologia é o que normalmente são observados pela gerência da planta. Para as outras metodologias são necessários outros dados de processo para o cálculo, onde serão encontrados valores que atendam ao que Ritnner (2002) afirma: acima de 95% de

eficiência, está bom e acima de 97% está ótimo. A diferença entre resultados pode ter fatores de contadoria ou qualidade, ou seja, erros de mensuração ou análises, ficando a critério da gerência decidir o nível de investigação viável.

A observação importante neste item é que a soja processada foi medida com base de umidade tal qual entrou para o processo, ou seja, 9,79% em Nov/2010 e 10,37% em Nov/2011. Para efeito de contabilidade, a empresa considera a soja processada na base de 14% de umidade, conforme foi adquirida. Um fator multiplicativo é aplicado para correção da quantidade da soja processada, para que a somatório da quantidade da soja adquirida e da processada deverão coincidir ao fim do período anual.

3.3.2.2 Consumo de Solvente

Quanto ao indicador de consumo de solvente, é normalmente expresso em litros de solvente por toneladas de soja processada (l/t). A empresa mede diariamente os reservatórios de solvente, e a diferença é atribuída como consumo. Nos relatórios se observam valores negativos, justificado em função de retorno de solvente da planta para os reservatórios, o que na prática pode ocorrer devido às variações de qualidade da matéria-prima e vazão de lavagem no Extrator.

Os resultados apontam uma evolução de melhoria entre os períodos analisados, 1,16 l/t em Nov/2010 contra 0,61 l/t em Nov/2011. Considerando Kemper (1998) é aceitável consumo entre 1,13 e 0,55 l/t. Apesar de que este insumo representa o menor custo da produção, existe o fator segurança da planta e teor permitido nos produtos. Por meio de uma análise do teor de solvente em amostras de farelo, óleo, água e no ar de escape, é possível conhecer o real consumo de solvente calculado através de um balanço de massa. A diferença encontrada no controle diário de reposição de solvente à planta estará determinando a perda heterogênea para atitudes de melhorias.

3.3.2.3 Consumo de energia térmica

Em relação ao indicador apropriado para energia térmica segundo os autores da área, é em kilogramas de vapor por tonelada de soja processada (kgv/t). A empresa não possui medidor de vapor, contabiliza a lenha consumida, mas a geração de vapor é somente para o processamento da soja. Portanto é possível estimar o consumo de vapor com base na equação (4) que calcula a eficiência da caldeira apresentada no referencial teórico 2.2.5.2. Introduzindo os valores das variáveis que estão ocorrendo no processo de geração do vapor, e utilizando as tabelas de vapor para entalpias, a variação do resultado de geração de vapor encontrado será em função das considerações atribuídas ao título, eficiência da caldeira, poder calorífico do combustível e seu peso específico. Neste estudo, ao considerar para a caldeira desta empresa uma eficiência de 85%, normal para caldeiras a lenha, gerando vapor com título 0,9, as atribuições sobre as características do combustível, podem ser conforme Afonso Jr. et al. (2006): poder calorífico do combustível $13.813,8 \text{ KJ kg}^{-1}$ e peso específico da lenha 390 kg/m^3 . A Tabela 16 apresenta os resultados.

Tabela 16: Consumo de combustível para caldeira e vapor

Períodos	Total de lenha consumida (m3)	Consumo de lenha (m3/t)	Consumo de vapor (kgv/t)
Nov/2010	2904	0,14	292
Nov/2011	2640	0,13	273

Fonte: adaptada pelo autor

Este indicador também apresenta uma evolução de melhoria entre os períodos analisados, 292 kgv/t em Nov/2010 contra 273 kgv/t em Nov/2011. Obviamente estes resultados que foram calculados estimando variáveis, podem conter erros. Porém ainda distante conforme Knott (1992) afirma para um processamento com massa expandida de soja: aceitável de 250 kgv/t. Isto indica que a aplicação dos princípios de utilização do vapor descrito em 2.2.5.2 deve ser intensificada, mesmo porque corresponde ao segundo maior custo direto da produção.

3.3.2.4 Disponibilidade

Nos relatórios diários de produção, são anotados os tempos de paradas da planta e quais os motivos, que gera o indicador de disponibilidade da planta para tomadas de atitudes. A Tabela 17 apresenta os resultados dos períodos analisados.

Tabela 17: Tempo de parada da planta e disponibilidade

Períodos	Queda de Energia	Problema mecânico	Falha de processo	Total Horas paradas	Disponibilida de
Nov/2010	0	3	0	3	99,58%
Nov/2011	2	0	19	21	97,08%

Fonte: adaptada pelo autor

Tratando-se de produção contínua, o tempo total disponível para operação é de 24 horas por dia, neste caso os períodos foram de 30 dias, ou seja, 720 horas disponíveis. A disponibilidade nos períodos se obteve 99,58% em Nov/2010 e 97,08% em Nov/2011, o que reflete uma boa condição de operação. Quanto aos motivos de paradas da planta anotados, queda de energia elétrica, é inerente à planta e de responsabilidade da companhia fornecedora de energia. O motivo falha de processo normalmente incorre pela falha humana, e como Campos (1994) diz que o ser humano é passível de erros, treinamento e aumento de conhecimento da tarefa é um investimento viável, apesar de que a mão de obra já representa o primeiro custo de produção. Não se detectou problemas elétricos, e somente três horas de paradas por problemas mecânicos em Nov/2010, o que confirma a visão da empresa em entrevista com o gerente de manutenção: comentou que a manutenção é como uma gestora de ativos, e por isso investe em planejamento e controle da manutenção, com o objetivo de reduzir os problemas e minimizar custos através de manutenção preditiva e preventiva, porém este investimento representa o terceiro maior custo da produção.

3.4 CORRELAÇÕES ENTRE INDICADORES DE PROCESSO E QUALIDADE

Observa-se nos relatórios diários de produção, que há uma variação da capacidade produtiva mesmo quando a disponibilidade se mantém 100%. Este fato pode ser justificado pelo alto volume de produção, o que indica diferenciações entre as características físico-químicas entre lotes de matéria-prima, quando então a operação altera parâmetros de trabalho para manter as variáveis sob controle. Para visualizar a variação da capacidade produtiva sobre os indicadores de processo e qualidade, uma análise de correlação linear entre indicadores pode auxiliar na decisão de priorizar atitudes de melhorias e investimentos. A Tabela 18 fornece o grau de relacionamento entre os indicadores para o período de Nov/2010.

Tabela 18: Grau de correlação linear entre indicadores- Nov/2010

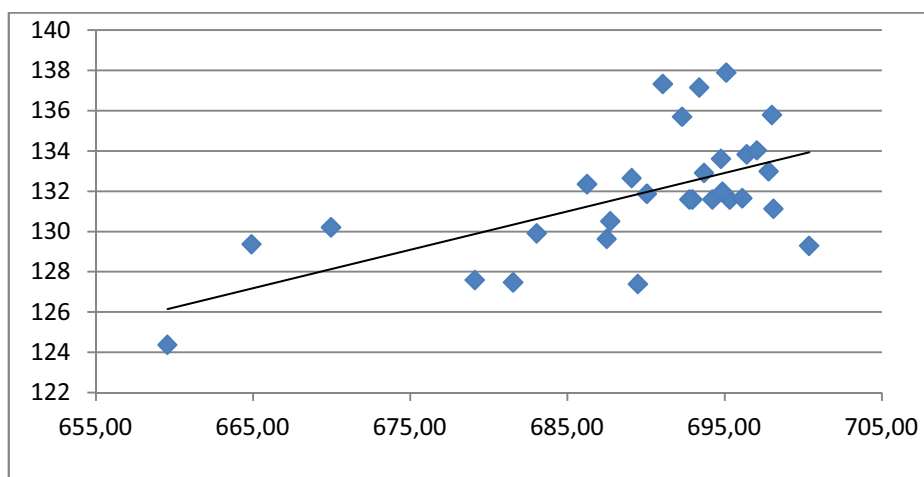
Indicadores - Nov/2010	Soja processada	Produção Óleo Bruto	Consumo Combustível	Consumo Solvente	Residual Óleo Farelo Branco	Umidade Farelo Acabado	Residual Óleo Farelo Acabado	Proteína Farelo Acabado
Produção Óleo Bruto	0,60	-x-	-x-	-x-	-x-	-x-	-x-	-x-
Consumo Combustível	-0,14	-0,24	-x-	-x-	-x-	-x-	-x-	-x-
Consumo Solvente	0,18	0,12	0,04	-x-		-x-	-x-	-x-
Residual Óleo Farelo Branco	-0,05	-0,04	0,00	-0,14	-x-	-x-	-x-	-x-
Umidade Farelo Acabado	0,12	0,25	-0,08	0,03	0,20	-x-	-x-	-x-
Residual Óleo Farelo Acabado	0,23	0,27	0,16	-0,29	0,07	0,27	-x-	-x-
Proteína Farelo Acabado	-0,16	-0,12	0,13	-0,20	-0,13	-0,33	-0,41	-x-
Voláteis Óleo	0,05	0,38	-0,02	0,12	-0,01	0,37	-0,08	-0,07

Fonte: elaborado pelo autor

Os resultados da coluna da soja processada com os indicadores merecem maior atenção. Aumentando-se a capacidade produtiva, era de se esperar o forte aumento da produção de óleo bruto. A correlação, apesar de estatisticamente não significativa, com o consumo de combustível foi negativa, ou seja, com aumento da capacidade produtiva gastou-se menos combustível. Quanto ao consumo de solvente houve ligeiro aumento, e o residual de óleo no farelo branco praticamente não houve alteração, o que significa que o processo se manteve controlado. Quanto aos demais relacionamentos entre os indicadores, não se observa preocupação,

inclusive surpreende-se com a diminuição do residual de óleo no farelo acabado com o aumento da capacidade produtiva, o que reflete positivamente no rendimento da planta. Gráficos de dispersão auxiliam a visualização da tendência, como no Gráfico 4 que apresenta a significativa correlação positiva da soja processada com a produção de óleo bruto.

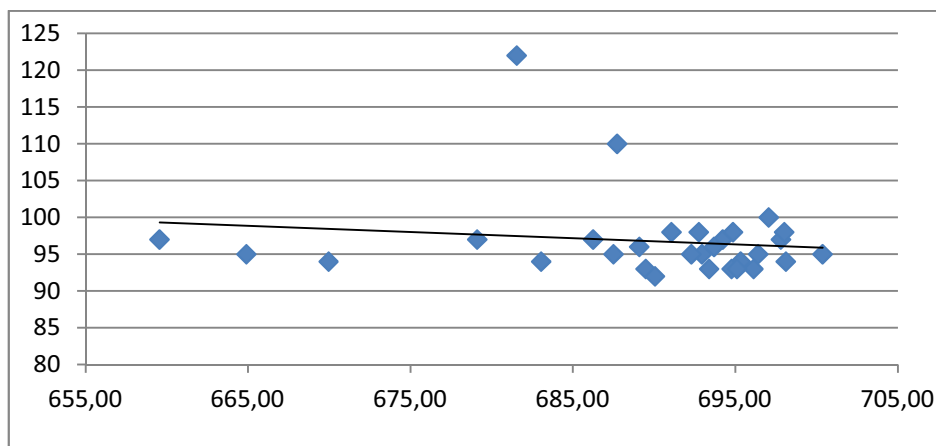
Gráfico 4: Dispersão soja processada (t/d) x produção óleo bruto (t/d) (Nov/2010)



Fonte: elaborado pelo autor

O Gráfico 5 ilustra a correlação da soja processada com o consumo de combustível, que apresenta diminuição do consumo quando se aumenta a capacidade produtiva.

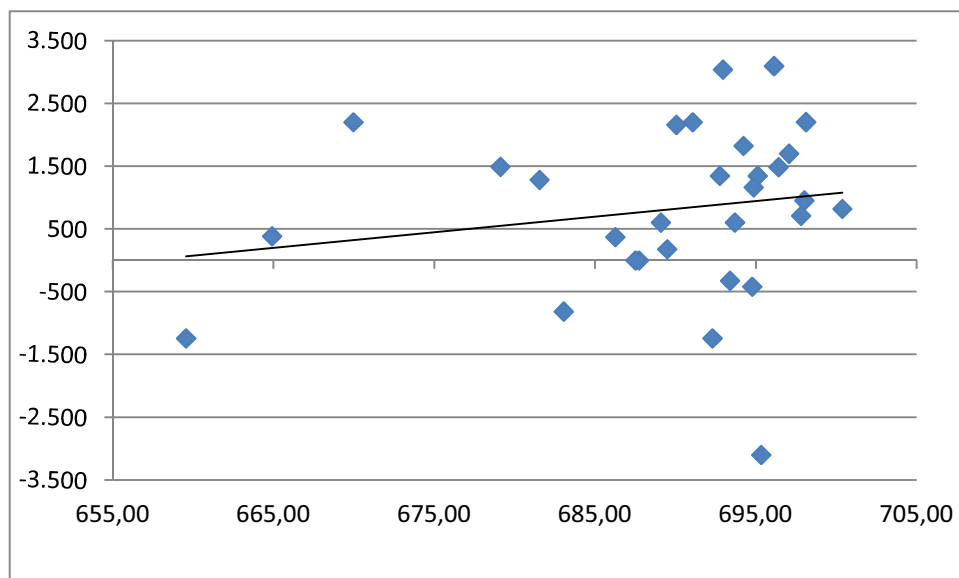
Gráfico 5: Dispersão soja processada (t/d) x consumo de combustível (m³/d) (Nov/2010)



Fonte: elaborado pelo autor

No Gráfico 6 se observa a correlação da soja processada com o consumo de solvente, que apresenta fraca correlação positiva.

Gráfico 6: Dispersão soja processada (t/d) x consumo de solvente (l/d) (Nov/2010)



Fonte: elaborado pelo autor

Os graus de correlação entre essas variáveis para o período de Nov/2011 também são apresentados na Tabela 19, mas foram retirados os resultados do dia 14, que alteram os resultados finais devido à baixa produção deste dia em virtude do longo tempo de parada.

Tabela 19: Grau de correlação linear entre indicadores – Nov/2011

Indicadores - Nov/2011	Soja processada	Produção Óleo Bruto	Consumo Combustível	Consumo Solvente	Residual Óleo Farelo Branco	Umidade Farelo Acabado	Residual Óleo Farelo Acabado	Proteína Farelo Acabado
Produção Óleo Bruto	0,98	-x-	-x-	-x-	-x-	-x-	-x-	-x-
Consumo Combustível	0,18	0,20	-x-	-x-	-x-	-x-	-x-	-x-
Consumo Solvente	0,04	0,04	-0,05	-x-	-x-	-x-	-x-	-x-
Residual Óleo Farelo Branco	-0,16	-0,17	0,03	0,24	-x-	-x-	-x-	-x-
Umidade Farelo Acabado	0,00	-0,07	-0,05	0,29	0,25	-x-	-x-	-x-
Residual Óleo Farelo Acabado	-0,11	-0,09	-0,08	-0,15	0,25	0,32	-x-	-x-
Proteína Farelo Acabado	-0,07	-0,15	0,02	-0,03	-0,10	-0,03	-0,22	-x-
Voláteis Óleo	-0,11	-0,08	-0,30	0,01	0,15	0,22	0,19	-0,09

Fonte: elaborado pelo autor

Outro destaque é o decréscimo do residual de óleo no farelo branco com o aumento da soja processada, que reflete positivamente na eficiência de extração, e quanto aos demais graus de relacionamento não chegam a impactar no desempenho da planta.

3.5 CONSIDERAÇÕES NA GESTÃO DAS PERDAS

No levantamento das perdas no processo, apresentado na Tabela 10, a maioria das variáveis de controle podem impactar na qualidade dos produtos e subprodutos, e, por conseguinte causar perdas na eficiência de extração e no consumo dos insumos. Por isso a importância de um plano de amostragem definido, torna-se fundamental para que os resultados das análises auxiliem a operação na tomada de atitudes para correção dos parâmetros de trabalho. Recordando Slack et al. (2002) sobre o investimento em qualidade em um valor ótimo, o gerenciamento que a empresa estudada adota em não realizar certos controles, é compensado pelo monitoramento de outras variáveis. Entretanto Brown et al. (2005) também lembra que detalhes considerados sem importância, podem impactar nos resultados da empresa.

O segundo impacto é para o tipo de perda de energia, que nesta empresa se apresenta como segundo maior custo de produção, e está além de um padrão possível de 250 kgv/t conforme Knott (1992). Duas observações neste tópico merece atenção: há uma perda de mais de 20 kgv/t, que ao final de um ano de processamento, esta perda se traduz em muitos metros cúbicos de lenha desperdiçados; a outra observação é relativo à data em que o autor realizou sua pesquisa, o que certamente nos dias atuais novas tecnologias de aplicação da energia térmica permitem menor consumo.

O próximo impacto nas perdas está no consumo de solvente, que demonstra estar bem controlado. E por fim o impacto nas perdas de contabilidade, que ressalta a metodologia utilizada para o controle da soja adquirida e processada. A empresa adota o critério em transformar estes volumes em base 14% de umidade para efeito contábil. Silva (2009) alerta que é essencial não cometer erros de amostragem,

manter as balanças aferidas e adotar metodologias adequadas para as análises, para minimização este tipo de perda, que influi na rentabilidade da empresa.

Quanto à perda de tempo com a fábrica parada, observa-se que o indicador de disponibilidade está em um nível bem satisfatório, justificando as ações de manutenção aplicadas.

Comparativamente entre os períodos analisados, a correlação estatística confirma que o sistema de produção contínuo de extração de óleo de soja se comporta como uma economia de escala, pois com aumento da capacidade produtiva, os consumos e a qualidade dos produtos sofreram fraca diferenciação, e em certos casos inclusive melhorias. Nesta visão, aumento de rentabilidade, pode contemplar minimização de recursos, desde que a certeza dos resultados reflète a real situação da planta.

3.6 LIMITAÇÕES

Um estudo de caso único já é uma limitação da pesquisa, pois retrata o cenário de somente uma fábrica, o que não representa uma situação genérica para a indústria de extração de óleo de soja. Outra limitação neste estudo é a falta de informações de qualidade dos subprodutos ao longo do processamento, o que poderia ser promovido uma análise pontual para comparações com os resultados finais. A informação do consumo de energia elétrica não foi fornecida, em virtude do sistema da empresa contemplar outras unidades produtivas, o que não seria confiável uma análise. Não houve a intenção de levantar custos financeiros, somente os percentuais relativos aos custos diretos de produção para verificar a prioridade de investimento em melhoria.

4 CONCLUSÕES

A curva do processamento de soja na indústria de extração de óleo no Brasil apresenta uma forte tendência de crescimento, principalmente ao fato que ainda se exporta mais de 50% da soja produzida.

Quanto ao sistema de produção contínuo de extração de óleo de soja por solvente, revela um complexo sistema, dependente de muitas variáveis de controle, físicas, químicas, e operacionais. Desdobrando esta afirmação, a falta de um sistema de informação e controle, além da experiência da operação, estas variáveis afetam o processo, que influi nos resultados finais, traduzindo em perdas, e, por conseguinte minimização do lucro.

Este trabalho tratou de apresentar uma visão geral do processo de extração de óleo de soja por solvente e suas perdas, que neste estudo de caso único refletiu o posicionamento de uma planta de extração de óleo de soja em dois momentos distintos. Concluiu-se que esta empresa possui atributos para um bom conceito na administração das operações, visto que a alta gerência concentra atenções nos resultados de produtividade, consumo dos insumos de combustível e solvente, e na qualidade dos produtos. Quanto à qualidade dos produtos o processo se revela capaz de atingir as especificações de comercialização através dos controles existentes. O consumo de solvente também se manifesta bem controlado, porém o consumo de combustível para a caldeira se apresenta acima do padrão possível de realização.

O desperdício de combustível para a geração de energia térmica é preocupação priorizada, não somente em relação aos custos de produção, mas o cunho ambiental para que o ser humano continue interagindo de forma harmoniosa com a natureza. Um considerável consumo de combustível será necessário para sustentar a indústria de extração de óleo se não houver atitudes de melhoria, principalmente em vista do crescimento da capacidade produtiva. Por outro lado, o consumo do solvente n-hexano derivado de petróleo de fonte não renovável, poderá comprometer num futuro, os custos e o trabalho das indústrias de extração de óleo, em virtude da incógnita do fim do petróleo.

Neste estudo algumas hipóteses podem ser formuladas como: investimento em mão de obra melhora o desempenho da empresa, ou, que a aplicação dos

princípios do vapor maximiza a capacidade produtiva, ou ainda que o planejamento da manutenção centrada em confiabilidade reduz as perdas.

Portanto o investimento em conhecimento, adicionado à experiência e habilidades do trabalhador, a minimização das perdas estará assegurando uma parcela valiosa nos resultados da empresa.

REFERÊNCIAS

ABIOVE – Associação Brasileira das Indústrias de Óleos Vegetais. *Complexo Soja*. Disponível em: http://www.abiove.com.br/capacidade_br.html. Acesso em: 29 abr. 2012.

ABOISSA – Óleos Vegetais. *Especificações de comercialização de produtos*. Disponível em <http://www.aboissa.com.br/produtos>. Acesso em: 05 mai 2012.

AFONSO JUNIOR, Paulo C. OLIVEIRA FILHO, Delly. COSTA, Douglas R. *Viabilidade Econômica de Produção de Lenha de Eucalipto para Secagem de produtos Agrícolas*. Jaboticabal: Eng. Agrícola, v. 26, n 1, p.28-35, jan/abr, 2006.

AOCS – American Oil Chemist´ Society. *Bylaws - May 2007*. Disponível em <http://aocs.org>; Acesso em 02 Fev 2009.

BORGES,Fabio Moraes; MENEGON, Nilton Luiz. *Fator Humano: confiabilidade às instabilidades do sistema de produção*. XVI Simpep. Bauru – SP, 2009.

BORNIA, Antonio Cezar. *Análise gerencial de custos*. 3ª Ed. São Paulo: Atlas, 2010.

BORNIA, Antonio Cezar. *Mensuração das perdas dos processos produtivos: uma abordagem metodológica de controle interno*. Tese (Doutorado em Engenharia de Produção) – Programa de pós-graduação em Engenharia de Produção, UFSC, Florianópolis, 1995.

BROWN, Steve; LAMINMING, Richard; BESSANT, John; JONES, Peter. *Administração da produção e operações*. Rio de Janeiro: Elsevier, 2005.

CAMPBELL, K. A.; GLATZ, C. E.; JOHNSON, L. A; JUNG S.; MOURA, J. M. N.; KAPCHIE, V.; MURPHY, P. *Advances in Aqueous Extraction Processing of Soybeans*. J Am Oil Chem Soc. vol. 88, pg:449–465. Urbana – USA, 2010.

CAMPOS, Vicente Falconi. *Controle da qualidade total (no estilo Japonês)*.5ª Ed. Rio de Janeiro: Bloch, 1992.

CAMPOS, Vicente Falconi. *Gerenciamento da rotina do trabalho do dia-a-dia*. 1ª Ed. Rio de Janeiro: Bloch, 1994.

CHIAVENATO, I. *Gestão de pessoas: o novo papel dos recursos humanos nas organizações*. Rio de Janeiro: Campus, 1999. pg. 43.

CONAB – Companhia Nacional de Abastecimento. *Acompanhamento da safra brasileira: Grãos 7º levantamento Abr/2012*. Disponível em: <http://www.conab.gov.br> Acesso em 29 abr 2012.

CORRÊA, L. Henrique; CORRÊA, Carlos A. *Administração de Produção e Operações*. 2ª Ed. São Paulo: Atlas, 2010.

DALLÁGNOL, Amélio; ROESSING, Antonio C.; LAZZAROTTO, Joelsio J.; HIRAKURI, Marcelo Hiroshi; OLIVEIRA, Arnold B. *O complexo agroindustrial da soja brasileira*. Circular Técnica 43. EMBRAPA. Londrina – PR, 2007.

DORSA, Renato. *Tecnologia de processamento de óleos e gorduras vegetais e derivados*. Westfalia Separator do Brasil Ltda. Campinas, 1988.

EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisas Agropecuária. *Soja em Números (safra 2010/11)*. Disponível em <http://www.cnpso.embrapa.br> Acesso: 29 abr. 2012.

FERNANDES JUNIOR, Carlos Coutinho. *Integração energética da etapa de extração de óleo de soja utilizando a análise Pinch*. Dissertação (Mestrado em Engenharia Química) – Programa de pós-graduação em Engenharia Química da Universidade Estadual do Oeste do Paraná. Toledo – PR, 2009.

FERREIRA, Aurélio Buarque de H. *Novo dicionário da língua portuguesa*. São Paulo: Nova Fronteira, 1995.

GUPTA, Monoj K., *Practical guide to vegetable oil processing*. 1ª Ed. Urbana-USA: AOCS Press, 2008.

HEIMAN, Mark. *Soybean hull processing grinding and pelleting*. In: XI CONGRESSO LATINOAMERICANO DE GRASAS Y ACEITES, 2005, Buenos Aires. Anais p. 84-87.

INCROPERA, Frank P., DeWITT, David P. *Fundamentos de transferência de calor e massa*. 4ª ed. Rio de Janeiro: LTC, 1998.

KEMPER, Timothy G. *Minimização da Perda de Solvente*. Revista Óleos e Grãos. São Bernardo do Campo – SP. Ed. Adem. Set/Out/1998.

KIYAN, Fabio Makita. *Desenvolvimento de indicadores de desempenho como suporte estratégico*. 2001. Dissertação. (Mestrado em Engenharia de Produção) – Programa de pós-graduação da Escola de Engenharia de São Carlos da Universidade de São Paulo.

KNOTT, Michael. *Nuevos desarrollos em la molienda de semillas oleaginosas*. Revista Aceites y Grasas nº 7 – pg 47-56. Argentina: ASAGA, 1992.

LAZZARI, Flavio. *Quebra técnica em soja armazenada*. Grãos Brasil, Maringá, Ano VIII, nº 40, p.31-33, jan./fev. 2010.

MANDARINO, J. Marcos Gontijo; ROESSING, Antonio Carlos. *Tecnologia para produção de óleo de soja: descrição das etapas, equipamentos, produtos e subprodutos*. Embrapa Soja, Londrina – PR, 2001.

MIGUEL, Paulo Augusto Cauchick. *Estudo de caso na Engenharia de Produção: estruturação e recomendações para sua condução*. Produção. Bauru. N. 1, v. 17, p. 216-229, jan./abr. 2007.

MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, PECUÁRIAE ABASTECIMENTO. *Regulamento Técnico da Soja*. Disponível em <http://agricultura.gov.br>, acesso em 01 Mai 2012.

MOREIRA, Daniel Augusto. *Administração da produção e operações*. 2ª ed. São Paulo: Cengage Learning, 2009.

MORETTO, Eliane; FETT, Roseane. *Tecnologia de óleos e gorduras vegetais na indústria de alimentos*. 1ª ed. São Paulo: Varela, 1998.

OLIVEIRA NETTO, Alvim Antonio; TAVARES, Wolmer Ricardo. *Introdução à Engenharia de Produção*. Florianópolis: Visual Books, 2006.

OLIVEIRA, José Augusto; NADAE, Jeniffer de; OLIVEIRA, José de; SALGADO, Manoel Henrique. *Um estudo sobre a utilização de sistemas, programas e ferramentas da qualidade em empresas do interior de São Paulo*. Produção. Bauru., v. 21, n. 4, p. 708-723, out./dez. 2011.

OLIVEIRA, Otávio J., MELHADO, Silvio B. *Nova Norma ISSO 9000 versão 2000*. São Paulo: Cengage Learning, 2009.

OLIVEIRA, Otávio J.; CALIXTO, Rosângela. *Custos e desperdícios na qualidade*. São Paulo: Cengage Learning, 2009.

PARAISO, Paulo Roberto. *Modelagem e análise do processo de obtenção de óleo de soja*. Tese (doutorado) Universidade Estadual Paulista – Unicamp. Faculdade de Engenharia Química. Campinas – SP, 2001.

PINAZZA, Luiz Antonio; FAULIN, Evandro Jacóia; SOLOGUREN, Leandro J.; GOMES, Anderson Galvão. *Cadeia Produtiva da Soja*. Volume 2. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Brasília – DF, 2007.

RITTNER, Herman. *Tecnologias das matérias graxas*. São Paulo: Câmara Brasileira do Livro, 2002.

SERTEK, Paulo. *Responsabilidade social e competência interpessoal*. Curitiba: Ibeplex, 2006.

SHINGO, Shigeo. *Study of TOYOTA production system from Industrial engineering viewpoint*. Tokyo, Japan: Japan Management Association, 1981.

SILVA, Luiz Cesar. *Quebras de impurezas e umidade*. Grãos Brasil, Maringá, Ano VIII, nº 34, p.23-27, jan./fev. 2009.

SLACK, Nigel; CHAMBERS, Stuart; JOHNSTON, Robert. *Administração da produção*. 2ª Ed. São Paulo: Atlas, 2002.

SMITH, David B. *Aspectos de calidad en el proceso de extracción por solvente de azeite de soja*. Revista Azeites & Grasas, Ano VII, nº 27, pg 213-216, Jun. 1997.

SOUZA, M. Antonio de; DIEHL, Carlos A. *Gestão de custos*. São Paulo: Atlas, 2009.

STEVENSON, Wilian J. *Administração das operações de produção*. 6ª ed. Rio de Janeiro: LTC, 2001.

TAKASHINA, Newton Tadashy; FLORES, Mário C. X.. *Indicadores da qualidade e do desempenho: como estabelecer metas e medir resultados*. Rio de Janeiro: Qualitymark, 2005.

TECNAL – Equipamentos e Instalações. *Manual de Instruções – Extração de óleos Vegetais*. Ourinhos – SP, 2009.

TECNAL – Equipamentos e Instalações. *Manual de Instruções - Secadores Verticais*. Ourinhos – SP, 2002.

TEIXEIRA, Gilmar Valente. *Avaliação das perdas qualitativas no armazenamento da soja*. Dissertação (mestrado). Universidade Estadual de Campinas – Unicamp. Faculdade de Engenharia Agrícola. Campinas - SP, 2001.

TELLES, Pedro Carlos da Silva. *Tubulações Industriais – Cálculo*. 9ª ed. Rio de Janeiro: LTC, 1999.

TELLES, Pedro Carlos da Silva. *Tubulações Industriais – Materiais, Projeto, Montagem*. 10ª ed. Rio de Janeiro: LTC, 2001.

TLV Co., LTD . *Software Calculador de Ingenieria*. Disponível em [http. www.tlv.com](http://www.tlv.com), acesso em 01 Jun 2012.

TLV Co., LTD. *Steam Theory*. Japão, 1996.

VIDAL, Roberto. *Pérdidas de solvente em plantas de extracción*. Revista Azeites & Grasas, Ano I, nº 5, pg 55-61, Dez. 1991.

WYLEN, Gordon Van, SONNTANG, Richard E. *Fundamentos da termodinâmica clássica*. 2ª ed. São Paulo: Edgard Blucher, 1976.

ANEXO A: RELATÓRIOS DIÁRIOS DE PRODUÇÃO – NOV/2010

Dia	Soja Processada [t/d]	Produção Óleo [t/d]	Produtividade	Umidade Soja Processada [%]	Soja Processada base 14% umidade [t/d]	Consumo Lenha [m³/d]	Consumo Solvente [l/d]	Residual Óleo Farelo Branco [%]	Umidade Farelo Acabado [%]	Residual Óleo Farelo Acabado [%]	Proteína Farelo Acabado [%]	Voláteis Óleo [%]	Motivos Paradas
													Problema Mecânico
1	689,487	127,400	18,48%	10,62	716585	93	179	0,77	12,80	2,28	46,59	0,03	0
2	679,115	127,600	18,79%	10,86	703911	97	1,493	0,80	12,94	2,13	47,57	0,02	
3	695,331	131,600	18,93%	10,73	721770	94	-3,098	0,86	12,70	2,46	47,78	0,02	
4	696,128	131,660	18,91%	10,47	724702	93	3,098	0,74	12,50	1,63	48,04	0,04	
5	694,774	133,620	19,23%	10,61	722161	93	-418	0,70	12,67	2,37	47,59	0,03	
6	700,379	129,300	18,46%	10,66	727580	95	821	0,76	12,70	2,05	47,48	0,03	
7	696,411	133,840	19,22%	10,58	724106	95	1,487	0,80	12,80	2,43	46,64	0,03	
8	694,229	131,600	18,96%	10,43	723048	97	1,825	1,13	12,87	2,25	46,77	0,03	
9	693,391	137,160	19,78%	10,27	723465	93	-324	0,88	12,85	2,50	47,46	0,06	
10	683,053	129,920	19,02%	10,64	709740	94	-814	0,99	12,85	1,74	47,66	0,04	
11	690,059	131,880	19,11%	10,22	720390	92	2,161	0,78	12,42	2,10	47,20	0,03	1
12	681,549	127,480	18,70%	10,11	712377	122	1,284	0,73	12,60	2,27	47,58	0,03	
13	687,731	130,520	18,98%	10,28	717479	110	0	0,89	12,70	2,21	48,05	0,04	
14	687,505	129,640	18,86%	10,28	717244	95	0	0,79	12,77	1,87	47,96	0,06	
15	697,808	133,000	19,06%	10,22	728479	97	712	0,89	12,81	2,34	47,55	0,05	
16	692,950	131,600	18,99%	10,32	722602	95	3,042	0,84	12,94	2,21	47,50	0,05	
17	664,909	129,380	19,46%	10,57	691428	95	386	0,76	12,86	2,15	47,55	0,03	
18	686,255	132,360	19,29%	10,23	716339	97	373	0,87	12,51	2,03	47,90	0,03	
19	698,115	131,140	18,78%	10,18	729124	94	2,205	0,74	12,64	1,85	47,68	0,03	
20	659,558	124,380	18,86%	10,44	686861	97	-1,240	0,86	12,62	1,99	47,43	0,06	
21	693,694	132,920	19,16%	10,28	723700	96	604	0,72	12,83	2,18	47,20	0,06	0
22	692,759	131,600	19,00%	10,25	722966	98	1,347	0,82	12,80	2,10	47,00	0,06	
23	691,073	137,340	19,87%	10,02	723055	98	2,202	0,82	12,78	2,09	47,13	0,06	
24	692,300	135,710	19,60%	10,01	724420	95	-1,240	0,80	12,74	2,14	47,53	0,05	
25	689,093	132,660	19,25%	10,14	720022	96	604	0,83	12,92	2,09	47,41	0,05	
26	695,112	137,900	19,84%	10,21	725745	93	1,347	0,71	12,93	2,07	47,46	0,06	
27	669,969	130,220	19,44%	10,11	700273	94	2,202	0,83	12,69	1,96	47,58	0,06	
28	694,863	131,980	18,99%	10,48	723304	98	1,166	0,81	12,84	2,19	47,41	0,08	
29	698,016	135,800	19,46%	10,19	728940	98	955	0,83	12,84	2,28	47,21	0,07	
30	697,059	134,040	19,23%	10,68	723969	100	1,702	0,82	13,05	2,17	47,21	0,07	
Total	20682677	3955250	-x-	-x-	21555785	2904	24061	-x-	-x-	-x-	-x-	-x-	3
Média	689423	131842	19,12%	10,37	718526	97	802	0,82	12,77	2,14	47,44	0,05	-x-
Máximo	700379	137900	19,87%	10,86	729124	122	3098	1,13	13,05	2,50	48,05	0,08	
Mínimo	659558	124380	18,46%	10,01	686861	92	-3098	0,70	12,42	1,63	46,59	0,02	
Desvio	9837	3107	0,36%	0,23	10469	6	1350	0,09	0,14	0,20	0,37	0,02	

ANEXO B: RELATÓRIOS DIÁRIOS DE PRODUÇÃO – NOV/2011

Dia	Soja Processada [t/d]	Produção Óleo [t/d]	Produtividade	Umidade Soja Processada [%]	Soja Processada base 14% umidade [t/d]	Consumo Lenha [m³/d]	Consumo Solvente [l/d]	Residual Óleo Farelo Branco [%]	Umidade Farelo Acabado [%]	Residual Óleo Farelo Acabado [%]	Proteína Farelo Acabado [%]	Voláteis Óleo [%]	Motivos Paradas	
													Queda de Energia	Processo
1	693.592	132.002	19,03%	10,07	725288	87	335	0,73	12,67	2,08	46,75	0,02	0	0
2	688.592	131.608	19,11%	9,69	723102	87	-852	0,74	12,69	2,06	46,34	0,02		
3	693.063	132.503	19,12%	9,66	728039	87	1.563	0,87	12,79	2,07	46,55	0,03		
4	692.369	132.179	19,09%	9,79	726263	92	782	0,96	12,69	2,18	46,28	0,02		
5	694.840	132.445	19,06%	9,93	727724	90	0	0,78	12,56	2,09	47,40	0,01		
6	679.842	130.435	19,19%	9,34	716680	90	-783	0,85	12,65	2,10	46,66	0,02		
7	680.493	130.647	19,20%	9,28	717841	88	383	0,83	12,62	2,28	46,16	0,03		
8	688.839	131.919	19,15%	9,50	724883	90	1.187	0,88	12,63	2,09	46,56	0,02		
9	670.354	128.203	19,12%	9,63	704417	87	0	0,86	12,86	2,20	46,60	0,08		
10	683.536	130.247	19,05%	9,96	715646	87	-1.163	0,93	12,80	2,21	46,69	0,02		
11	692.449	131.770	19,03%	10,08	724012	90	0	0,97	12,80	2,33	46,59	0,03		
12	683.916	130.146	19,03%	10,08	715090	86	404	0,93	12,83	2,20	46,58	0,02		
13	677.162	129.835	19,17%	9,40	713382	98	0	0,91	12,75	2,23	46,60	0,01		
14	152.266	28.985	19,04%	10,05	159260	60	0	0,90	13,23	2,40	46,45	0,04		
15	681.452	130.686	19,18%	9,38	718060	76	1.224	0,93	12,66	2,27	46,11	0,03	19	
16	691.186	132.188	19,12%	9,63	726308	95	0	0,83	12,81	2,31	45,98	0,01		
17	683.701	131.154	19,18%	9,36	720629	87	0	0,82	12,59	2,15	46,03	0,02		
18	684.586	131.157	19,16%	9,47	720646	90	1.084	0,76	12,48	2,20	46,38	0,02	0	0
19	687.397	130.605	19,00%	10,22	717611	90	-2.308	0,76	12,67	2,15	46,39	0,01		
20	693.081	133.019	19,19%	9,31	730878	95	1.604	0,92	12,36	1,87	46,09	0,02		
21	692.715	132.158	19,08%	9,85	726143	90	784	0,91	12,95	2,17	46,48	0,02		
22	692.620	132.198	19,09%	9,81	726365	93	0	0,84	12,95	2,20	46,52	0,02		
23	686.092	130.487	19,02%	10,13	716966	86	2.547	0,92	12,71	2,22	46,56	0,02		
24	632.877	120.594	19,05%	9,96	662607	87	1.076	0,90	12,68	2,09	46,74	0,01		
25	692.589	131.855	19,04%	10,04	724480	91	3.191	0,83	12,54	2,05	46,69	0,02		
26	686.729	131.190	19,10%	9,73	720826	87	-2.370	0,80	12,80	2,03	46,73	0,02		
7	685.857	130.820	19,07%	9,87	718794	90	226	0,88	12,45	2,11	46,80	0,02		
28	692.745	132.002	19,05%	9,96	725288	87	2.203	0,77	12,52	2,01	46,74	0,01		
29	692.805	131.456	18,97%	10,34	722289	87	342	0,81	12,94	2,06	46,25	0,02		
30	689.743	130.875	18,97%	10,34	719097	90	783	0,95	12,94	2,01	46,58	0,02		
Total	20037489	3825368	-x -	-x -	21018614	2640	12242	-x -	-x -	-x -	-x -	-x -		
Média	667916	127512	19,09%	9,80	700620	88	408	0,86	12,72	2,15	46,51	0,02	-x -	
Máximo	694840	133019	19,20%	10,34	730878	98	3191	0,97	13,23	2,40	47,40	0,08		
Mínimo	152266	28985	18,97%	9,28	159260	60	-2370	0,73	12,36	1,87	45,98	0,01		
Desvio	98070	18737	0,07%	0,31	102949	7	1216	0,07	0,18	0,11	0,29	0,01		