

# **Estudo de Medidas para Monitorizar a Performance Operacional**

**Miguel Grencho Guedes Poeira**

Dissertação para obtenção do grau de mestre em

**Engenharia Química**

Orientadores: Professor Doutor Sebastião Manuel Tavares da Silva Alves

Doutor Renato Henriques de Carvalho

## **Júri**

Presidente: Professor Doutor Carlos Manuel Faria de Barros Henriques

Orientador: Doutor Renato Henriques de Carvalho

Vogal: Professora Doutora Maria Cristina de Carvalho Silva Fernandes

**Julho, 2016**



*Para o meu avô, Alcides Poeira.*



## I. Agradecimentos

Gostaria, aqui, de deixar os meus sinceros agradecimentos às equipas de colaboradores da Preparação/Extração, Unidade de Produção de Biodiesel e Laboratório, pelas sugestões de melhoria apresentadas, pelos conhecimentos e motivação transmitidos, pelo esforço em me proporcionarem um ambiente informal e por promoverem a minha integração na IBEROL.

Aos Chefes de Secção da IBEROL, Eng.º Juscelino Tomás, Eng.ª Maria do Carmo Lobato, Sr. Carlos Zeferino e Sr. Carlos Pinto, pela paciência e confiança pessoal e profissional, bem como pelas sugestões de melhoria.

Ao meu orientador na IBEROL, Doutor Renato Henriques de Carvalho, pelo apoio e disponibilidade demonstrados, pelos conhecimentos e experiências partilhadas, e pela revisão da Dissertação.

Aos meus orientadores no Instituto Superior Técnico, Professor Sebastião Manual Tavares da Silva Alves e Professora Maria das Mercedes Esquível, pelos valiosos contributos para a revisão e melhoria deste trabalho.

Aos meus colegas na IBEROL, Eng.º David Faria, Joana Figueiredo e Mónica Duarte, pelo contributo para um excelente ambiente de aprendizagem e integração na IBEROL.

Aos meus pais, avós, namorada e amigos, por todo o esforço despendido para me proporcionarem as condições necessárias ao sucesso.



## II. Resumo

Desde há uns anos, as empresas portuguesas têm seguido a tendência global de implementar metodologias *Lean*, devido à necessidade de reduzir os vários tipos de desperdício, aumentar a eficiência dos processos de informação, e promover o conceito de melhoria contínua.

Esta dissertação foi desenvolvida na IBEROL em Alhandra, empresa líder no mercado nacional de biodiesel, e produtora, também, de bagaço de colza, soja e soja integral.

O seu objetivo é reduzir o tempo de ciclo global do fluxo de informação global da empresa, aumentar a eficiência dos processos de informação, reduzir o desperdício e automatizar o mais possível estes processos.

Isto foi conseguido através da criação de ferramentas Microsoft Excel para as secções da Unidade de Produção de Biodiesel, Preparação/Extração, Laboratório, Silos e Armazéns e Central de Utilidades, que automatizam o cálculo de consumos, produções, existências e KPI's. Foram, ainda, desenvolvidos projetos em IndustrialDataBridge, um *software* da Siemens que permite a exportação de dados processuais da Preparação/Extração e Unidade de Produção de Biodiesel para formato Microsoft Excel.

O tempo de ciclo do fluxo de informação global foi reduzido em 35,7%, (55 minutos). Em todas as secções, reduziu-se o número de ficheiros Microsoft Excel e documentos em papel existentes, as etapas de retrabalho, etapas de cálculo manual e o desperdício em geral.

Assim, aumentou-se a eficiência do fluxo de informação, minimizando a probabilidade de ocorrência de erros, informação em falta e retrabalho. Adicionalmente, foram identificadas oportunidades de melhoria, que poderão aumentar a eficiência dos seus processos de gestão de informação.

Palavras-chave: *Kaizen*, Metodologia *Lean*, KPI, biodiesel, bagaço de colza, bagaço de soja





### **III. Abstract**

Over the course of the past few years, Portuguese companies have been following the global trend of implementing *Lean* methodologies, as a consequence of the need to minimize waste in its multiple forms, to increase information processes' efficiency and to promote the concept of continuous improvement.

This thesis was developed on IBEROL, in Alhandra, a leading company on the biodiesel Portuguese market and, also, producer of rapeseed and soybean meal, and full fat soybean meal.

Its main objective is to reduce the global lead of the company's global information flow, and to improve its information processes' efficiency, eliminating waste and automatizing/computerize these processes.

This was achieved through the creation of Microsoft Excel tools for the Biodiesel Production, Preparation/Extraction, Laboratory, Silos and Warehouses and Utilities units, which enables the calculation process of the consumption of raw materials, the production of main and secondary products and process yields. Other projects were developed, specifically two Siemens' Industrial Data Bridge projects, which enable process data (fluid meters and tank levels) to be exported to Microsoft Excel format.

IBEROL's global information flow lead time was reduced by 35,7% (55 minutes). The number of Microsoft Excel files, paper documents, rework steps, manual calculation steps and general waste were reduced on all the aforesaid company units.

Therefore, the information flow efficiency was improved, the probability of errors occurring was reduced, missing information and reworking were diminished.

Some enhancement opportunities for the near-future were identified though, which can allow the company to manage its information process more efficiently.

**Keywords:** *Kaizen*, *Lean* Methodology, KPI, biodiesel, rapeseed meal, soybean meal



# Índice

I.	Agradecimentos.....	v
II.	Resumo .....	vii
III.	<i>Abstract</i> .....	ix
IV.	Índice Figuras .....	xiii
V.	Índice Tabelas .....	xv
VI.	Lista de Abreviaturas .....	xvi
1.	Introdução.....	1
1.1	<i>Background</i> : Caso de Estudo da Iberol.....	1
1.1.1	A Empresa .....	1
1.1.2	Processo produtivo .....	2
1.2	Enquadramento Teórico .....	3
1.3	Relevância do tema para a IBEROL .....	5
1.4	Objetivos da Dissertação.....	5
1.5	Metodologia do Projeto.....	6
1.6	Métricas do Projeto.....	7
2	Estado Inicial .....	8
2.1	Central de Utilidades .....	10
2.2	Laboratório.....	11
2.3	UPB .....	11
2.4	Preparação e Extração .....	15
2.5	Silos e Armazéns.....	21
2.6	Mapa de Controlo de Operações .....	22
2.7	SAGE X3 .....	24
3	Estado Atual .....	25
3.1	Integração das Máscaras noutras Ferramentas Excel.....	25
3.2	Central de Utilidades .....	26
3.3	Laboratório.....	27
3.4	Manutenção Elétrica .....	28
3.5	UPB .....	28
3.5	Preparação e Extração .....	33

3.6	Silos e Armazéns.....	36
3.7	Mapa de Controlo de Operações .....	39
3.8	SAGE X3 .....	41
4	Métricas .....	43
4.1	Métricas Qualitativas .....	43
4.2	Métricas Quantitativas .....	43
4.2.1	Tempo de ciclo .....	43
5	Conclusões .....	49
6	Propostas de Melhoria Futura .....	50
6.1	Contexto Geral.....	50
6.2	IDB.....	50
6.3	Laboratório.....	50
6.4	MCO .....	51
6.5	Preparação/Extração.....	51
6.6	UPB .....	51
6.7	SAGE X3 .....	52
6.8	Silos e Armazéns.....	52
7	Referências Bibliográficas .....	53
8	Apêndices .....	56
A.	Diagramas de <i>Gantt: Critical Path Method</i> .....	56
B.	Correlações para Cálculo das Existências de Semente nos Silos.....	60
C.	Métricas Quantitativas .....	72

## IV. Índice Figuras

Figura 1. Diagrama de blocos da Produção de Derivados de Oleaginosas e Biodiesel (Iberol 2014).....	3
Figura 2. Legenda dos Diagramas de Blocos do Estado Inicial.....	8
Figura 3. Estado Inicial: Central de Utilidades.....	10
Figura 4. Estado Inicial: Laboratório.....	11
Figura 5. Estado Inicial: UPB.....	12
Figura 6. Estado Inicial UPB: cálculo dos consumos de matérias-primas subsidiárias na UPB....	13
Figura 7. Estado Inicial UPB: cálculo da produção de óleos neutros e biodiesel na UPB.....	14
Figura 8. Estado Inicial UPB: cálculo e alocação do consumo de água osmotizada.....	14
Figura 9. Estado Inicial UPB: cálculo e alocação do consumo de energia elétrica na UPB.....	15
Figura 10. Estado Inicial UPB: cálculo do consumo de vapor em cada subprocesso da UPB.....	15
Figura 11a. Estado Inicial: Preparação/Extração.....	16
Figura 11b. Estado Inicial: Preparação/Extração.....	17
Figura 12. Estado Inicial Preparação/Extração: processo de preenchimento do boletim diário: cálculo das produções de óleo desgomado e bagaços.....	18
Figura 13. Estado Inicial Preparação/Extração: processo de preenchimento do boletim diário: cálculo dos consumos de matérias subsidiárias.....	18
Figura 14. Estado Inicial Preparação/Extração: preenchimento da folha de KPI <i>Kaizen</i> Diário....	19
Figura 15. Estado Inicial Preparação/Extração: cálculo do consumo real de semente.....	19
Figura 16. Estado Inicial Preparação/Extração: Sequência de cálculo para a correção ao consumo de vapor na Extração.....	20
Figura 17. Estado Inicial Preparação/Extração: gráfico <i>Kaizen</i> Diário da evolução mensal do consumo de vapor alocado à semente de colza.....	21
Figura 18. Estado Inicial: Silos e Armazéns.....	21
Figura 19. Estado Inicial: centralização dos dados de processo nos Silos e Armazéns.....	22
Figura 20. Estado Inicial: MCO.....	23
Figura 21. Folha inicial do MCO.....	23
Figura 22. Estado Inicial: etapas de operação no MCO.....	24
Figura 23. Estado Atual: Central de Utilidades.....	26
Figura 24. Estado Atual: Laboratório.....	27
Figura 25. Estado Atual: UPB.....	28
Figura 26. Estado Atual: Máscara da UPB.....	29
Figura 27. Folha "Início" da Máscara da UPB.....	30
Figura 28. Estado Atual UPB: <i>inputs</i> manuais inseridos na Máscara UPB.....	30
Figura 29. Estado Atual UPB: cálculos efetuados pela Máscara na Transesterificação.....	31
Figura 30. Máscara UPB: Histograma.....	32
Figura 31. Máscara UPB: gráfico de Pareto.....	32
Figura 32. Estado Atual: Preparação/Extração.....	33

Figura 33. Página inicial da Máscara Preparação/Extração.....	34
Figura 34. Estado Atual Preparação/Extração: funcionamento da Máscara.....	35
Figura 35. Estado Atual Preparação/Extração: processo de preenchimento do boletim da Preparação/Extração: cálculo das produções de óleo desgomado e bagaços. ....	36
Figura 36. Estado Atual: Silos e Armazéns. ....	37
Figura 37. Máscara Silos e Armazéns: <i>worksheet</i> inicial. ....	37
Figura 38. Estado Atual Silos e Armazéns: Máscara Silos e Armazéns. ....	38
Figura 39. As três zonas da geometria dos silos.....	39
Figura 40. Estado Atual: MCO. ....	40
Figura 41. MCO: a nova <i>worksheet</i> inicial. ....	41
Figura 42. Estado Atual: SAGE X3. ....	41
Figura 43. Ficheiros de Declarações de Produção, exportados do MCO. ....	42
Figura 44. Métricas Qualitativas: Avaliação Geral das secções.....	43
Figura 45. CPM: Estado Inicial sem considerar tempo de espera pela emissão das Ordens de Fabrico no SAGE X3. ....	56
Figura 46. CPM: Estado Inicial considerando o tempo de espera pela emissão das Ordens de Fabrico no SAGE X3. ....	lvii
Figura 47. CPM: Estado Atual considerando o tempo de espera pela emissão das Ordens de Fabrico no SAGE X3. ....	lviii
Figura 48. CPM: Estado Atual sem considerar o tempo de espera pela emissão das Ordens de Fabrico no SAGE X3: Estado Futuro. ....	lix
Figura 49. Máscara Silos e Armazéns: leituras em vazio e cálculo da existência de semente. ....	61
Figura 50. Ilustração do ângulo de repouso num silo. (Brook 2002).....	62
Figura 51. Ajuste linear dos modelos empírico e teórico para grão de soja, em silos 1-36.....	63
Figura 52. Ajuste linear dos modelos empírico e teórico para semente de colza, em silos 1-36...	63
Figura 53. Comparação entre a correlação empírica, local e global para a zona A - soja.....	65
Figura 54. Comparação entre a correlação empírica, local e global para a zona A - colza.....	66
Figura 55. Comparação entre a correlação empírica, local e global para a zona B - soja.....	66
Figura 56. Comparação entre a correlação empírica, local e global para a zona B - colza.....	67
Figura 57. Comparação entre a correlação empírica, local e global para a zona C - soja. ....	67
Figura 58. Comparação entre a correlação empírica, local e global para a zona C - colza.....	68
Figura 59. Representação dos residuais, para testes efetuados com grão de soja. Resultados determinados com a correlação obtida para a zona A.....	68
Figura 60. Representação dos residuais, para testes efetuados com grão de soja. Resultados determinados com a correlação obtida para a zona B.....	69
Figura 61. Representação dos residuais, para testes efetuados com grão de soja. Resultados determinados com a correlação obtida para a zona C. ....	69
Figura 62. Representação dos residuais, para testes efetuados com semente de colza. Resultados determinados com a correlação obtida para a zona A. ....	70

Figura 63. Representação dos residuais, para testes efetuados com semente de colza. Resultados determinados com a correlação obtida para a zona B. ....	70
Figura 64. Representação dos residuais, para testes efetuados com semente de colza. Resultados determinados com a correlação obtida para a zona C. ....	71
Figura 65. Evolução do tempo de ciclo nas secções da fábrica: Estado Inicial vs. Atual. ....	72
Figura 66. Evolução do <i>waiting</i> e <i>processing time</i> nas secções: Estado Inicial vs. Atual. ....	72

## V. Índice Tabelas

Tabela 1. Indicadores de desempenho (KPI) das secções de produção. ....	9
Tabela 2. Tempo de ciclo e hora final de emissão dos Boletins Diários e introdução dos dados no SAGE X3: Estado Inicial vs. Estado Atual (O.F. = Ordem de Fabrico). ....	45
Tabela 3. Métricas de Qualidade: Estado Inicial vs. Atual. ....	47
Tabela 4. Métricas de Complexidade Processual: Estado Inicial vs. Atual. ....	48
Tabela 5. Constantes empíricas para cálculo das existências de semente nos silos (toneladas de semente/metros de leitura em vazio). (C. Pinto 2015). ....	60
Tabela 6. Capacidades máximas empíricas dos silos. (C. Pinto 2015) ....	60
Tabela 7. Desvio absoluto, em toneladas, da existência estimada num silo 1-36 pelo modelo teórico face ao empírico. Capacidades máximas: 540 T de grão de soja; 490 T de semente de colza. ....	62
Tabela 8. Parâmetros das regressões lineares. m-declive; b-ordenada na origem; n-número de amostras; p-value; s-erro padrão. Nível de significância: 5%. ....	64
Tabela 9. Parâmetros das regressões lineares para a zona A do silo. m-declive; b-ordenada na origem; n-número de amostras; p-value; s-erro padrão. Nível de significância: 5%. ....	65
Tabela 10. Parâmetros das regressões lineares para a zona B do silo. m-declive; b-ordenada na origem; n-número de amostras; p-value; s-erro padrão. Nível de significância: 5%. ....	66
Tabela 11. Parâmetros das regressões lineares para a zona C do silo. m-declive; b-ordenada na origem; n-número de amostras; p-value; s-erro padrão. Nível de significância: 5%. ....	67

## VI. Lista de Abreviaturas

ASCII - *American Standard Code for Information Interchange*

CPM – *Critical Path Method*

CSF – *Critical Success Factors*

DT – Dessorventizador, Tostador

ERP – *Enterprise Resource Planning*

FFS – *Full Fat Soybean* ou soja integral

IDB – Industrial Data Bridge

KPI – *Key Performance Indicator*

MCO – Mapa de Controlo de Operações

NIR – *Near-infrared Spectroscopy*

OF – Ordens de Fabrico

VA/NVA – *value/non value added activity*

UPB – Unidade de Produção de Biodiesel

VBA/VBS – Visual Basic for Applications/Script

VSM – *Value Stream Mapping*



# 1. Introdução

No mundo competitivo atual, as empresas devem procurar minimizar os custos de produção e o tempo de ciclo (*lead time*) de processo e de fluxo de informação. Isto só é possível graças a uma eficiente gestão e alocação de recursos e fluxos de material e informação mais eficientes (Rad 2008).

Hoje em dia, as empresas devem focar-se em aumentar a eficiência dos fluxos de material e de informação, de modo a produzir produtos de grande qualidade, em menos tempo e com menos custo. Isto pode ser atingido utilizando ferramentas *Lean*, no sentido de atingir níveis mais altos de serviço e satisfação do cliente.

Este trabalho incide sobre a redução do *tempo de ciclo* da gestão de informação, bem como da redução do desperdício no fluxo de informação da fábrica, e pretende demonstrar como as melhorias aplicadas durante o seu desenvolvimento já contribuíram para a concretização deste objetivo

## 1.1 *Background*: Caso de Estudo da Iberol

### 1.1.1 A Empresa

A IBEROL - Sociedade Ibérica de Biocombustíveis e Oleaginosas S.A. (doravante denominada IBEROL) foi constituída em 1967, em Alhandra (Iberol 2014).

Após a suspensão de atividade, entre 1993 e 1997, a empresa foi integrada na *holding* NUTASA, período durante o qual o equipamento obsoleto foi renovado para acomodar o aumento da capacidade produtiva, e permitir uma maior automação dos processos e melhoria do desempenho ambiental (Silva 2015).

A partir de 2004, a IBEROL tornou-se a primeira produtora portuguesa de biodiesel, a partir de óleo refinado. Esta decisão foi motivada pela necessidade de encontrar uma forma alternativa de escoar o excesso de óleo de soja produzido (Silva 2015). Desde 2010, a ECS Capital, uma sociedade gestora de fundos de capital de risco, detém uma quota superior a 50% na estrutura acionista da IBEROL. (Iberol 2014)

Atualmente, a IBEROL tem uma capacidade de produção que ronda as 450 mil toneladas anuais de bagaço de soja e 170 mil toneladas de bagaço de colza, e as 110 mil toneladas anuais de biodiesel (Silva 2015), o que a torna um dos maiores produtores de biodiesel em Portugal. Para além dos produtos principais, a IBEROL produz cerca de 13 mil toneladas anuais de glicerina (Silva 2015), um subproduto do processo de produção de biodiesel.

A IBEROL explora, principalmente, os mercados português e espanhol, trabalhando em produção contínua e regime de laboração de 24h (Silva 2015). Tem ainda implementado um Sistema de Gestão da Qualidade e Ambiente, certificado de acordo com as normas NP EN ISO 9001 e NP EN ISO 14001.

### 1.1.2 Processo produtivo

A seguinte descrição do método de produção da IBEROL está de acordo com o Manual da Qualidade e Ambiente (MQA) da empresa (Iberol 2014).

A IBEROL tem três processos principais: extração de óleos desgomados e produção de bagaço de soja e colza; produção de biodiesel a partir de misturas de óleos desgomados; produção de soja integral. O primeiro e terceiro ocorrem na secção Preparação/Extração, o segundo na secção Unidade de Produção de Biodiesel (UPB). A semente de colza, ou grão de soja, é armazenada nos silos 2 a 38, e alimentada ao processo via silo 37 (secção Silos e Armazéns).

Na Preparação (Figura 1, Circuito de Limpeza e de Preparação), a semente é limpa e pré-tratada para facilitar a extração mecânica de óleo. Na Extração (Figura 1, Circuito de Extração e Desgomagem de Óleo), o óleo de soja/colza é extraído por contato com um solvente (hexano), obtendo-se bagaço e óleo desgomado. Num processo paralelo, produz-se soja integral (Figura 1, Circuito da Soja Integral) a partir do cozimento do grão de soja. A soja integral e o bagaço são armazenados nos armazéns (Silos de soja integral e Armazéns 1 a 5).

Na Unidade de Produção de Biodiesel (UPB) (Figura 1, Circuito da Produção de Biodiesel), os óleos de soja e colza são misturados com outras matérias-primas (gordura animal, óleo vegetal usado). Esta mistura sofre uma desgomagem química (Neutralização), que reduz a acidez o suficiente para permitir a produção de biodiesel (Transesterificação). Os produtos secundários desta secção incluem glicerina e ácidos gordos, que são expedidos.

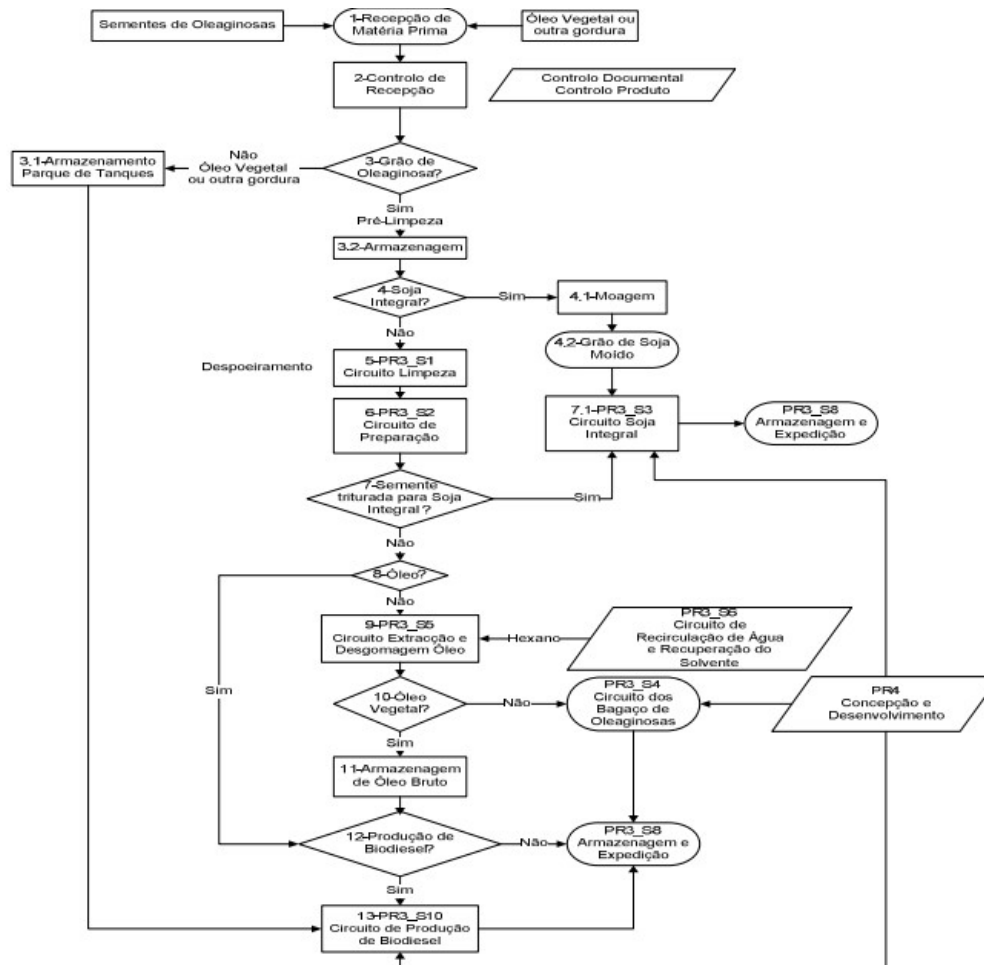


Figura 1. Diagrama de blocos da Produção de Derivados de Oleaginosas e Biodiesel (Iberol 2014).

## 1.2 Enquadramento Teórico

A produção *Lean* é uma metodologia de trabalho que pretende obter produtos de maior qualidade e a menor custo, visando a melhoria contínua dos processos, através da identificação e eliminação do desperdício ao longo da cadeia de valor da empresa (Modi e Thakkar 2014).

A filosofia *Kaizen* é uma metodologia *Lean*, e tem como objetivos reduzir o custo de produção, o tempo de ciclo e o desperdício sob todas as formas e as atividades desnecessárias (Modi e Thakkar 2014). Idealizada pelo japonês Masaaki Imai, dedica-se a aumentar a produtividade e eficiência da organização, baseando-se em conceitos como a Melhoria Contínua, *5S's* e *muda*, através do estabelecimento de formas padrão de trabalho e monitorização dos resultados com base em indicadores de desempenho (Imai 2012). O *Kaizen* envolve todos os trabalhadores da organização, e constitui uma alteração à cultura da empresa, pois as rotinas diárias dos trabalhadores são modificadas de acordo com estes princípios.

A cultura de Melhoria Contínua resulta da “integração das filosofias organizacionais, técnicas e estruturais para atingir a melhoria de desempenho sustentável em todas as suas atividades, de forma ininterrupta e constante” (Gilmore 1990). Este processo de melhoria contínua é altamente focado em melhorias pequenas e graduais, aplicadas num curto espaço de tempo (Laraia, Moody e Hal 1999).

Um dos conceitos fundamentais do *Kaizen* é a normalização de tarefas, pois é a melhor forma de promover o afastamento dos métodos antigos de trabalhar, e evita o retorno de antigos hábitos (Scotchmer 2007).

Os *Key Performance Indicators* (KPI) são indicadores de desempenho que indicam a variação de performance da empresa face aos Fatores Críticos de Sucesso (CSF) (Stapenhurst 2009): o conjunto de fatores em que é essencial a empresa ter sucesso para que realize os seus objetivos (Stapenhurst 2009).

A nível operacional são, normalmente, indicadores não-financeiros, ou variáveis de processo, tais como rendimentos ou consumos específicos, e facilitam a identificação de anomalias e de tendências na operação de cada secção (E. Pinto 2015). Todos estes KPI têm um objetivo associado, e esta procura de atingir o objetivo é um fator de motivação para os operadores (Falck e Karlsson 2011).

O *Kaizen* Diário é uma das ferramentas inerentes a esta metodologia, e pretende criar rotinas de trabalho entre as equipas e aumentar a eficiência operacional, promovendo a discussão e análise de KPI's entre os seus elementos, em reuniões diárias. Há, ainda, espaço para a identificação e proposta de resolução de problemas prementes da instalação, bem como para a identificação e sugestão de melhorias (E. Pinto 2015).

Outra ferramenta do *Kaizen* Diário são os Quadros de Equipa, que contêm toda a informação necessária à gestão da secção e comunicação eficaz entre elementos das equipas, servindo de suporte às reuniões diárias. É neste suporte que se encontra o plano de trabalho, plano de paragem e produção, e a representação gráfica dos KPI's (E. Pinto 2015).

O desperdício define-se como qualquer atividade que consome recursos e não gera valor. Os sete tipos de desperdício definidos pelo *Toyota Production System* são excesso de produção, defeitos, *stocks*, processo inadequado, transportes e esperas (Askin e Goldenberg 2002). Esta dissertação incide na redução do tempo gasto em espera por informação em falta, transporte de documentos e processamento desnecessário ou duplicado, sempre relativamente ao fluxo de informação.

As atividades do fluxo de informação foram divididas em duas categorias: as que geram valor (VA), e as que não geram valor (NVA), tendo sido determinadas utilizando o mapeamento de processos (Askin e Goldenberg 2002), na qual as relações entre atividades são representadas por meio de símbolos gráficos.

Para efeitos de comparação, utiliza-se a nomenclatura “Estado Inicial” e “Estado Atual” para distinguir o estado da gestão de informação processual na IBEROL antes, e depois, da conclusão deste trabalho, respetivamente. O “Estado Futuro” está associado à reformulação dos processos e atividades individuais que o constituem, implementada a partir de um plano de ações (E. Pinto 2015), que podem incluir algumas das sugestões aqui apresentadas.

Para visualizar a performance do fluxo de informação da IBEROL, utilizou-se o *Critical Path Method* (CPM), uma metodologia de gestão que cumpre o objetivo de determinar a melhor forma de reduzir o tempo necessário para desempenhar atividades de suporte organizacional repetitivas e

rotineiras (Stelth e Le Roy 2009). Utilizando uma estrutura de análise detalhada dos projetos é possível dividir os processos em atividades individuais. O objetivo é representar, num gráfico de *Gantt*, os caminhos que constituem o fluxo de informação na fábrica, e as relações de dependência entre as atividades. Com base neste diagrama, determina-se um caminho crítico (o "caminho" mais longo que se torna crítico visto que afetará a duração final) e as atividades críticas (Stelth e Le Roy 2009).

A criação de um CPM para cada secção, e de um CPM global, permitiu identificar as atividades que geram valor (VA) e as que não geram valor (NVA). Assim, foi possível identificar os constrangimentos (*bottlenecks*) dos processos, as atividades críticas e as principais áreas de melhoria.

### 1.3 Relevância do tema para a IBEROL

Tendo em vista a implementação da metodologia *Kaizen*, a IBEROL pretendia alargar os princípios de redução de custo e tempo de ciclo à área da gestão de informação para aumentar a eficiência do fluxo de informação nas áreas operacionais da empresa. Isto passava por informatizar o mais possível os processos do fluxo de informação das secções – UPB, Silos e Armazéns, Preparação/Extração e Central de Utilidades -, simplificar tarefas e normalizar processos.

A implementação das ferramentas desenvolvidas irá:

- Contribuir para a promoção da cultura de melhoria contínua integrada no ambiente *Kaizen*;
- Motivar os operadores para adotarem uma postura de inovação, criação e pro-atividade;
- Permitir que os operadores e gestores intermédios aloquem mais tempo útil à análise de dados de processo, identificação de problemas e sugestão de melhorias;

O trabalho a desenvolver no contexto do mapeamento de processos irá contribuir para:

- Complementar o mapeamento da cadeia de valor (VSM ou *value stream mapping*) existente, com informação relativa a tempos de execução de processos;
- Facilitar a identificação de constrangimentos e atividades críticas em cada processo e uma alocação de recursos, para identificação e resolução de problemas, mais eficiente;

### 1.4 Objetivos da Dissertação

O objetivo deste trabalho é a elaboração de ferramentas em Excel (denominadas por máscaras), a partir do mapeamento de processo da UPB, Preparação/Extração, Silos e Armazéns e Central de Utilidades, para permitir reduzir os tempos de ciclo (global e de cada secção):

- Minimizar a perda de informação relevante em atividades de transporte de documentos;
- Aumentar a produtividade de alguns intervenientes, graças à redução do tempo de espera dos processos;
- Minimizar o número de não conformidades no processo, com origem na execução de atividades manuais;

- Reduzir a complexidade dos processos, minimizando o número de documentos em circulação simultânea;
- Reduzir o tempo gasto em retrabalho para correção de não conformidades e informação em falta;

Estas melhorias foram conseguidas com a informatização do fluxo de informação da IBEROL, incidindo sobre as secções de produção e Laboratório:

- Desenvolvimento de dois projetos de Industrial Data Bridge (IDB)<sup>1</sup> para exportação de dados para Excel na Preparação/Extração e UPB;
- Criação de Máscaras Excel para automatizar o cálculo de consumos, produções e existências, na UPB, Preparação/Extração e Silos e Armazéns, importando dados via IDB;
- Criação de *macros* em linguagem de programação *Visual Basic Applications* (VBA) nas Máscaras Excel;
- Integração dos *outputs* das Máscaras no Mapa de Controlo de Operações (MCO) e dos *outputs* deste no SAGE X3<sup>2</sup>;
- Uniformizar a estrutura dos projetos NIR (*Near-infrared spectroscopy*)<sup>3</sup> da Preparação/Extração e Laboratório;
- Desenvolvimento de uma ferramenta Excel, em ambiente *Android*, para registo de contadores da Manutenção Elétrica;
- Obtenção de correlações para o cálculo das existências de semente nos silos, a partir das leituras em vazio;
- Mapeamento dos Estados Inicial e Atual dos fluxos de informação das secções de produção da fábrica, recorrendo a diagramas *Gantt*;

## 1.5 Metodologia do Projeto

A metodologia utilizada neste trabalho assenta, sobretudo, na recolha e análise de métricas quantitativas – tempo de execução e espera e número médio de erros de execução - pois a quantificação da redução destes parâmetros é essencial para a comparação entre o “estado inicial” e “atual”, bem como para possibilitar o foco no “estado futuro”. Globalmente, é seguida uma metodologia de estudo de caso, pois é “uma investigação empírica que investiga um fenómeno contemporâneo dentro do contexto da vida real” (Yin 2013).

As etapas de implementação das melhorias realizadas definiram-se como: (E. Pinto 2015)

1. Selecionar os processos onde se irá intervir: Preparação/Extração, UPB, Silos e Armazéns;

---

<sup>1</sup>Add-in do WinCC, que facilita a exportação de dados de processo, em tempo real, para formato Excel.

<sup>2</sup> O sistema ERP (*Enterprise Resource Planning*) utilizado pela IBEROL.

<sup>3</sup> O equipamento é utilizado para efetuar análises ao bagaço e biodiesel.

2. Delimitar os processos: determinar o início e fim de cada processo;
3. Mapear a situação inicial dos processos de forma detalhada identificando os tempos de execução e de espera e constrangimentos;
4. Desenvolver e planejar a implementação de melhorias: A fase de planeamento da implementação das ferramentas teve em conta o conhecimento empírico das capacidades e destreza informática de cada equipa de operadores, bem como a existência de condições informáticas para tal (i.e., na Preparação/Extração não existia licença de Excel em setembro de 2015, pelo que se iniciou o planeamento pela UPB);
5. Fornecer formação aos intervenientes, incidindo sobre a compreensão e preenchimento das Máscaras Excel, e das alterações ao método de trabalho existente;
6. Acompanhar a implementação e monitorizar a fase de testes; A fase de implementação das ferramentas Excel nas secções teve uma componente de formação aos operadores, e outra de identificação de erros, e recolha de sugestões de melhoria junto das equipas. em sessões de *brainstorming* com as mesmas;
7. Identificar problemas no processo atual: promover o contato diário com as equipas de cada secção, para identificar erros que possam ter surgido e recolher ideias de melhoria. Durante esta fase, tentou-se ativamente encorajar uma cultura de cooperação e inovação, o que se verificou, com os operadores com mais conhecimentos informáticos a auxiliar os seus colegas; a motivação dos operadores para participar ativamente nos projetos era visível, tendo em conta a quantidade de ideias de melhoria sugeridas;
8. Selecionar e implementar oportunidades de melhoria;
9. Mapear a situação atual dos processos;
10. Recolher métricas quantitativas sobre o estado inicial e atual do processo: simultaneamente, durante a fase onde ambos coexistem; taxas de erros, intervenientes, tempos de execução e de espera;
11. Analisar as métricas recolhidas, propor melhorias e elaborar novo plano de ação;

## 1.6 Métricas do Projeto

De forma a analisar o sucesso das melhorias implementadas, e permitir uma comparação futura, selecionaram-se métricas de qualidade, sendo as mais importantes o tempo de ciclo, o número de NVA eliminadas, e a redução da probabilidade de ocorrência de erros devido a operações manuais.

Define-se como tempo de ciclo do fluxo de informação o intervalo desde as 07h30, até ao momento em que as Declarações de Produção e Seguintes de Materiais são inseridas no SAGE X3.

As métricas definidas neste projeto estão incluídas em duas perspetivas de um *Balanced Scorecard*. As métricas qualitativas estão inseridas na perspetiva da aprendizagem e crescimento dos trabalhadores; as métricas quantitativas na perspetiva dos processos internos de negócio da empresa. As primeiras são importantes numa perspetiva de analisar se a capacidade, conhecimento informático e motivação dos trabalhadores estão de acordo com os objetivos que a empresa pretende

alcançar. As segundas estão integradas numa análise e avaliação do processo da empresa, quanto à probabilidade de ocorrência de erros, retrabalho e identificação de constrangimentos (Stapenhurst 2009).

## 2 Estado Inicial

O Estado Inicial das várias secções da fábrica representa-se esquematicamente por meio de Diagramas de Blocos. Para isso, utilizou-se a legenda representada na Figura 2.

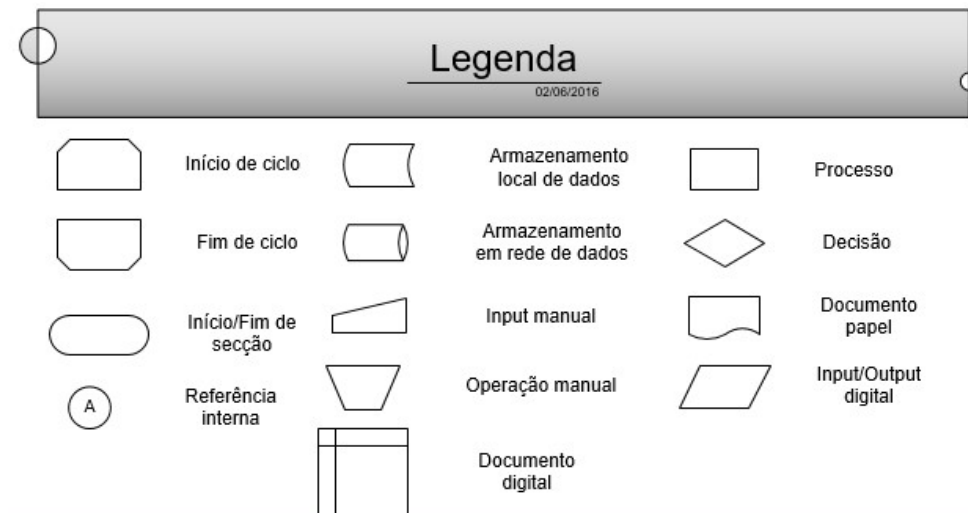


Figura 2. Legenda dos Diagramas de Blocos do Estado Inicial.

Na Tabela 1 apresentam-se os indicadores utilizados inicialmente no processo de produção, bem como o suporte de apresentação e registo utilizado.



Tabela 1. Indicadores de desempenho (KPI) das secções de produção.

Área do processo	KPI	Suporte (papel, informático) / Registo (manual/automático)
<b>UPB</b>	Produção diária de óleo neutro e biodiesel (Ton). Rendimento real, e teórico, da Neutralização (%). Consumo específico de ácido cítrico e fosfórico; metanol e metilato (kg/Ton).	Informático/automático
<b>Preparação/Extração</b>	Consumo diário de semente (Ton) e caudal horário (Ton/h). Produção diária (Ton) e rendimento de óleo desgomado (%). Rendimento da extração mecânica (%). Consumo acumulado mensal (Ton) e específico de hexano (kg/Ton semente). Consumo diário (Ton) e específico de vapor (kg/Ton semente).	Papel/manual
<b>Silos e Armazéns</b>	Caudal horário médio de bagaço carregado (Ton/h). Caudal horário médio de semente descarregada (Ton/h). Consumo específico de energia elétrica (KWh/Ton semente).	Informático/manual

## 2.1 Central de Utilidades

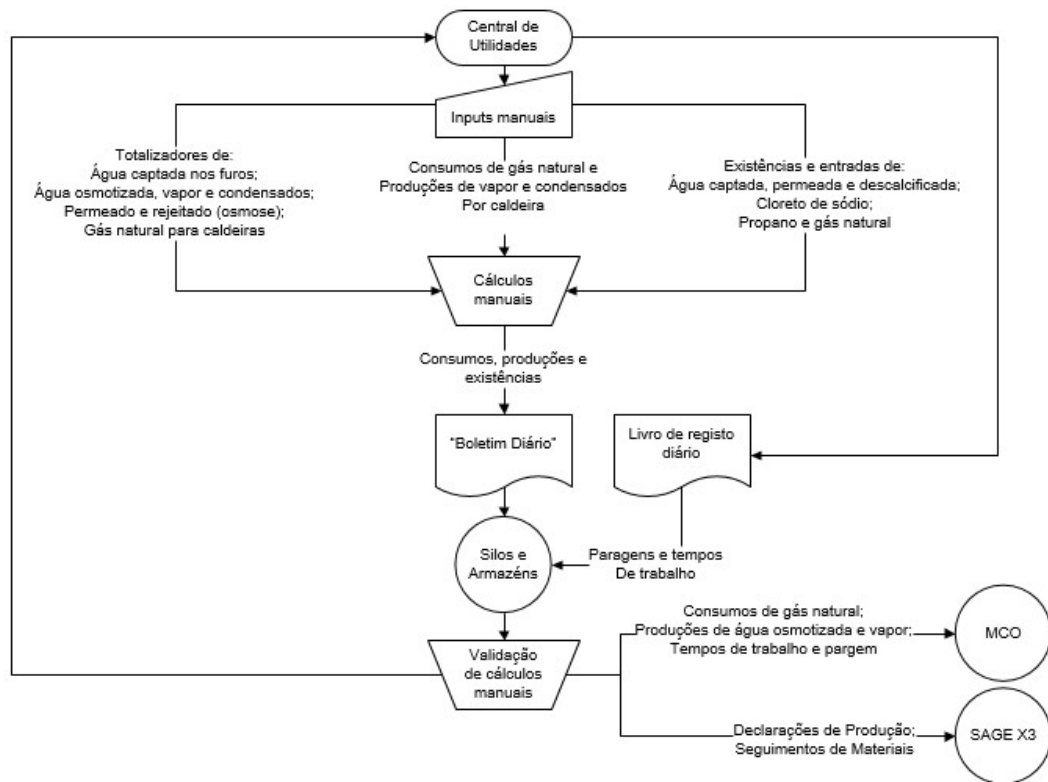


Figura 3. Estado Inicial: Central de Utilidades

Inicialmente, a Central de Utilidades possuía uma estrutura de gestão de informação processual assente em etapas totalmente manuais (Figura 3). Os valores das variáveis de processo eram retirados, pelos operadores, do programa informático de supervisão (WinCC Flexible), e colocados no boletim diário da secção (em papel). O cálculo de consumos, produções e existências era feito, manualmente, pelos operadores e, posteriormente, verificado e confirmado pelo Chefe de Secção dos Silos e Armazéns. Depois, este era responsável pela introdução dos dados de processo no Mapa de Controlo de Operações (MCO), e no SAGE X3.

A partir de outubro de 2015 foi implementado, nesta secção, uma ferramenta Excel (“Máscara Central de Vapor”) que permitia, mediante o *input* das variáveis de processo, calcular consumos, produções e KPI's, automatizando o processo de cálculo em vigor.

## 2.2 Laboratório

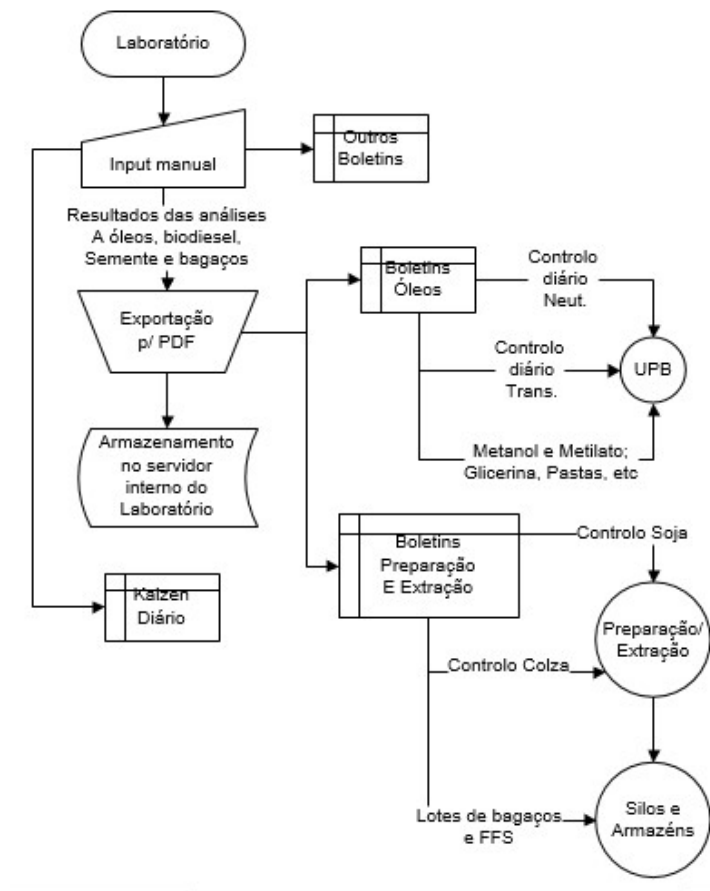


Figura 4. Estado Inicial: Laboratório.

Nesta secção, os boletins de controlo diário são construídos em ficheiros Excel, após introdução manual dos resultados das análises. De seguida, cada boletim é convertido em PDF e enviado, via correio electrónico, para os interessados (Figura 4).

## 2.3 UPB

Na Figura 5 esquematiza-se o Estado Inicial do fluxo de informação na UPB. Note-se a existência de diversos ficheiros Excel para cálculo de consumos, produções e existências, bem como a necessidade de efetuar *inputs* manuais em cada um deles e, ainda, a existência de uma transação de informação por telefone (dos Silos e Armazéns), e outra por e-mail (do Laboratório).

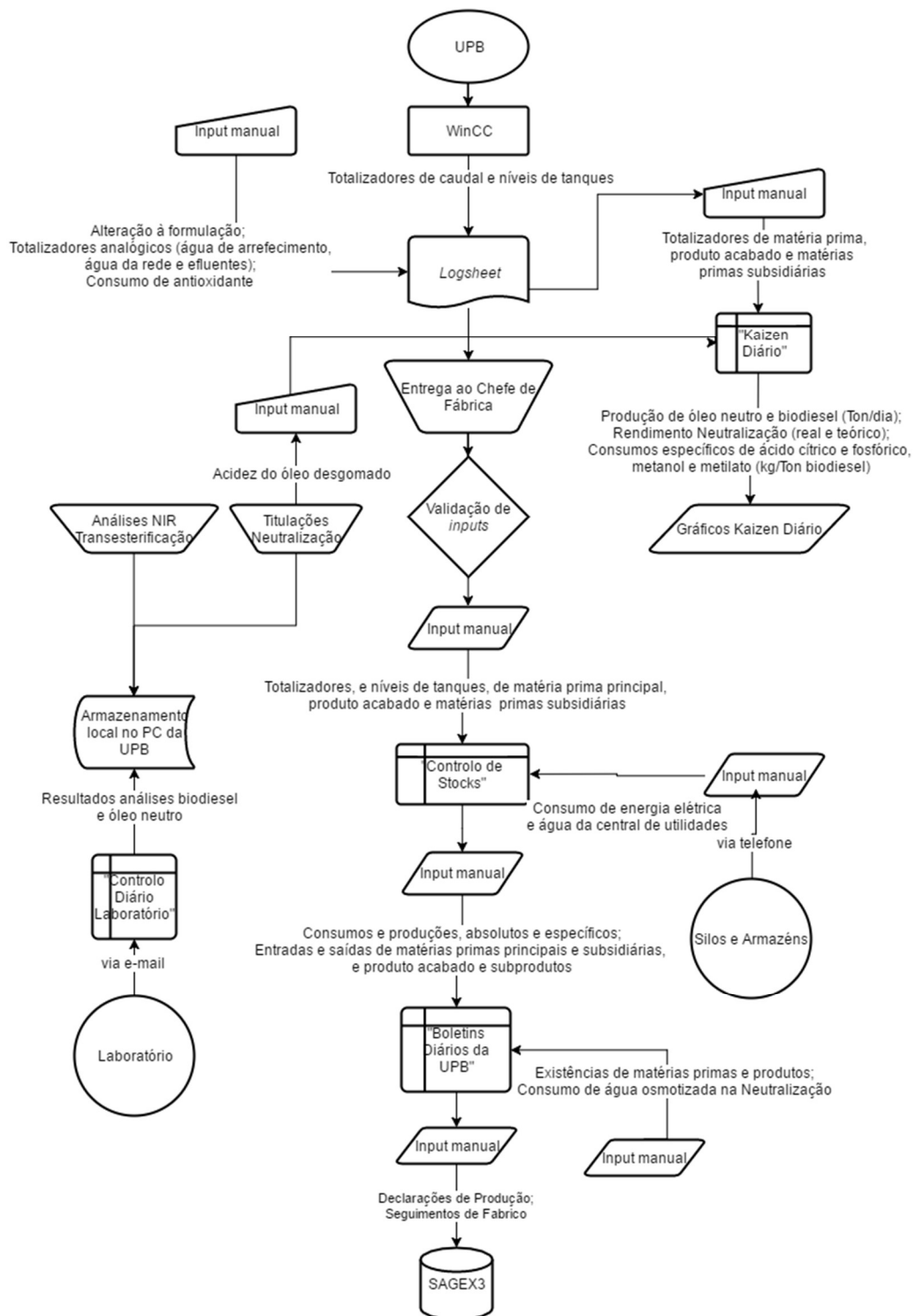
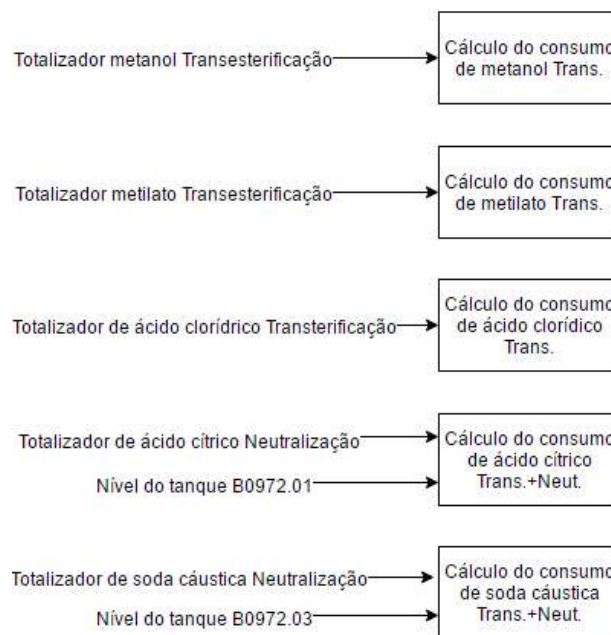


Figura 5. Estado Inicial: UPB.

No final de cada turno – 15h30, 23h30 e 07h30 -, o WinCC imprime um *logsheet*, que funciona como um resumo do estado da fábrica nesse momento. Os operadores da secção, no turno das 24h-08h, escrevem, no *logsheet*, os valores dos três contadores analógicos.

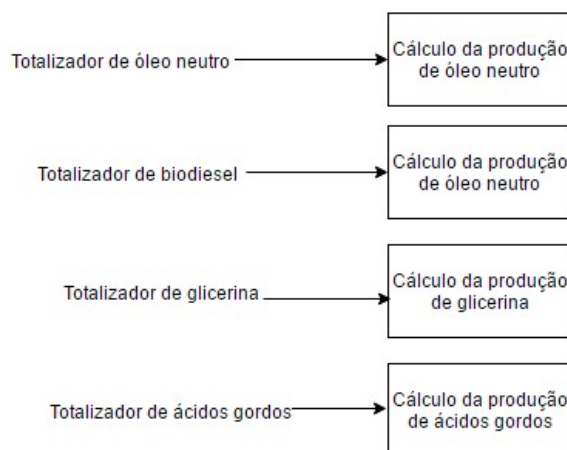
O ficheiro Excel “*Kaizen Diário*” calcula os KPI’ da secção, mediante a introdução da informação proveniente do *logsheet* (totalizadores de matérias primas principais e subsidiárias, e produto acabado) e a acidez média do óleo desgomado, resultado das titulações efetuadas pelos operadores. Estes KPI’s são representados, graficamente, nos “Gráficos *Kaizen Diário*”, construídos a partir deste ficheiro.

O “Controlo de *Stocks*” é um ficheiro Excel, utilizado pelo Chefe de Fábrica, no qual são calculados consumos, produções e KPI’s, com base na informação do *logsheet* e na introduzida pelos operadores. Neste ficheiro a produção de biodiesel e óleos neutros é segregada consoante o lote da matéria-prima que lhe deu origem.



**Figura 6. Estado Inicial UPB: cálculo dos consumos de matérias-primas subsidiárias na UPB.**

O cálculo das matérias-primas subsidiárias é feito diretamente a partir dos totalizadores, exceto nos casos do ácido cítrico e soda cáustica que, por serem consumidos na Neutralização e Transesterificação, e por só existir totalizador na primeira, requerem o conhecimento da existência no tanque de armazenamento, para possibilitar o cálculo por diferença (Figura 6).

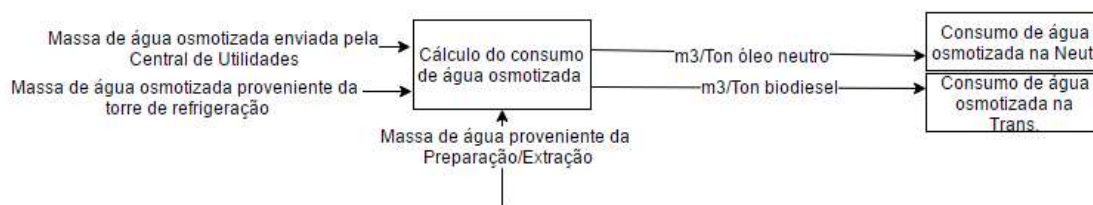


**Figura 7. Estado Inicial UPB: cálculo da produção de óleos neutros e biodiesel na UPB.**

O cálculo do consumo de óleo desgomado por tipo de matéria-prima requer a alteração manual da proporção de cada tipo de óleo na formulação global. A produção de cada tipo de óleo neutro é calculada multiplicando o respetivo consumo de óleo desgomado pelo rendimento do processo Neutralização (Figura 7).

Quando há alteração de formulação num dos subprocessos, é necessário escrever, ao lado do valor do contador “Contador de Óleo saída Neut”, o valor do contador aquando da alteração de formulação. Isto permite conhecer o consumo total antes e depois da alteração, bem como a produção de óleo neutro. A partir destes resultados é, ainda, necessário alterar as proporções relativas de cada matéria-prima na formulação de cada subprocesso.

O ficheiro “Boletins Diários da UPB” permite calcular as existências de matérias-primas principais e subsidiárias, produto acabado e subprodutos, com base nos boletins diário e da véspera. Para além disso, é aqui que se calcula o consumo de água osmotizada na Neutralização (Figura 8), e se faz a alocação de energia elétrica (Figura 9), água osmotizada (Figura 8) e vapor (Figura 10) aos dois processos da UPB. Os valores dos consumos específicos utilizados nestes cálculos encontram-se ausentes das figuras referidas, de forma a manter a sua confidencialidade, representando-se apenas as unidades dos mesmos.



**Figura 8. Estado Inicial UPB: cálculo e alocação do consumo de água osmotizada.**

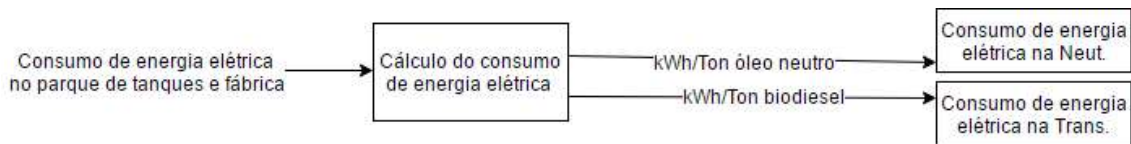


Figura 9. Estado Inicial UPB: cálculo e alocação do consumo de energia elétrica na UPB.

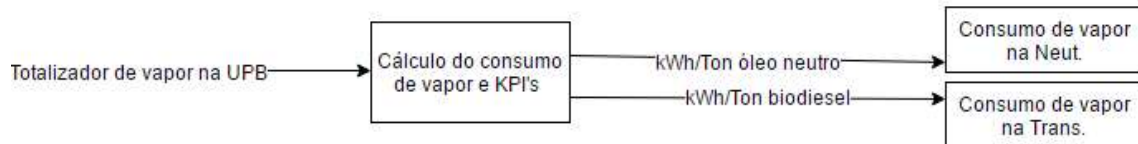


Figura 10. Estado Inicial UPB: cálculo do consumo de vapor em cada subprocesso da UPB.

Os consumos de matérias-primas principais e subsidiárias, e as produções de produtos principais e secundários são introduzidos, manualmente, no SAGE X3, sob a forma de Declarações de Produção e Seguintos de Fabrico, e requerem a alocação exata de cada quantidade a um lote específico.

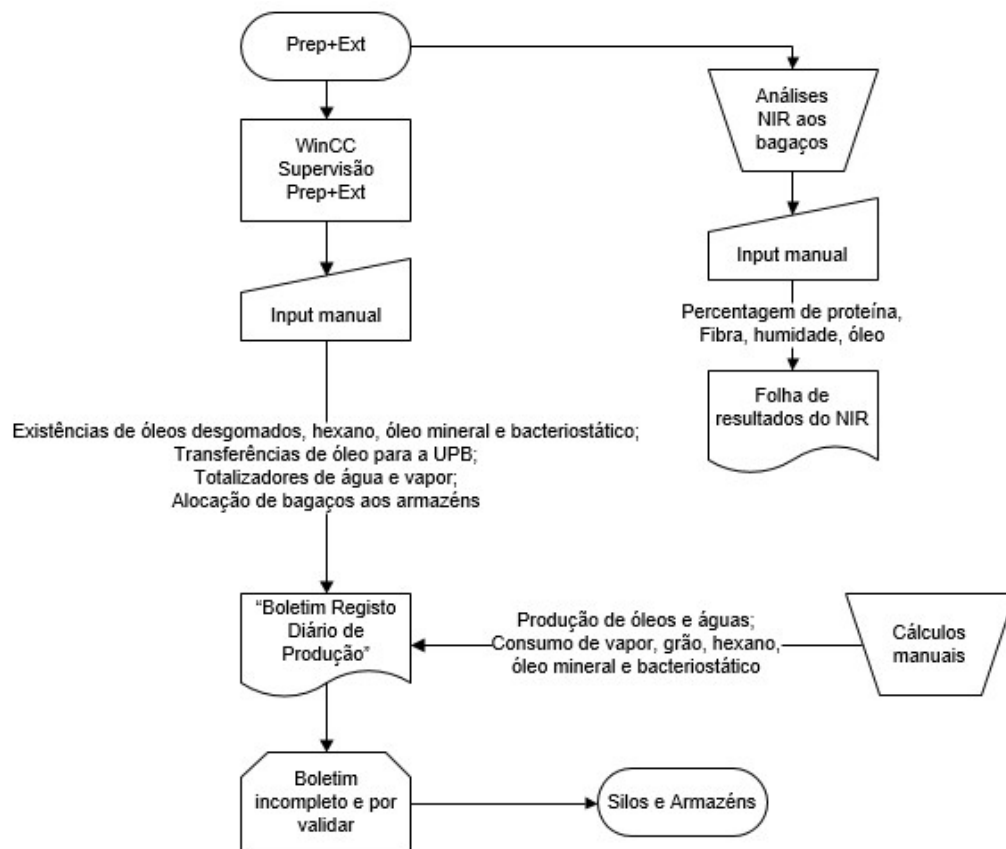
## 2.4 Preparação e Extração

As Figuras 11a e 11b representam o fluxo de informação no seu Estado Inicial, na Preparação/Extração.

Esta secção está extremamente interligada com os Silos e Armazéns, uma vez que há informação relevante proveniente desta última (o consumo real de semente de colza, ou grão de soja, essencial para o cálculo do rendimento do processo de extração de óleo).

De facto, existe uma dupla função na pessoa do Chefe de Secção dos Silos e Armazéns que, para além de desempenhar a gestão de operações específicas dos Silos e Armazéns (cálculo de consumos, produções e existências), também acumula funções ao nível da gestão de informação (verificação dos *inputs* e cálculos manuais, preenchimento do MCO, introdução de Declarações de Produção e Seguintos de Fabrico no SAGE X3). Por essa razão, neste Estado Inicial, é nos Silos e Armazéns que é feita a validação do boletim da Preparação/Extração.

Note-se que não existem processos realizados em Excel, pois este não estava instalado na secção, aquando do Estado Inicial. Por isso, os processos nesta secção encontravam-se totalmente não-automatizados e não-informatizados, sendo todos efetuados em suporte papel.

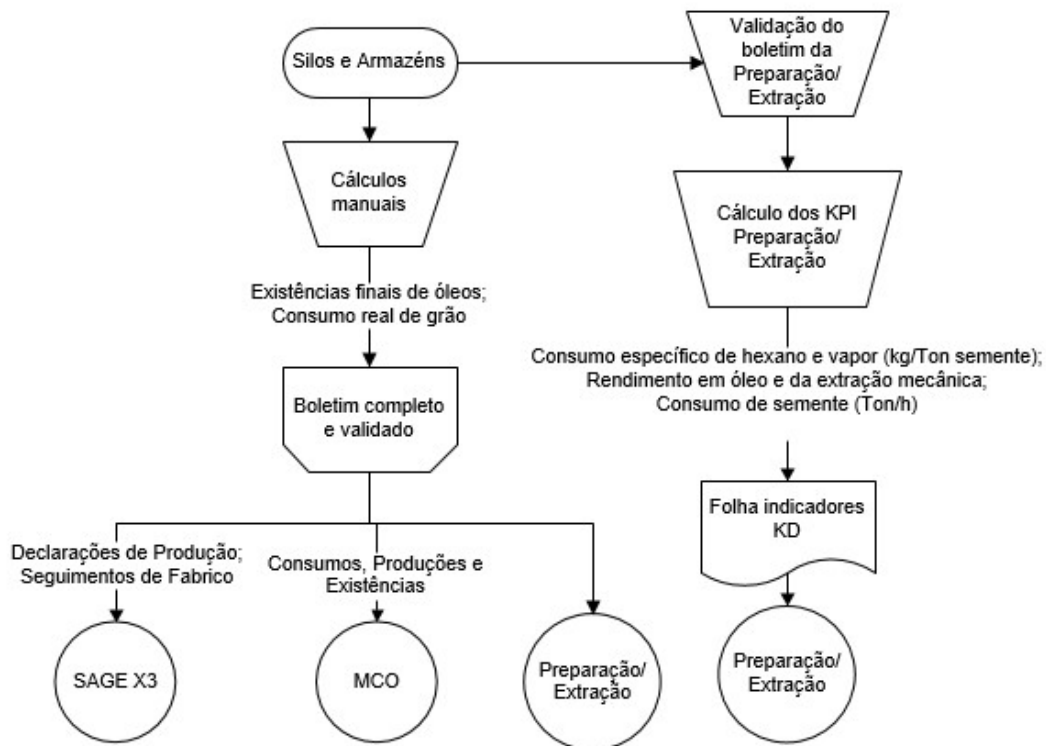


**Figura 11a. Estado Inicial: Preparação/Extração.**

A entrega do boletim em papel, incompleto e por validar, aos Silos e Armazéns (Figura 11a), é feita em mão pelos operadores, o que constitui um constrangimento do processo, e leva ao aumento do tempo de ciclo na secção. O mesmo se pode dizer da obtenção dos KPI para a reunião de *Kaizen* Diário, cuja folha provém dos Silos e Armazéns.

Note-se, ainda, que o boletim da Preparação/Extração não pode ser completo na secção, pois esta não conhece o consumo real de semente/grão. O preenchimento do boletim é feito assumindo um rendimento e aplicando-o ao óleo produzido. Por isso, esta secção está sempre dependente dos Silos e Armazéns para obter os seus KPI reais (Figura 11b). É com base na folha de indicadores *Kaizen* Diário, que os operadores da secção podem desenhar os gráficos que representam a evolução mensal dos KPI.



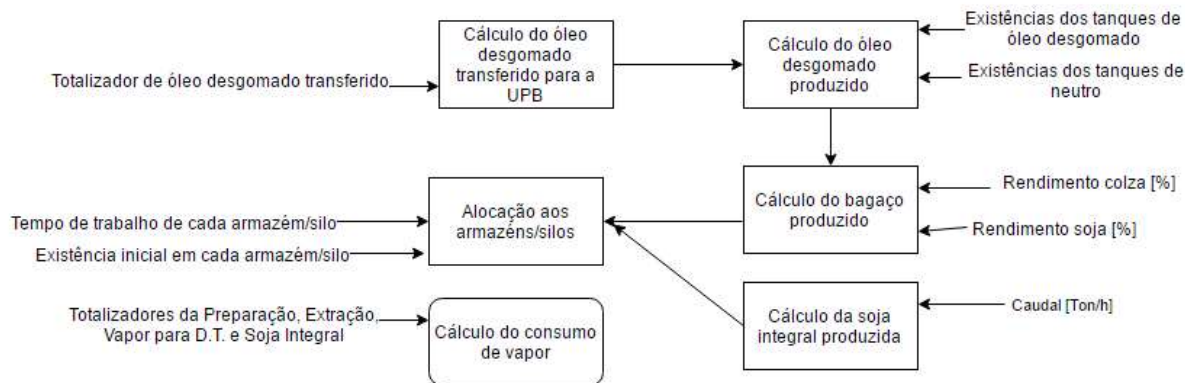


**Figura 11b. Estado Inicial: Preparação/Extração.**

O preenchimento do boletim diário da secção está dependente dos Silos e Armazéns e tem início às 15h30, com a recolha dos dados a partir do WinCC. Na Figura 12 esquematiza-se a sequência de cálculo que permite, aos operadores, calcular as produções de óleo desgomado e bagaços (os rendimentos e o caudal horário de soja integral não podem ser representados, por motivos de confidencialidade dos mesmos).

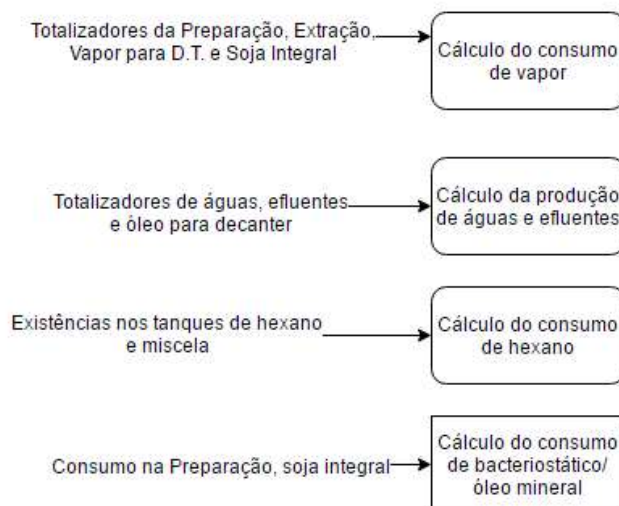
Ao contrário da UPB, nesta secção os valores dos totalizadores e existências têm de ser recolhidos manualmente através da leitura dos níveis dos tanques ou, no caso dos totalizadores de água, vapor e óleo desgomado transferido para a UPB, pelo ecrã do WinCC.

A quantidade de bagaço/soja integral alocada a cada armazém/silo não tem significância, pois é apenas uma estimativa. No entanto, a proporção entre as quantidades alocadas em cada armazém/silo, bem como o tempo de trabalho do mesmo, irá permitir ao Chefe de Operação dos Silos e Armazéns recalculer a produção de bagaço e soja integral em cada turno, com base no consumo real de grão.



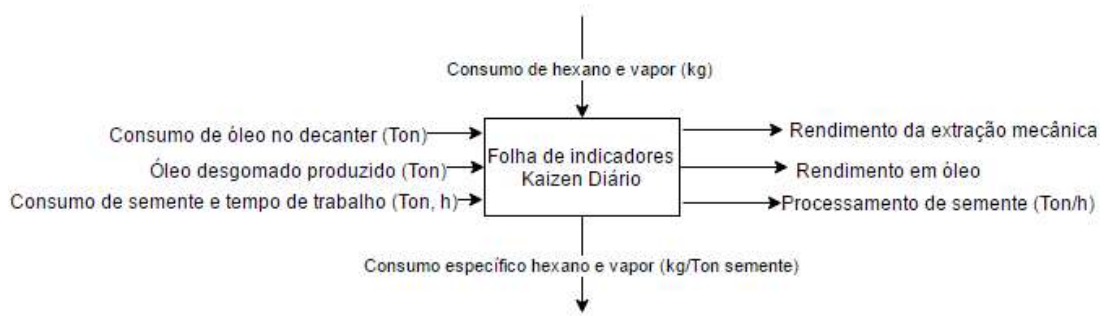
**Figura 12. Estado Inicial Preparação/Extração: processo de preenchimento do boletim diário: cálculo das produções de óleo desgomado e bagaços.**

Para a conclusão do boletim diário os operadores calculam, também, os consumos das matérias subsidiárias e utilidades tais como água, vapor, hexano, óleo mineral e bacteriostático e ainda o efluente produzido (Figura 13). O primeiro e último são calculados com base em totalizadores disponíveis no WinCC. O consumo de vapor e de hexano será, posteriormente, corrigido na secção Silos e Armazéns.



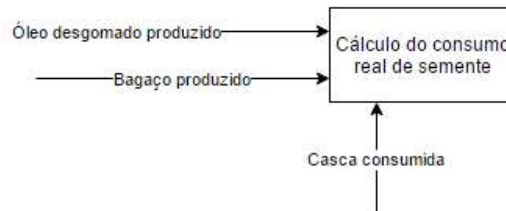
**Figura 13. Estado Inicial Preparação/Extração: processo de preenchimento do boletim diário: cálculo dos consumos de matérias subsidiárias.**

A folha de indicadores *Kaizen* Diário (Figura 14) inclui os KPI's a discutir na reunião de secção, e provém dos Silos e Armazéns pois, tal como já foi referido, o Chefe de Secção acumulava as funções de gestão da secção com a de gestão de informação.



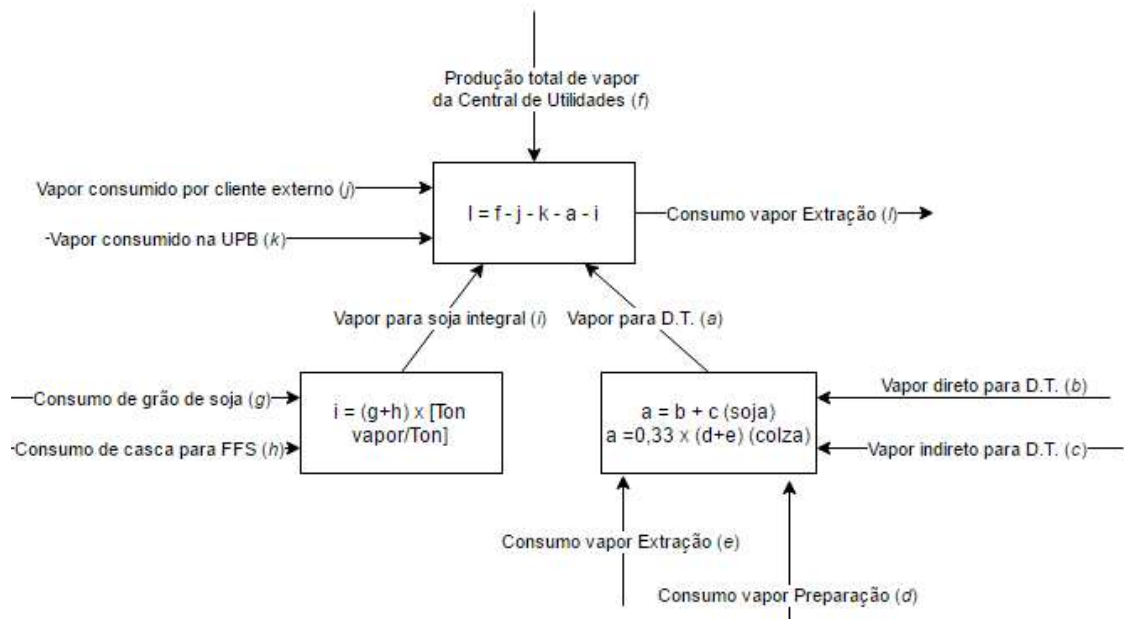
**Figura 14. Estado Inicial Preparação/Extração: preenchimento da folha de KPI *Kaizen* Diário.**

O cálculo do consumo real de semente, nos Silos e Armazéns, é essencial para se obter os consumos específicos que constituem KPI's da Preparação/Extração (Figura 15).



**Figura 15. Estado Inicial Preparação/Extração: cálculo do consumo real de semente.**

O consumo de hexano, apesar de calculado no Boletim Diário por medição das existências nos tanques de hexano, tem de ser corrigido, uma vez que o valor calculado tem um grande erro associado. O hexano é quase totalmente recuperado no processo, sendo que fica uma grande quantidade de hexano armazenado nos equipamentos por onde passa, devido a retenções da cama de impregnação ou outros fatores que aumentam a inércia do sistema. Assim, este valor é corrigido pelo Chefe de Secção da Preparação/Extração, com base no consumo acumulado semanal, e transmitido ao Chefe de Secção dos Silos e Armazéns, que o coloca na folha de *Kaizen* Diário.



**Figura 16. Estado Inicial Preparação/Extração: Sequência de cálculo para a correção ao consumo de vapor na Extração.**

Nos Silos e Armazéns, é corrigido o consumo de vapor total para a Preparação/Extração, a partir do vapor total produzido para a fábrica, o vapor consumido na UPB e pelos clientes externos (totalizadores), estimando o vapor consumido pelo subprocesso de produção de soja integral, e calculando o vapor consumido pelo dessolventizador (Figura 16). Esta correção é necessária enquanto o contador “Extração” não for recalibrado, constituindo um constrangimento do fluxo de informação da secção. O fator aplicado para cálculo do vapor para produção de soja integral não pode ser representado, de forma a manter a confidencialidade do mesmo, resultando de uma estimativa empírica.

Com base nestes indicadores, o Chefe de Turno constrói cinco gráficos (quatro, no caso da soja), um por indicador. Estes gráficos são construídos em papel, utilizando régua e esquadro (Figura 17).

Durante o dia de trabalho, os operadores fazem várias análises, no NIR, às amostras de bagaço e soja integral, e registam os resultados, o estado de conformidade e a ação corretiva, num documento em papel. No final de cada dia de trabalho, este era arquivado. O histórico estava disponível em suporte papel, o que impossibilitava qualquer tentativa futura de calibração do equipamento, ou mesmo obtenção de correlações entre variáveis de processo e parâmetros de análise (humidade, óleo, proteína, fibras e cinza).

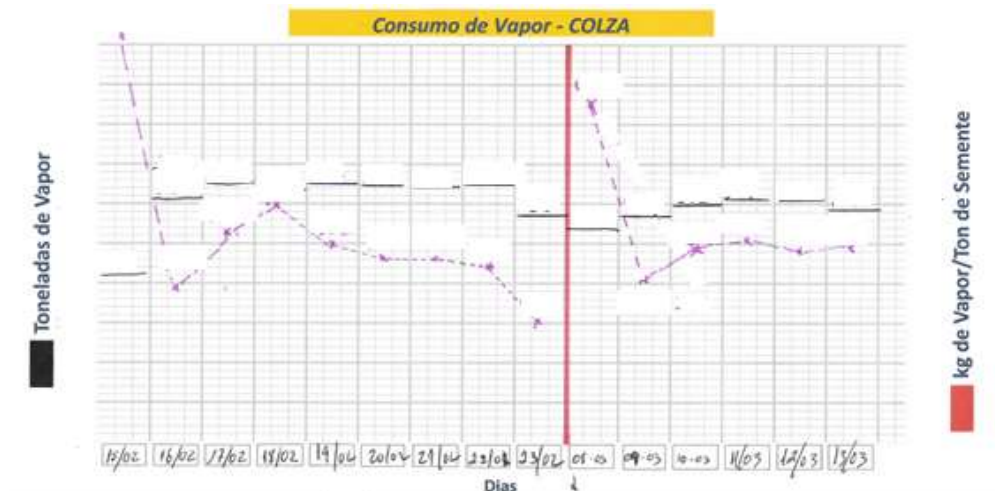


Figura 17. Estado Inicial Preparação/Extração: gráfico Kaizen Diário da evolução mensal do consumo de vapor alocado à semente de colza.

## 2.5 Silos e Armazéns

A Figura 18 esquematiza o fluxo de informação nos Silos e Armazéns, desde o momento em que é recebido o boletim da Preparação/Extração (Figuras 11a e 11b). Nesta secção, os *inputs* e cálculos do boletim são validados e corrigidos, e são determinados os KPI da Preparação/Extração, já com o consumo de hexano, vapor e de semente (real) corrigidos.

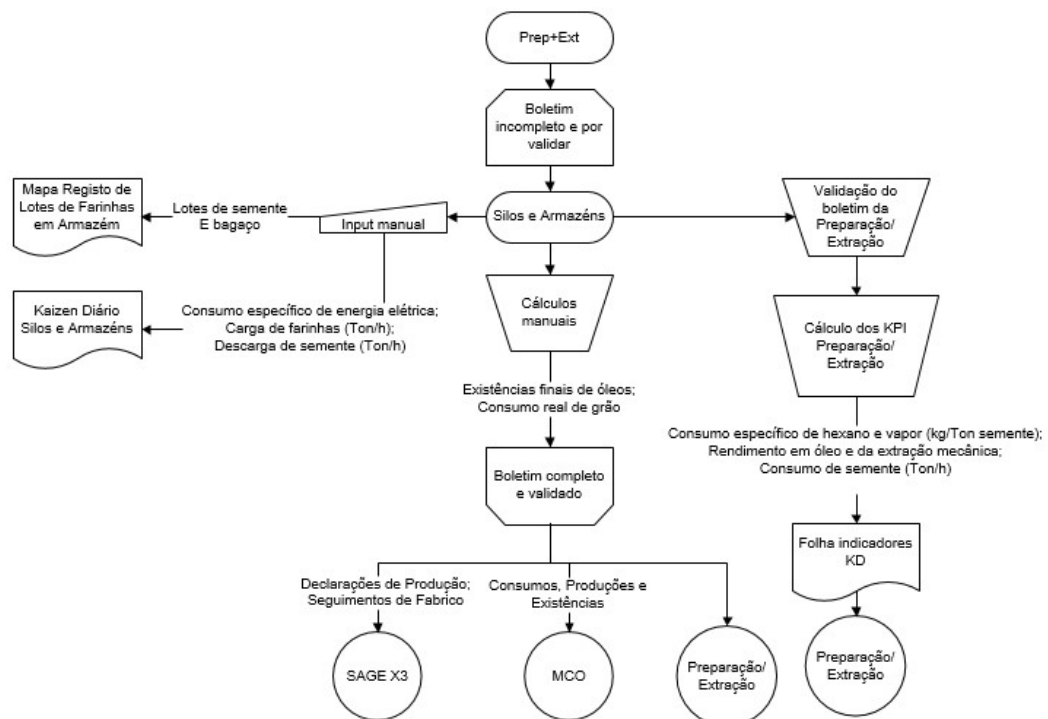
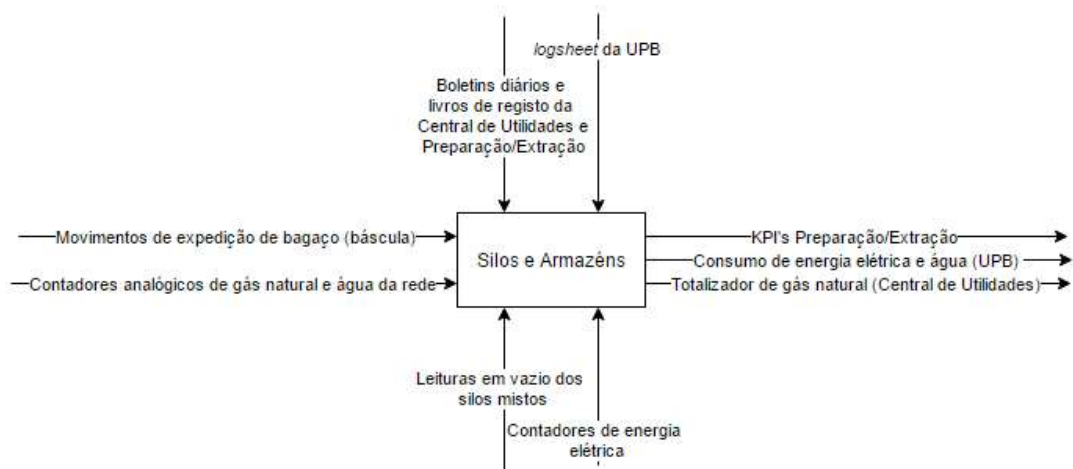


Figura 18. Estado Inicial: Silos e Armazéns.

Nesta secção, é importante voltar a referir que o Chefe de Secção dos Silos e Armazéns acumulava as funções da gestão da secção com as de gestão da informação da fábrica (preenchimento do MCO, SAGE X3).

Para além das tarefas relativas ao cálculo de consumos de semente e produção de farinhas, o Chefe de Secção dos Silos e Armazéns também é responsável por recolher os dados de processo analógicos, necessários à sua atividade. Os movimentos de expedição, provenientes da báscula, são essenciais para o cálculo da produção de bagaços e soja integral.

A Figura 19 demonstra que os Silos e Armazéns são a secção onde se centralizam todos os dados de processo da fábrica, pois todas as secções de produção dependem desta para obter dados em falta.



**Figura 19. Estado Inicial: centralização dos dados de processo nos Silos e Armazéns.**

## 2.6 Mapa de Controlo de Operações

O “Mapa de Controlo de Operações” (MCO) é um documento que integra toda a informação de processo da fábrica, desde consumos e produções, existências e movimentos de produto acabado, subprodutos, matérias-primas principais e subsidiárias. É uma ferramenta diária, construída a partir dos Boletins de Operação de todas as secções, e fornece uma visão global e integrada de toda a informação fabril.

Recebe, como *inputs*, dados de processo da UPB, Preparação/Extração, Silos e Armazéns, Central de Utilidades, Manutenção Elétrica e Báscula. Devolve, como *outputs*, mapas diários de consumos, produções e existências, a todas estas secções, e para as secções de Logística, Compras, etc. (Figura 20).

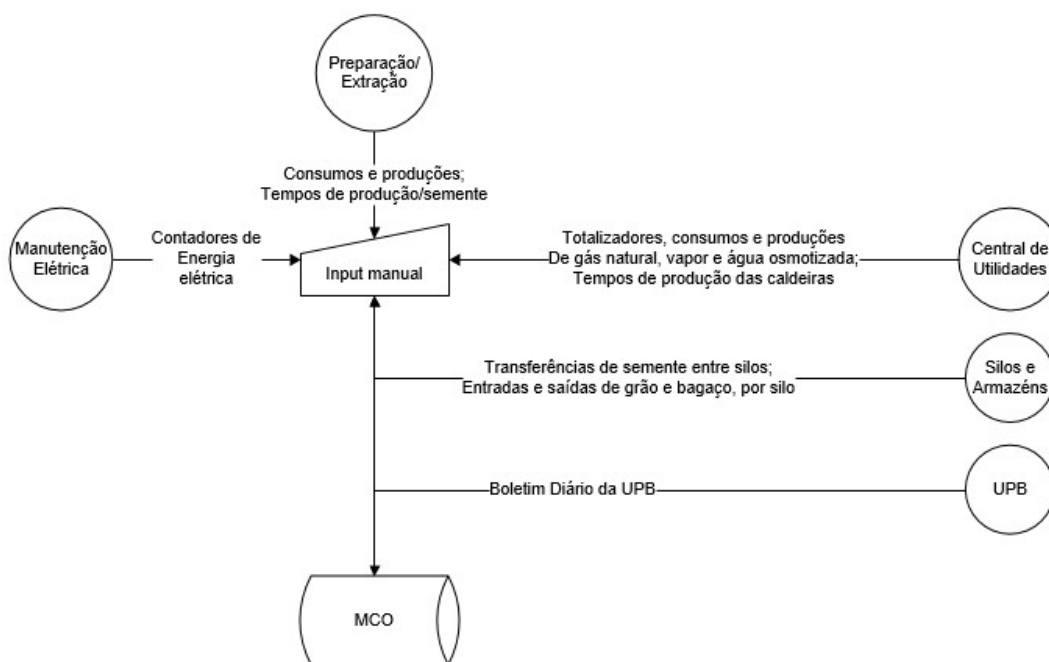


Figura 20. Estado Inicial: MCO.

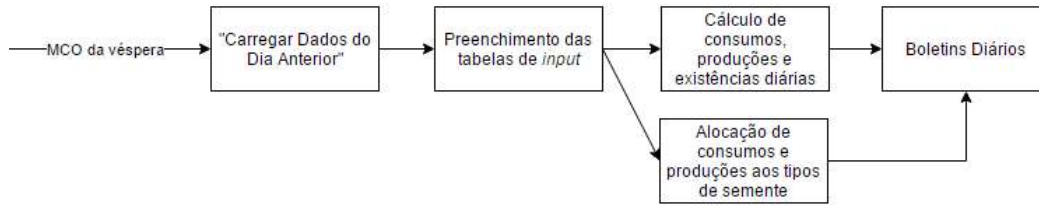
Começou por ser construído em papel, passando anos mais tarde para Quattro Pro, um *spreadsheet software* predecessor do Excel. Desde 2015, toda a estrutura do MCO foi replicada no Microsoft Excel, abandonando a versão Quattro Pro.

À primeira versão do MCO acrescentaram-se *macros* de importação do dia anterior, bem como de exportação para PDF, envio de e-mails, e impressão dos boletins.



Figura 21. Folha inicial do MCO.

O ficheiro contém sete folhas de cálculo e é de preenchimento diário da responsabilidade do Chefe de Secção dos Silos e Armazéns.



**Figura 22. Estado Inicial: etapas de operação no MCO.**

A folha de cálculo inicial (Figura 21), contém botões de atalho e botões de ação. O botão “Carregar Dados Dia Anterior” irá importar uma cópia do Boletim da véspera. O botão “Início do Mês” permite fazer a transição de mês entre ficheiros. A *worksheet* “Inputs” serve de repositório do conteúdo a introduzir no boletim diário do MCO.

Após o carregamento dos dados da véspera, essencial para o cálculo de existências, preenche-se as tabelas de input manual. Após a validação dos *outputs*, envia-se uma cópia dos boletins diários para os Chefes de Secção da UPB e Preparação/Extração, bem como para outros recipientes integrantes da estrutura corporativa da empresa (Figura 22).

## 2.7 SAGE X3

Após a finalização do MCO diário, os consumos e produções têm de ser inseridos no ERP (*Enterprise Resource Planning*) da IBEROL, o SAGE X3, sistema oficial de gestão da informação da empresa.

Os *inputs* do SAGE são as “Declarações de Produção” e “Seguimentos de Materiais”. Cada produto tem um modelo de “Declaração de Produção”, no qual se inclui as quantidades produzidas de produto principal e secundários. Para cada “Declaração de Produção”, é necessário criar um “Seguimento de Materiais”, no qual são introduzidas as quantidades de cada matéria-prima, principais e subsidiárias, que deram origem ao produto definido na “Declaração de Produção”.

A criação de uma “Declaração de Produção” só é possível se a “Ordem de Fabrico” (O.F.), para esse mesmo produto, já tiver sido emitida no SAGE; esta não é mais do que uma previsão das produções e consumos.

As “Declarações de Produção” e “Seguimentos de Materiais” da UPB são introduzidos no SAGE pelo Chefe de Secção da UPB, e os da Preparação/Extração e Silos e Armazéns são introduzidos pelo Chefe de Secção dos Silos e Armazéns.

Os *inputs* para o SAGE encontram-se todos no MCO, pelo que, os utilizadores do SAGE têm de criar, manualmente, tantos “Seguimentos de Materiais” quantos os produtos produzidos em cada secção e, conseqüentemente, os “Seguimentos de Materiais”. A introdução dos valores de consumo e produção é feita, manual e diretamente, no SAGE.



### 3 Estado Atual

O Estado Atual das várias secções da fábrica representa-se esquematicamente por meio de Diagramas de Blocos. Para isso, utilizou-se a legenda da Figura 2.

Todas as Máscaras e ferramentas Excel desenvolvidas foram dotadas de várias valências que garantem a sua utilização correta e reduzem a probabilidade de introdução de dados errados:

- Validação de dados – evita discrepâncias na introdução de dados que possam causar problemas de cálculo ao Excel (ex.: limitar a introdução de horas ao formato “hh:mm”);
- Formatação condicional com código de cores verde/vermelho para *inputs* – evidencia o correto preenchimento de um conjunto de células;
- Proteção de células contra edição – todas as células da Máscara que comportam cálculos embutidos ou são de *output* foram protegidas contra edição;
- Proteção contra edição no *workbook* – tornou-se impossível acrescentar ou eliminar folhas do ficheiro, bem como adicionar ou remover linhas e colunas.
- Definição de KPI's e formatação condicional para delimitação de valores – utilizou-se a formatação condicional, com o mesmo código de cores, para assinalar visualmente se um valor é superior ou inferior ao objetivo definido para aquele KPI (por exemplo, se um parâmetro de análise laboratorial está dentro dos limites da norma/especificação definidos para cada cliente);

#### 3.1 Integração das Máscaras noutras Ferramentas Excel

Para além da função básica das Máscaras (calcular consumos, produções e KPI's), estas também foram integradas com outras ferramentas, desenvolvidas por outros trabalhos que decorriam paralelamente.

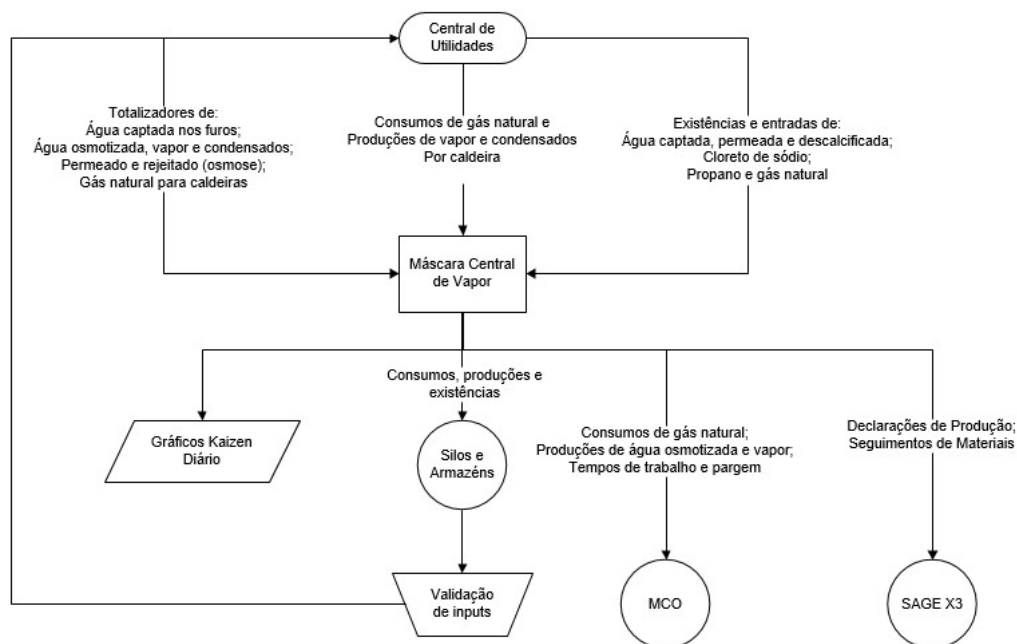
A Manutenção Autónoma (Figueiredo Segundo Semestre do Ano Lectivo 2015/2016) foi implementada nas Máscaras Preparação/Extração, Silos e Armazéns, UPB e Central de Utilidades. Aqui, os operadores fazem o registo das rotas de manutenção autónoma efetuadas, bem como de anomalias detetadas, com o objetivo de facilitar a deteção de anomalias através da criação de rotinas de inspeção dos equipamentos de cada secção. Se possível, os operadores devem, após terem identificado a anomalia, restaurar o equipamento à sua condição inicial com procedimentos básicos de manutenção. Caso a anomalia seja grave, esta deve ser comunicada ao Departamento de Manutenção.

A Máscara “Preparação/Extração” está integrada na ferramenta Excel “Registo da Semente” (Duarte Segundo Semestre do Ano Lectivo 2015/2016), para onde são importados dados de processo da Máscara – pressões e temperaturas de funcionamento dos equipamentos importadas para a Máscara via IDB – e, após introdução da informação referente ao navio/lote de proveniência da semente atual, é criado um registo de parâmetros de processo por navio

O objetivo é que os operadores possam utilizar a ferramenta “Registo da Semente” para prever as condições operatórias utilizadas anteriormente, para o mesmo navio e para semente com qualidade semelhante – analisam-se parâmetros como o óleo residual, humidade, cinzas, fibras e proteína.

Estas integrações entre ferramentas são extremamente importantes, pois evitam a duplicação de trabalho/registo, e facilitam a definição dos parâmetros operacionais mais adequados ao arranque processual.

### 3.2 Central de Utilidades



**Figura 23. Estado Atual: Central de Utilidades.**

A partir de outubro de 2015, o boletim diário da secção passou a ser construído de duas formas, em paralelo: manualmente (Figura 3), e através do preenchimento da Máscara da Central de Vapor (Figura 23).

Uma vez comprovado o correto funcionamento da Máscara da Central de Vapor, e após se verificar que todos os operadores tinham recebido formação adequada para este objetivo, o preenchimento do boletim diário passou a ser feito apenas através do preenchimento da Máscara. Os gráficos *Kaizen* Diário passaram a ser obtidos, automaticamente, através desta ferramenta Excel.

O trabalho efetuado nesta secção centrou-se, essencialmente, na integração da “Manutenção Autónoma” (Figueiredo Segundo Semestre do Ano Lectivo 2015/2016) nesta ferramenta; na exportação de consumos e produções para, posteriormente, serem importados para o MCO; na exportação das Declarações de Produção e Seguimentos de Fabrico para importação para o SAGE X3.

Foi, ainda, acompanhado o processo de implementação, teste e manutenção da Máscara da Central de Vapor, bem como o processo de formação de Excel aos operadores da secção, no sentido de agilizar a transição do Estado Inicial para o Estado Atual.

### 3.3 Laboratório

O objetivo delineado para a intervenção nesta secção começou por ser o de criar condições para que as secções de produção pudessem importar os dados do controlo diário para as suas Máscaras, nomeadamente, através da criação de *macros*, em VBA, que permitem a exportação dos boletins de controlo diário para formato Excel e PDF. O primeiro facilita a importação destes dados para as Máscaras das Secções; o segundo torna mais rápido o processo de emissão, envio e armazenamento dos boletins em formato oficial. A cada *worksheet* destes dois ficheiros Excel foram acrescentados botões, associados às respetivas *macros* de exportação.

Para isso, criou-se a pasta “Dados Laboratório”, no Servidor da IBEROL, que inclui as subpastas “UPB”, “Preparação/Extração”, “Silos e Armazéns”, onde são disponibilizados os ficheiros Excel e PDF.

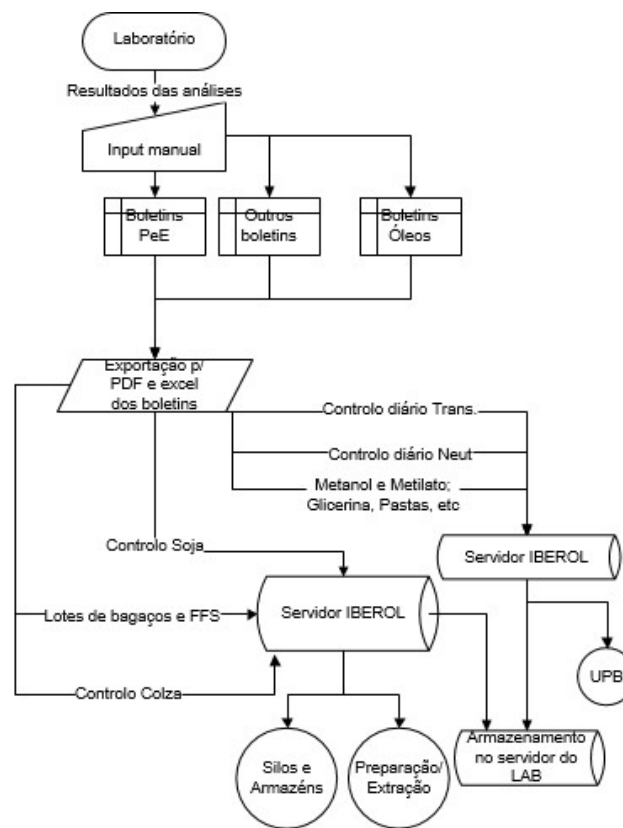


Figura 24. Estado Atual: Laboratório.

Comparando com o Estado Inicial (Figura 4) do fluxo de informação no Laboratório, fica patente o esforço despendido na automatização e informatização das etapas do mesmo. Para além da exportação dos boletins para PDF ter sido automatizada, todos os boletins são armazenados no servidor da IBEROL ficando, assim, disponíveis para consulta para todas as secções da fábrica (Figura 24).

### 3.4 Manutenção Elétrica

O objetivo definido para esta secção era informatizar o processo de preenchimento da folha de contadores de energia elétrica, automatizar o cálculo de consumos, e tornar esta informação mais rapidamente disponível às restantes secções da fábrica.

Assim, desenvolveu-se a ferramenta, em formato Excel, na aplicação WPS Office para *Android*, para que o electricista possa registar as leituras num *tablet*, enquanto efetua a ronda diária.

Após o *upload* para o servidor da IBEROL, os consumos de energia elétrica ficam imediatamente disponíveis para todas as secções.

### 3.5 UPB

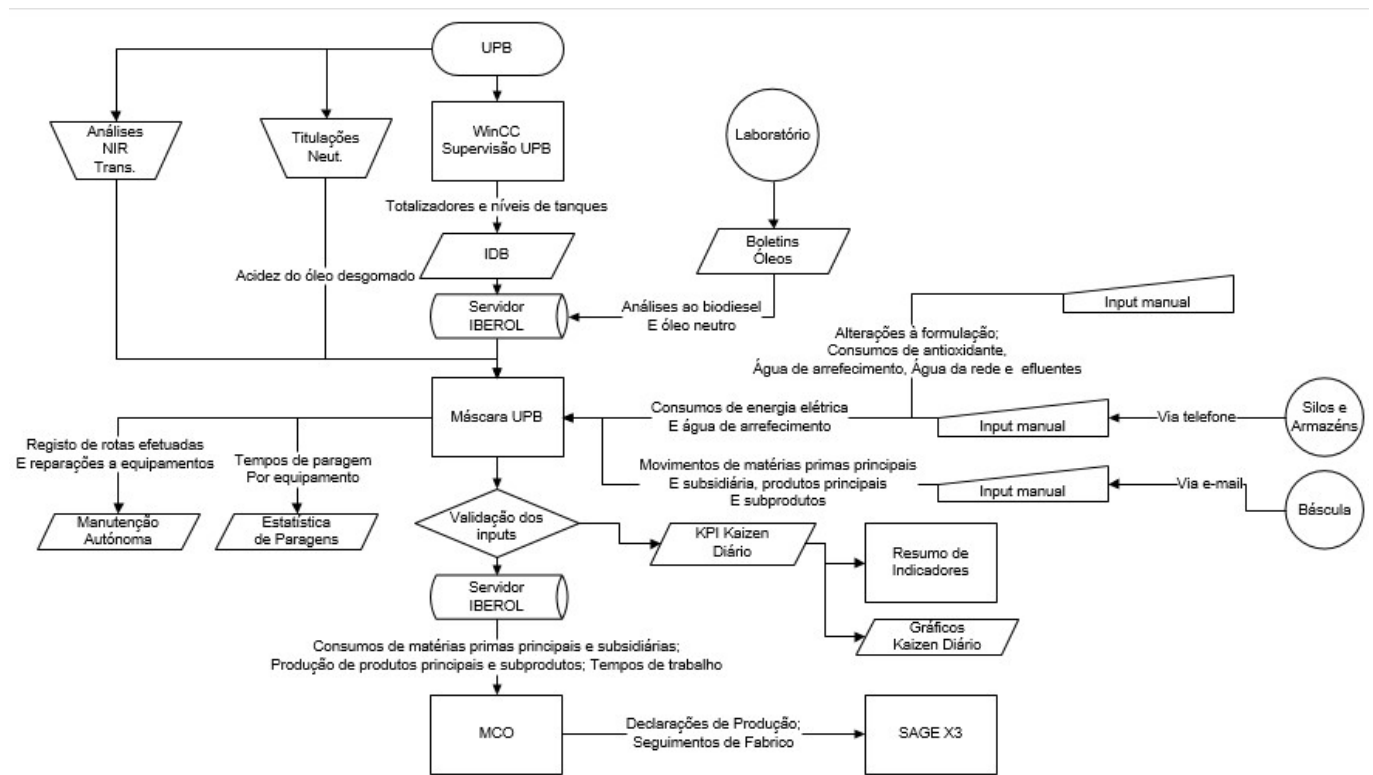


Figura 25. Estado Atual: UPB

Por comparação do Estado Atual (Figura 25) com o Estado Inicial (Figura 5), observa-se que a Máscara da UPB veio cumprir o objetivo de integrar todas as atividades relacionadas com o fluxo de informação, eliminando a dispersão de informação por vários ficheiros Excel.

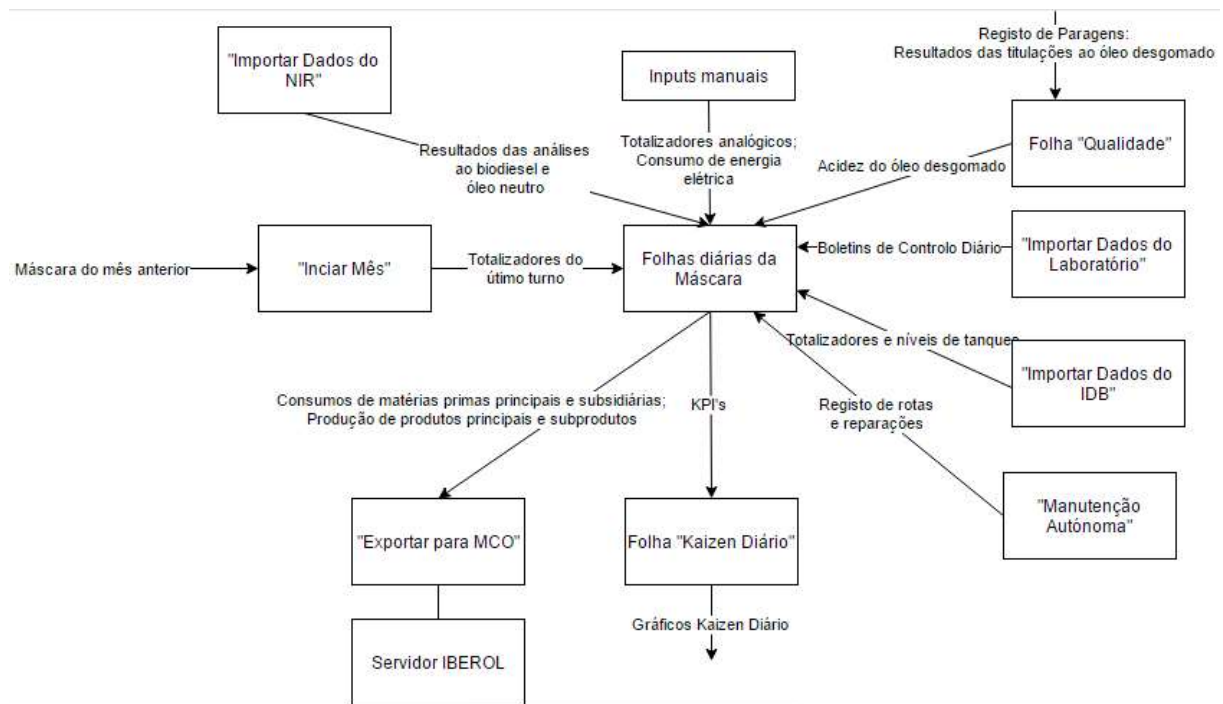
Os resultados das análises ao biodiesel e óleo neutro, efetuadas no NIR, e das titulações efetuadas ao óleo desgomado (a acidez determinada é necessária para estimar o rendimento teórico da Neutralização) são inseridos na Máscara. Devido ao trabalho desenvolvido no Laboratório, os boletins de controlo diário são, atualmente, importados diretamente para a Máscara, pois encontram-se em formato Excel.

Os ficheiros “Kaizen Diário”, “Controlo de Stocks” e “Boletins Diários” foram eliminados, pois os KPI’s são calculados e representados graficamente na Máscara; o *input* da informação em falta é feito diretamente na Máscara (totalizadores analógicos e consumo de energia elétrica e água da Central de Utilidades).

Também foram integrados, na Máscara, o “Registo de Paragens”, que substitui a antiga folha em papel de registo de paragens e a “Manutenção Autónoma”, onde os operadores registam as avarias e reparações efetuadas aos equipamentos, bem como as rotas de manutenção autónoma efetuadas.

A Máscara está sempre presente no servidor da IBEROL, o que facilita a importação de dados de outras secções, bem como a exportação dos consumos e produções para o MCO.

Assim, os boletins diários da UPB passam a ser feitos no MCO, à semelhança das outras secções. As Declarações de Produção e Seguimento de Materiais no SAGE X3 são importadas a partir do MCO, pelo gestor de informação, libertando tempo útil ao Chefe de Fábrica.



**Figura 26. Estado Atual: Máscara da UPB.**

A Máscara da UPB foi construída recorrendo a *macros* em VBA, associados a botões implementados na folha inicial (Figura 27). Cada botão desempenha uma tarefa específica, de importação, exportação ou redirecção para uma folha interna da Máscara.

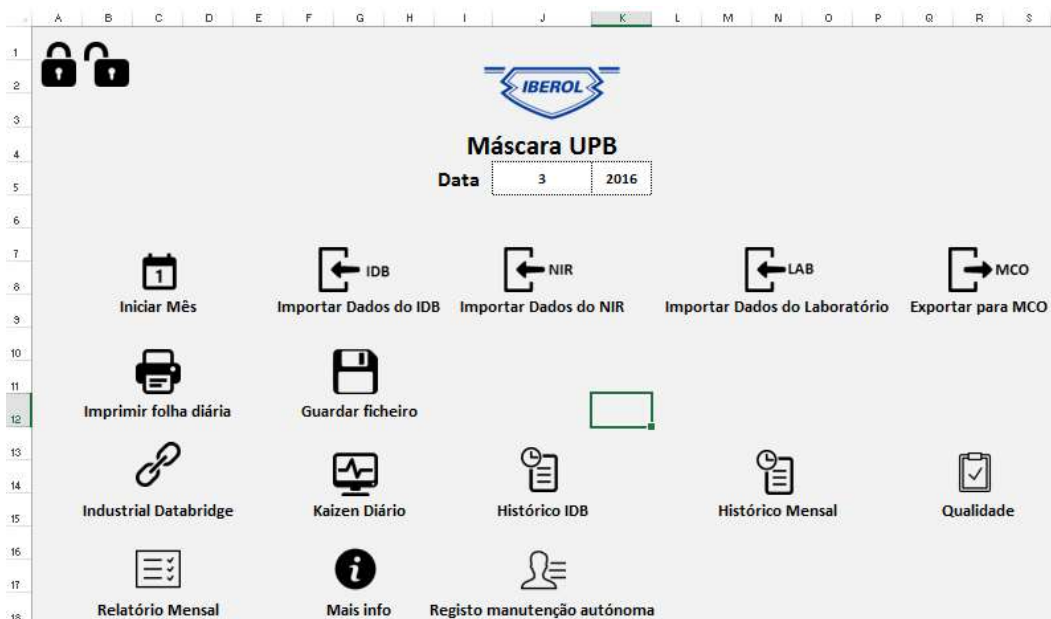


Figura 27. Folha "Início" da Máscara da UPB.

A grande maioria (cerca de 90%) dos *inputs* da Máscara UPB provêm do WinCC, via *Industrial Data Bridge*, correspondendo a praticamente todos os totalizadores de processo e níveis de tanques (Figura 26).

Os poucos *inputs* manuais provêm de totalizadores analógicos, de outras secções, ou correspondem a alterações à formulação (Figura 28).

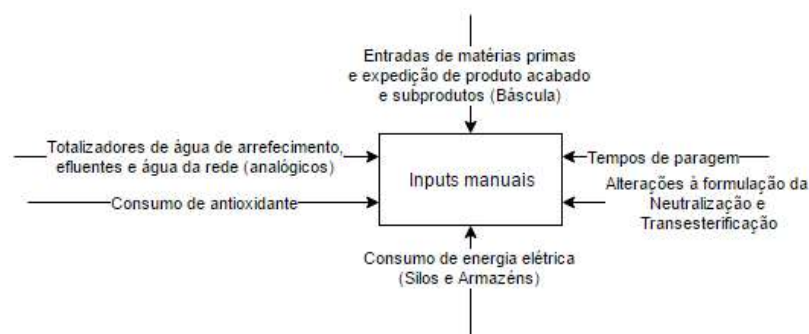
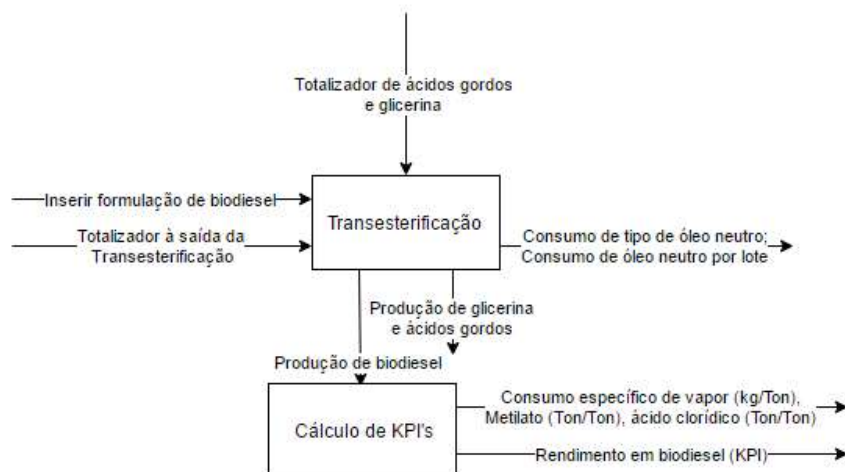


Figura 28. Estado Atual UPB: *inputs* manuais inseridos na Máscara UPB.

Uma das grandes vantagens da Máscara é a de calcular o consumo de matéria-prima por lote de biodiesel produzido, uma informação essencial para as Declarações de Produção no SAGE X3. O consumo de cada matéria-prima, por turno, é calculado com base nas diferenças das leituras de contadores (inicial, intermédia<sup>4</sup> e final) e nas formulações utilizadas. O *input* do cliente associado a cada formulação permite calcular o consumo de cada matéria-prima por lote.

<sup>4</sup> Leitura efetuada no momento da mudança de formulação, lote ou cliente.



**Figura 29. Estado Atual UPB: cálculos efetuados pela Máscara na Transesterificação.**

O cálculo da produção de biodiesel faz-se através da formulação inserida e pelo contador de saída do processo (Figura 29). Este parâmetro é utilizado para o cálculo dos consumos específicos de matérias subsidiárias que constituem KPI's do processo. O processo relativo aos cálculos associados à Neutralização é semelhante.

Alguns KPI's (consumos específicos de água osmotizada e de energia elétrica) são alocados a cada subprocesso mediante a aplicação de fatores específicos determinados previamente, pois só existe totalizador à entrada da UPB (Figura 10). As restantes matérias subsidiárias são calculadas tal como representado na Figura 8 e Figura 9. Os níveis dos tanques e os totalizadores são importados para a Máscara via IDB.

O *output* final da Máscara UPB é um boletim, igual ao utilizado no MCO e ao existente no Estado Inicial. Será a este boletim que o MCO irá importar dados de consumos e produções. Para finalizar, no boletim de produção é necessário introduzir as entradas e saídas diárias, com informação proveniente da Bâscula tal como o era no ficheiro Excel “Boletins UPB” (Estado Inicial).

Os resultados das análises efetuadas no NIR são importados para a Máscara, e automaticamente comparados com os limites de especificação, dependendo do cliente final, e com os resultados do Controlo Diário enviado pelo Laboratório.

Na folha “Qualidade”, que serve de histórico de tempos e motivos de paragem, existem duas ferramentas de análise estatística: o histograma (Figura 30), que permite identificar o intervalo temporal de paragem mais comum na fábrica, e o Gráfico de Pareto (Figura 31), que permite concluir que o equipamento S0911.03 é responsável por 75% das paragens não programadas, verificando o Princípio 80/20.

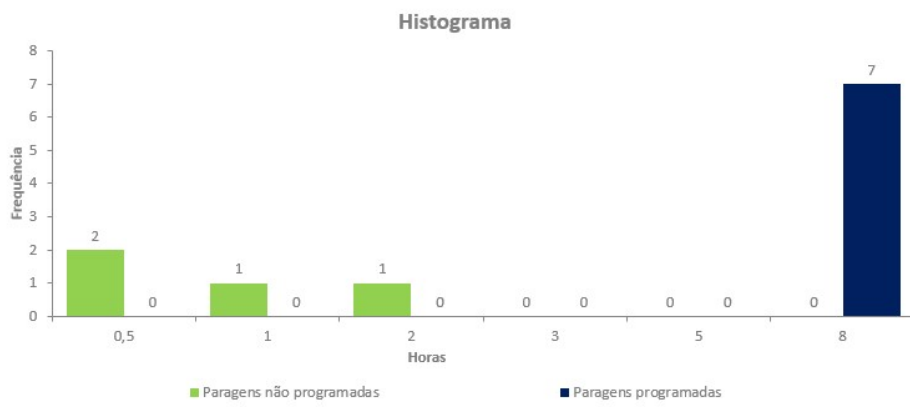


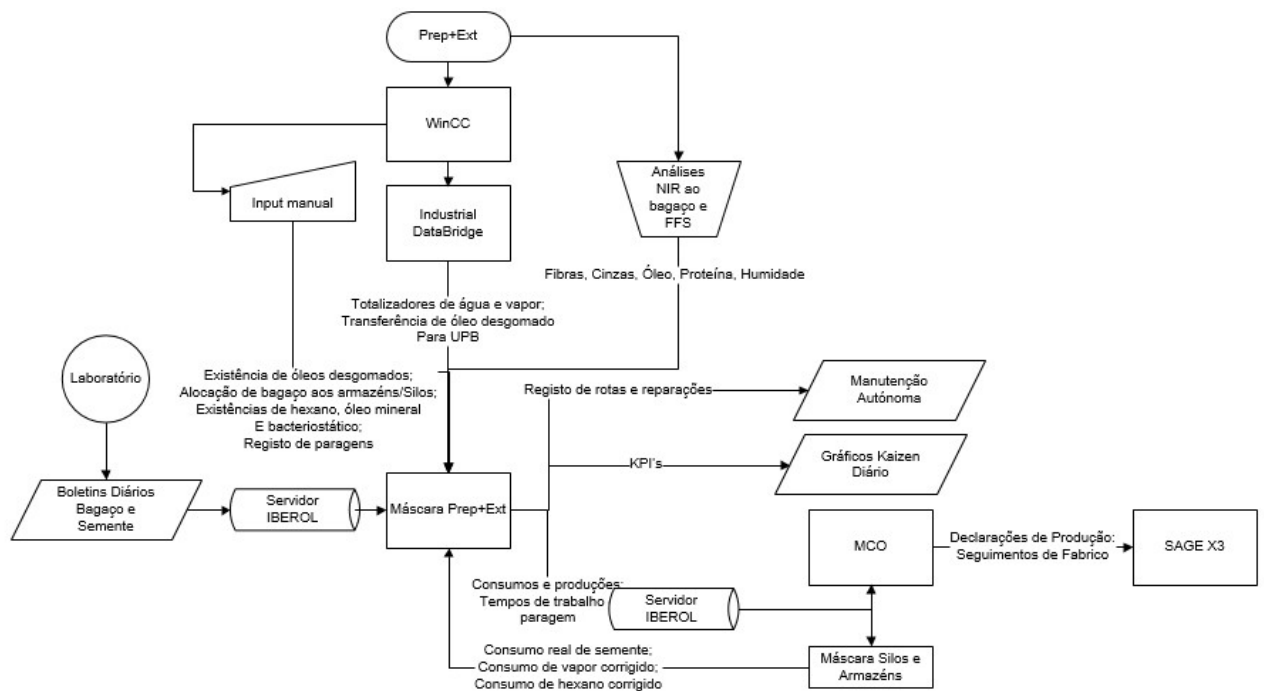
Figura 30. Máscara UPB: Histograma.



Figura 31. Máscara UPB: gráfico de Pareto.



### 3.5 Preparação e Extração



**Figura 32. Estado Atual: Preparação/Extração.**

Face ao Estado Inicial (Figura 11a e Figura 11b), observa-se que o desenvolvimento do projeto IndustrialDataBridge permite automatizar a exportação de algumas variáveis (totalizadores de água e vapor; óleo desgomado transferido para a UPB). No entanto, a grande maioria (cerca de 80%) dos *inputs* da Máscara ainda são de origem analógica (Figura 32).

Uma característica importante deste Estado Atual é a segregação das funções de gestão específica dos Silos e Armazéns e da gestão de informação que, até aqui, se acumulavam na mesma pessoa. Assim, o Chefe de Secção fica responsável, apenas, pelas tarefas específicas dos Silos e Armazéns, incluindo o cálculo dos consumos de semente, produção de bagaços e movimentos e existências nos silos e armazéns. Por outro lado, o Gestor de Informação fica responsável pela importação dos dados de processo, *output* das ferramentas Excel das várias secções para o MCO, pela importação das Declarações de Produção e Seguintos de Fabrico para o SAGE X3.

A Máscara da Preparação/Extração desempenha a função principal de calcular consumos e produções na secção, mas, para além disso, integra atividades que eram desempenhadas em folhas de papel (no Estado Inicial). Os boletins de controlo diário, enviados pelo Laboratório, com os resultados das análises efetuadas à semente, são importados para a Máscara, tal como os resultados das análises efetuadas no NIR, aos bagaços e soja integral.

Os gráficos *Kaizen* Diário são automaticamente construídos na Máscara, mas continuam a depender de informação em falta proveniente dos Silos e Armazéns: o consumo real de semente. No Estado Atual, apenas esta informação é inserida na Máscara, sendo o cálculo dos KPI feito automaticamente (uma atividade que era realizada pelo Chefe de Secção dos Silos e Armazéns).

A troca de informação entre a Preparação/Extração e os Silos e Armazéns foi automatizada, devido à construção de ambas as Máscaras, e à integração destas no Servidor da IBEROL.

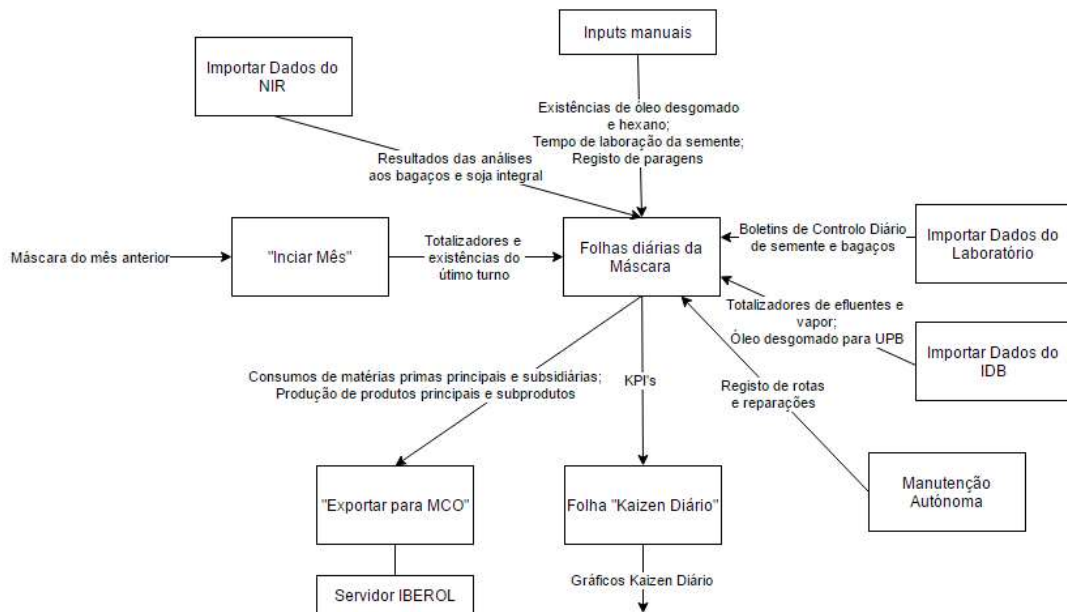
A Manutenção Autónoma (Figueiredo Segundo Semestre do Ano Lectivo 2015/2016), para registo de rotas de manutenção efetuadas e reparações, também foi integrada na Máscara.

Após o preenchimento diário da Máscara, a sua exportação para o servidor da IBEROL permite a consequente importação para o MCO, e a exportação de Declarações de Produção e Seguintos de Materiais para o SAGE X3.



**Figura 33. Página inicial da Máscara Preparação/Extração.**

A página “Início” desta Máscara (Figura 33) é semelhante à da UPB, construída recorrendo a macros em VBA. Na Figura 34 esquematiza-se as etapas diárias desempenhadas pelos operadores na Máscara da Preparação/Extração.



**Figura 34. Estado Atual Preparação/Extração: funcionamento da Máscara.**

As análises às amostras de bagaço e soja integral são feitas com frequência horária, e de duas em duas horas, respetivamente, e os resultados registados numa folha (no Estado Inicial, Figura 11a e Figura 11b).

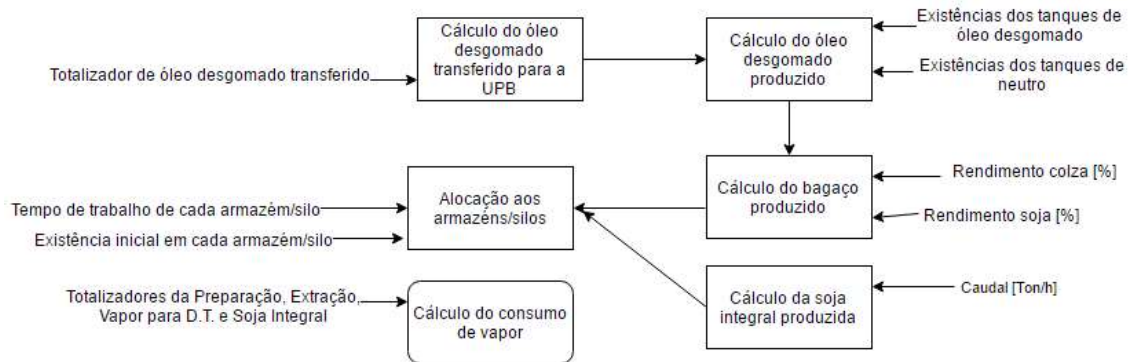
De forma a aumentar a automatização dos processos na secção, foi necessário proceder a um *revamping* da estrutura de projetos do NIR, alterando definições do *software* para que a exportação para Excel fosse possível. No Laboratório existiam dois projetos: “SOJA” e “COLZA”, cada uma com vários produtos, dentre eles o bagaço de colza, bagaço de soja e soja integral. Na Preparação/Extração, para facilitar a utilização do equipamento, tinham sido criados, posteriormente, 3 projetos: “Bagaço Soja”, “Bagaço Colza” e “*FullFat*”. No entanto, estes três projetos não existiam no equipamento do Laboratório. Por outro lado, os projetos do Laboratório não existiam na Preparação/Extração.

Esta discrepância e não-uniformização dificultava a tarefa de realizar análises nos casos particulares em que, devido a avaria/calibração/manutenção de um dos aparelhos, uma secção tivesse de realizar análises num equipamento de uma secção que não era a sua. Assim, tomou-se a decisão de criar dois projetos: “Fábrica” e “Laboratório”, existentes nas duas secções.

Para a exportação para Excel, partiu-se de um *template* de relatório já existente, apenas se adicionando linhas para identificar a data e hora da análise, o que requereu uma programação básica em código ASCII (*American Standard Code for Information Interchange*). Criou-se um ficheiro .DAT para cada produto, para onde são exportados os resultados das análises, e alterou-se as definições do *software* para que exportasse os resultados para o ficheiro respetivo.

Com apenas um clique no botão de importação, a análise NIR mais recente do produto respetivo será importada para a *worksheet* atual, e os valores dos parâmetros colocados na coluna imediatamente à direita da última preenchida. Numa tabela ao lado, os operadores introduzem o local de realização da análise, o estado de conformidade do resultado e, se esta for não conforme, a ação

corretiva adotada. Abaixo das tabelas de registo existem gráficos que ilustram a evolução diária dos parâmetros analisados no NIR.



**Figura 35. Estado Atual Preparação/Extração: processo de preenchimento do boletim da Preparação/Extração: cálculo das produções de óleo desgomado e bagaços.**

O cálculo das produções de bagaços e soja integral é, agora, feito automaticamente na Máscara, a partir de variáveis importadas via IndustrialDataBridge, e outras inseridas manualmente pelos operadores (Figura 35).

Uma vez que o consumo real de semente é calculado nos Silos e Armazéns, este parâmetro tem de ser importado pelos operadores da Preparação/Extração, que têm acesso, via Servidor da IBEROL, à Máscara Silos e Armazéns. Os KPI são calculados tal como esquematizado na Figura 14.

O consumo de hexano é calculado nesta Máscara, mas requer uma correção, por parte do Chefe de Secção, sendo este parâmetro importado via Máscara Silos e Armazéns (Figura 32). Os rendimentos em colza e soja, e o caudal horário de soja integral processado foram omitidos do diagrama de blocos, de forma a respeitar a confidencialidade dos mesmos.

Face ao Estado Inicial (Figura 16), o consumo de vapor é, agora, totalmente calculado a partir dos totalizadores instalados na fábrica, após reparação do totalizador da Extração. A alocação, a cada armazém, da quantidade de bagaço e soja integral produzidos é feita automaticamente, com base no tempo de trabalho de cada armazém e na produção horária. O cálculo do consumo de matérias subsidiárias é feito de acordo com o esquematizado na Figura 13.

Após o término do preenchimento da folha diária da Máscara, os gráficos *Kaizen* Diário, que representam graficamente os KPI, são automaticamente construídos na Máscara, e impressos a partir desta.

### 3.6 Silos e Armazéns

Comparando com o Estado Inicial nos Silos e Armazéns (Figura 18), observa-se que a troca de informação de processo com a Preparação/Extração foi automatizada, devido à integração das Máscaras no Servidor da IBEROL (Figura 36).

A elaboração dos gráficos *Kaizen* Diário e do mapa de registo de lotes de farinhas em armazém é, agora, feita de forma automática na Máscara, sem necessidade da existência de outros

documentos Excel. Os cálculos manuais de KPI's da Preparação/Extração foram substituídos por cálculos automáticos feitos na Máscara Silos e Armazéns; a Manutenção Autônoma foi integrada na Máscara.

A exportação dos dados de processo para o MCO passa a ser automática (por exportação da Máscara), tal como a exportação das Declarações de Produção e Seguimento de Materiais para o SAGE X3, deixando de ser responsabilidade do Chefe de Secção dos Silos e Armazéns.

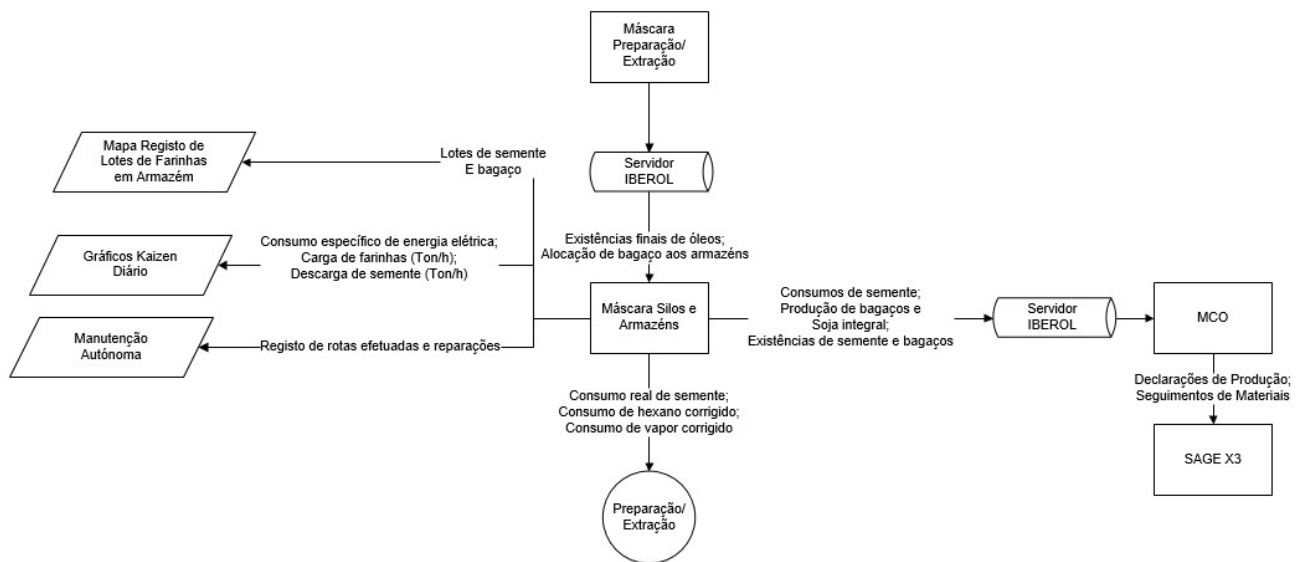


Figura 36. Estado Atual: Silos e Armazéns.

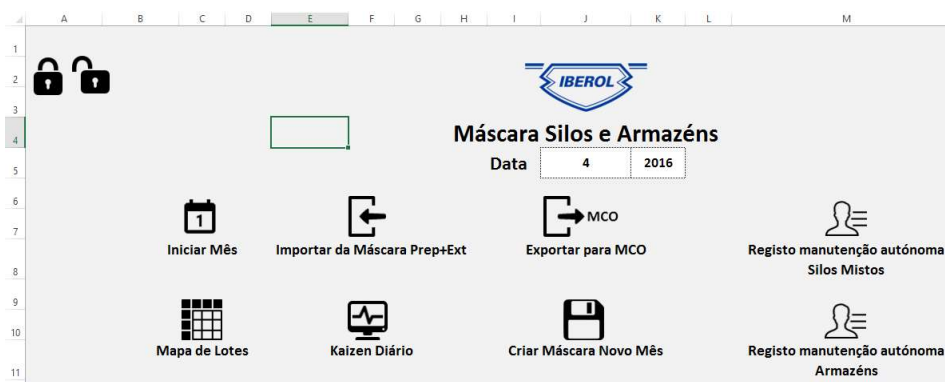
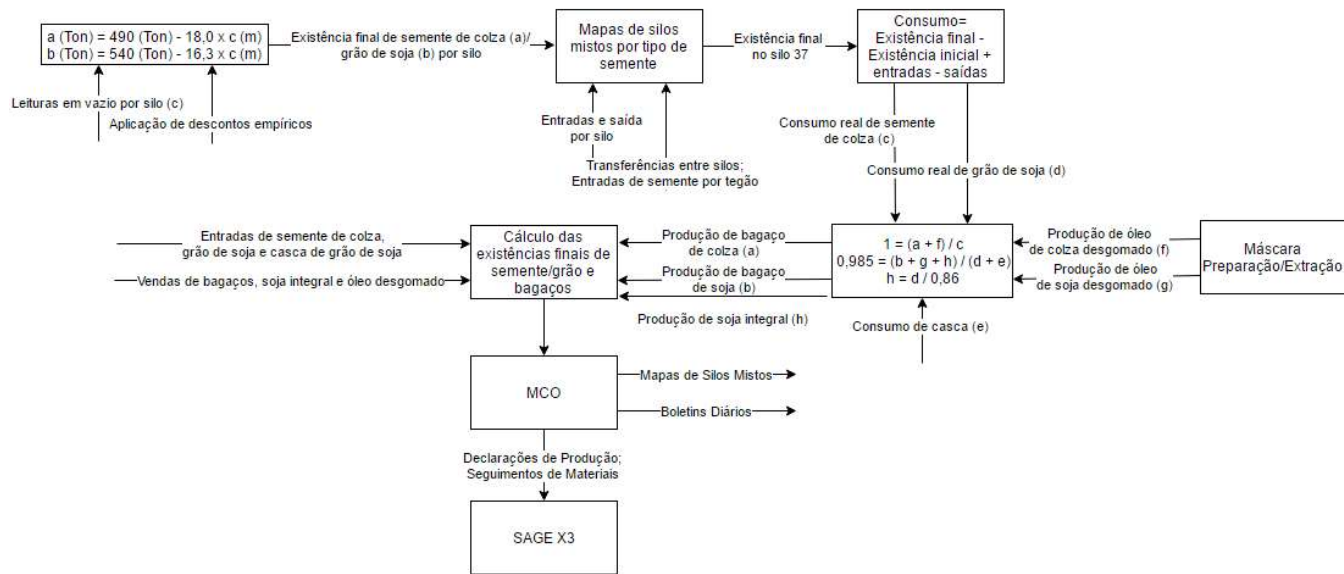


Figura 37. Máscara Silos e Armazéns: worksheet inicial.

A página inicial da Máscara Silos e Armazéns (Figura 37) tem um design semelhante às restantes Máscaras, sendo a única diferença o botão “Importar Máscara Prep+Ext”, associado a uma *macro* de importação de dados de processo da Máscara Preparação/Extração: produção de bagaços e alocação aos armazéns, produção de óleos desgomados e consumo de bactericida.

Os botões “Mapa de Lotes” e “Kaizen Diário” são atalhos para *worksheets* da Máscara. O primeiro redireciona para uma *worksheet* onde são introduzidos os lotes laborados na fábrica no dia atual, ou os lotes existentes em *stock*.



**Figura 38. Estado Atual Silos e Armazéns: Máscara Silos e Armazéns.**

O “Mapa de Lotes de Farinhas em Armazém” é construído a partir de *inputs* manuais (dia, mês e ano de enchimento e nº do navio), ou a partir de *combo boxes* (armazém, produto) e, de seguida, impresso e afixado no quadro *Kaizen* Diário da secção.

A sequência de cálculo na Máscara (Figura 38) começa com a introdução das leituras em vazio, por silo, a partir das quais a existência final de semente de colza, ou grão de soja, em cada silo, é automaticamente calculada. Os Mapas de Silos Mistos são, posteriormente, completados com as entradas e saídas dos silos. Por fim, o consumo de semente/grão é calculado com base na existência do Silo 37, o silo de produção.

Para o cálculo da produção de bagaço de colza e de soja assume-se um rendimento de processo (confidencial) dado que não existe medição direta da transferência para os armazéns, sendo a produção real ajustada após a expedição do lote (saídas por báscula rodoviária).

Por fim, os consumos, produções e existências são exportados para o MCO via Servidor da IBEROL que, posteriormente, são inseridos no SAGE X3, sob a forma de Declarações de Produção e Seguintos de Materiais.

Esta Máscara inclui dois tipos de balanço de produção: o balanço global, e o balanço por lotes. Este último é feito com base nas proporções de cada lote introduzido, face ao balanço global.

Para além do trabalho descrito anteriormente foi desenvolvido um modelo para cálculo das existências de semente de colza/grão de soja nos silos, (ver Apêndice Correlações para Cálculo das Existências de Semente nos Silos), a partir das leituras em vazio de acordo com a equação geral (Eq. 2):

$$\text{Existência Silo (Ton)}_i = \text{Capacidade total silo}_i - \text{Leitura em vazio (m)}_i \times \text{cte. (Ton/m)} \quad (\text{Eq. 2})$$

Os silos dividem-se em três zonas: A, B e C (Figura 39). A primeira é paralelepipedica, e as restantes são piramidais, com volumes diferentes. Este modelo foi desenvolvido com base as folhas de

dimensionamento dos silos, e suporta o modelo empírico utilizado atualmente, apenas na zona A dos mesmos. Nas zonas B e C, o desvio entre modelos é significativo, pois o modelo empírico trata todas as zonas do silo como tendo a mesma geometria.

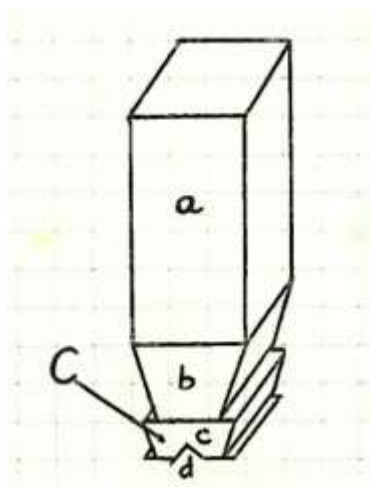


Figura 39. As três zonas da geometria dos silos.

O modelo empírico baseia-se nas duas correlações seguintes:

$$Y (Ton)_{Soja} = -18,0x (m) + 540 \quad (\text{Eq. 3})$$

$$Y (Ton)_{Colza} = -16,3x (m) + 490 \quad (\text{Eq. 4})$$

Obtiveram-se duas correlações globais (aplicáveis a todas as zonas do silo) para o cálculo das existências de semente/grão nos silos, a partir das leituras em vazio, comparáveis com as equações utilizadas no modelo empírico.

$$Y (Ton)_{Soja} = -17,6x (m) + 538 \quad (\text{Eq. 5})$$

$$Y (Ton)_{Colza} = -15,8x (m) + 484 \quad (\text{Eq. 6})$$

Obtiveram-se, ainda, as seguintes correlações locais (para cada zona) dos silos:

$$Y (Ton)_{Soja}^{Zona A} = -17,8x (m) + 540 \quad (\text{Eq. 7})$$

$$Y (Ton)_{Colza}^{Zona A} = -16,2x (m) + 490 \quad (\text{Eq. 8})$$

$$Y (Ton)_{Soja}^{Zona B/C} = -10,1x (m) + 328 \quad (\text{Eq. 9})$$

$$Y (Ton)_{Colza}^{Zona B/C} = -9,2x (m) + 297 \quad (\text{Eq. 10})$$

### 3.7 Mapa de Controlo de Operações

Face ao Estado Inicial (Figura 20), agora, praticamente todos os *inputs* do MCO provêm de importações das Máscaras da UPB, Preparação/Extração, Silos e Armazéns e Manutenção Elétrica (Figura 40). Por isso, esta ferramenta passa a ser responsabilidade do Gestor de Informação, libertando tempo útil ao Chefe de Secção dos Silos e Armazéns (tal como referido anteriormente, esta

nova posição foi recentemente criada, com o propósito de segregar as funções de gestão de informação e gestão dos Silos e Armazéns).

Apenas a informação necessária para a emissão das Declarações de Produção e Seguimento de Materiais (lotes de produtos da Preparação/Extração e UPB) tem de ser inserida diretamente no MCO.

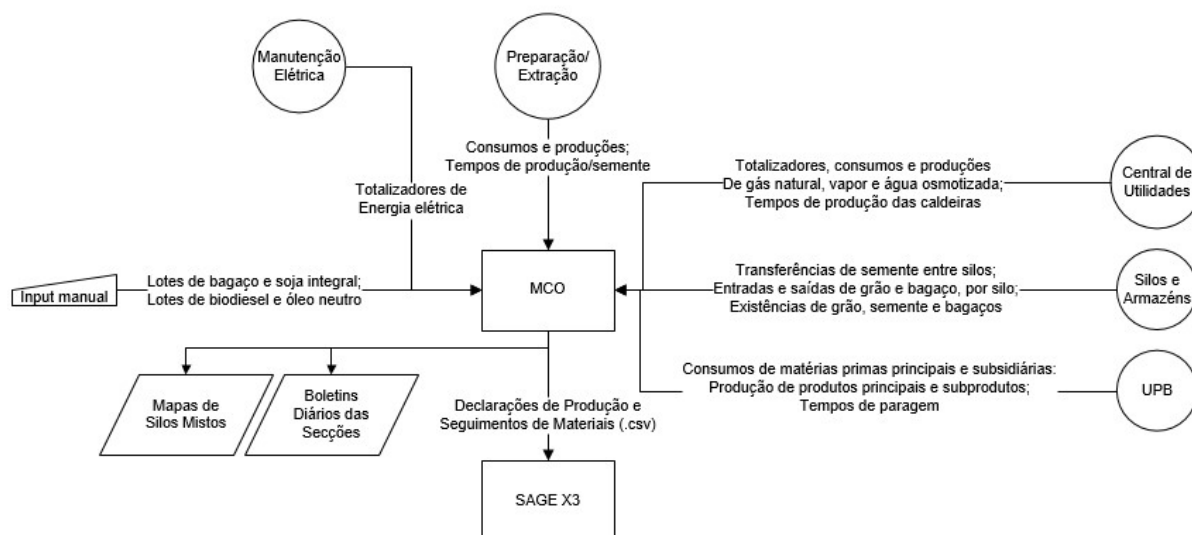


Figura 40. Estado Atual: MCO.

A importação do boletim diário da UPB foi integrado no MCO, algo que não existia no Estado Inicial, pois este era construído manualmente no ficheiro Excel.

Após o preenchimento de cada Máscara das Secções, o dia atual de produção é exportado para a pasta “MCO”, no servidor da IBEROL, pelo respetivo Chefe de Secção. Tendo todos os ficheiros diários necessários – da Máscara da UPB, Preparação/Extração, Silos e Armazéns, Central de Utilidades e Ferramenta da Manutenção Elétrica -, o Gestor de Informação começa por criar um ficheiro MCO para o dia atual (Figura 41). Depois, pelo botão “Carregar Dados Dia Anterior”, importa o ficheiro MCO do dia anterior; via botão “Importar Máscaras Secções”, irá seleccionar todos os ficheiros do dia atual e, assim, preencher completamente a *worksheet* “Inputs”. Com estes passos, os Boletins Diários ficam preenchidos e, após validação de dados, prontos para emissão via e-mail.





Figura 41. MCO: a nova *worksheet* inicial.

### 3.8 SAGE X3

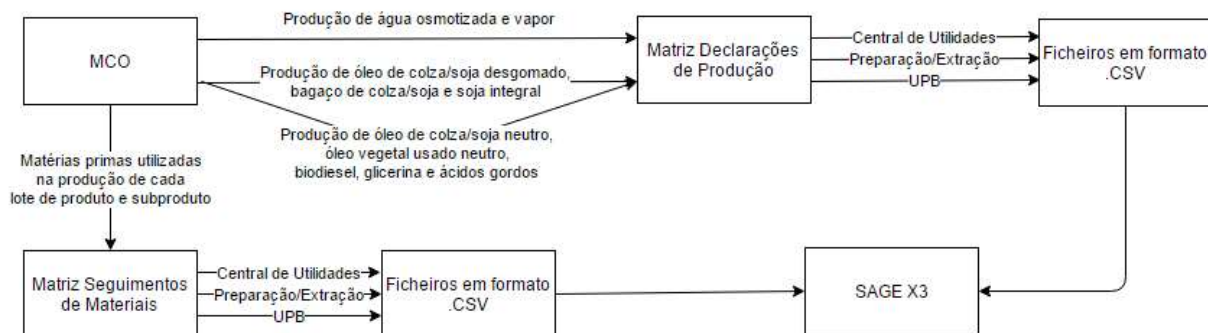


Figura 42. Estado Atual: SAGE X3.

O ciclo de gestão de informação processual só é fechado no momento em que os consumos e produções de matérias-primas, matérias-primas subsidiárias, produtos acabados e subprodutos dão entrada no ERP da IBEROL, o SAGE X3.

Nesta secção, pretendia-se automatizar o processo de introdução das Declarações de Produção e Seguimentos de Materiais no ERP. Para este fim, os dados de processo, inseridos no MCO, são exportados para formato .CSV, num formato condicente com os *templates* reconhecidos e aceites pelo SAGE X3 (Figura 42).

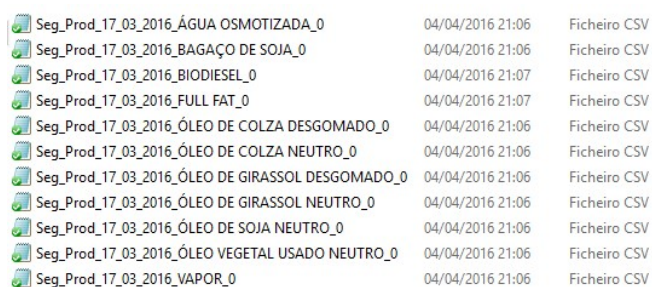
As Declarações de Produção incluem a quantidade produzida de cada produto e subproduto, por cada secção. Os Seguimentos de Materiais incluem as quantidades consumidas de todas as matérias-primas, principais e secundárias, necessárias à produção dos produtos principais e subprodutos.

Para que o SAGE aceite um ficheiro externo e consiga interpretar os dados lá colocados, é necessário obedecer aos modelos que este *software* possui, um para Declarações de Produção, e outro para Seguintos de Materiais.

Assim, é necessário preencher os campos obrigatórios de ambos os modelos, que incluem: Número de Ordem, Artigo, Quantidade produzida, Unidades, Data, Lote e Localização. O Número de Ordem deve ser introduzido, no MCO, pois depende do número único da Ordem de Fabrico que precede o respetivo Seguimento de Produção.

A exportação das Declarações de Produção e Seguintos de Materiais para formato .CSV é feita recorrendo a um botão criado para o efeito, com uma *macro* em VBA associada.

Após a exportação dos ficheiros .CSV para o servidor da IBEROL (Figura 43), estes têm de ser importados, pelo Gestor de Informação, para o SAGE X3.



Seg_Prod_17_03_2016_ÁGUA OSMOTIZADA_0	04/04/2016 21:06	Ficheiro CSV
Seg_Prod_17_03_2016_BAGAÇO DE SOJA_0	04/04/2016 21:06	Ficheiro CSV
Seg_Prod_17_03_2016_BIODIESEL_0	04/04/2016 21:07	Ficheiro CSV
Seg_Prod_17_03_2016_FULL FAT_0	04/04/2016 21:07	Ficheiro CSV
Seg_Prod_17_03_2016_ÓLEO DE COLZA DESGOMADO_0	04/04/2016 21:06	Ficheiro CSV
Seg_Prod_17_03_2016_ÓLEO DE COLZA NEUTRO_0	04/04/2016 21:06	Ficheiro CSV
Seg_Prod_17_03_2016_ÓLEO DE GIRASSOL DESGOMADO_0	04/04/2016 21:06	Ficheiro CSV
Seg_Prod_17_03_2016_ÓLEO DE GIRASSOL NEUTRO_0	04/04/2016 21:06	Ficheiro CSV
Seg_Prod_17_03_2016_ÓLEO DE SOJA NEUTRO_0	04/04/2016 21:06	Ficheiro CSV
Seg_Prod_17_03_2016_ÓLEO VEGETAL USADO NEUTRO_0	04/04/2016 21:06	Ficheiro CSV
Seg_Prod_17_03_2016_VAPOR_0	04/04/2016 21:06	Ficheiro CSV

**Figura 43. Ficheiros de Declarações de Produção, exportados do MCO.**

## 4 Métricas

### 4.1 Métricas Qualitativas

A primeira métrica diz respeito ao sucesso da implementação das ferramentas em Excel desenvolvidas durante este trabalho, e foi avaliada recorrendo aos “Questionários de Avaliação de Formação Interna” da IBEROL, distribuídos a cada operador após uma ação de formação. Foram avaliadas as categorias de conteúdo programático, formador, métodos pedagógicos e documentação, numa escala qualitativa de “fraco” a “excelente”. A avaliação global é avaliada em “fraca”, “satisfatória” e “muito boa”.

No geral, todas as secções avaliadas superaram o objetivo, na avaliação global das formações (Figura 44).

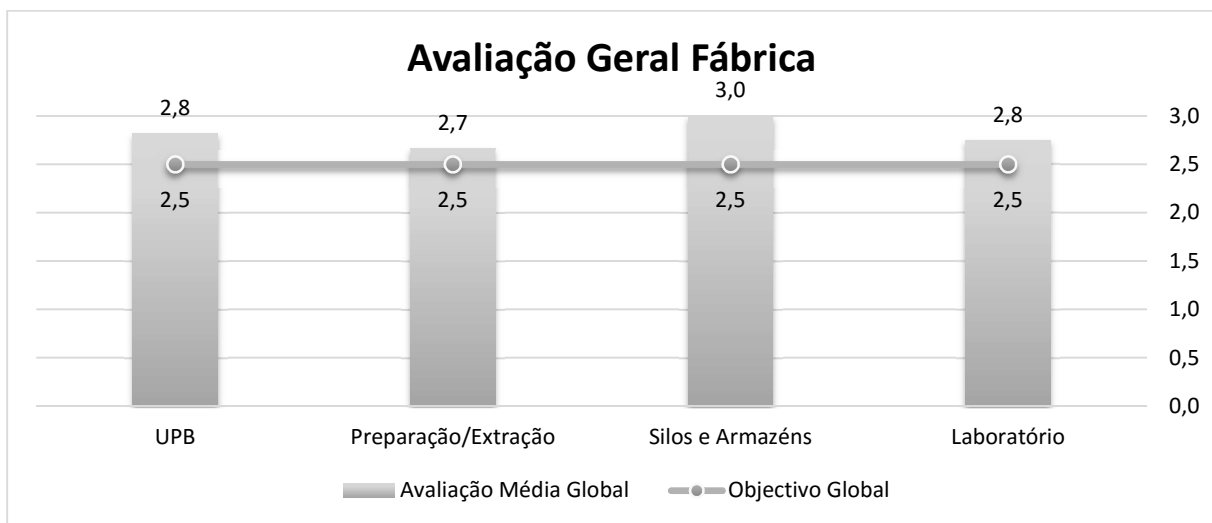


Figura 44. Métricas Qualitativas: Avaliação Geral das secções.

### 4.2 Métricas Quantitativas

De forma a obter dados para comparação entre o “estado inicial” e o “estado atual”, acompanhou-se o trabalho diário do Chefe de Secção dos Silos e Armazéns durante o período de cinco dias, registando a duração de execução de todas as atividades, erros cometidos, operações manuais, retrabalho, etc. Os tempos de ciclo para o “estado atual” foram estimados e, mais tarde, corrigidos com base num teste *in loco*.

#### 4.2.1 Tempo de ciclo

A duração de cada atividade foi calculada recorrendo ao CPM, e a uma distribuição temporal Beta (Beaumont 2001), em que “O” representa a interpretação otimista do tempo de duração; “P” a interpretação pessimista; e “M” a duração mais provável, como indicado na Equação 1.

$$\text{Duração da atividade } i = \frac{O+4*M+P}{6} \quad (\text{Eq. 1})$$

Dividiu-se o tempo de ciclo nas parcelas tempo de execução e tempo de espera de cada atividade <sup>5</sup>.

Nos gráficos seguintes, que representam a comparação entre o “Estado Inicial” e “Atual”, não foi considerado o tempo de ciclo correspondente à espera pela emissão das Ordens de Fabrico no SAGE X3, por ser uma constante nos dois Estados. As conclusões seguintes são referentes aos gráficos das Figura 65 e Figura 66, no Apêndice C - Métricas Quantitativas).

Conclui-se que houve uma redução do tempo de ciclo em todas as secções, e uma redução global de **35,7%**, (**55 minutos**). O tempo de ciclo “Total” corresponde ao caminho crítico decorrido entre as 07h30 e a hora final de emissão das Declarações de Produção e Seguintes de Materiais no SAGE X3, e não à soma do tempo de ciclo de todas as secções.

A redução de **40,5%** (**51 minutos**) no tempo de ciclo da UPB beneficia do facto de se ter eliminado o preenchimento do Controlo de *Stocks* e Boletim Diário. O tempo de espera na UPB diminuiu **9,1%** (**5,8 minutos**), pois a principal fonte de tempo de espera não foi eliminada: esperar pelos contadores de energia elétrica e a água osmotizada proveniente da Central de Utilidades.

Na Preparação/Extração, a redução de **66,8%** (**139 minutos**) deve-se muito à construção automática dos Gráficos *Kaizen* Diário, eliminando a necessidade de esperar pela disponibilidade da folha de indicadores.

Nos Silos e Armazéns, a redução de **56,6%** (**88 minutos**) deve-se à eliminação das tarefas de verificação dos cálculos e *inputs* manuais dos boletins diários das secções; da emissão de “Declarações de Produção” e “Seguintes de Materiais”, e do cálculo manual das existências, consumos de semente e produções de bagaços.

A hora final de emissão dos boletins diários, bem como da introdução dos dados no SAGE X3, foi estimada a partir do tempo de ciclo, face à hora inicial (07h30).

Segundo indicação do Chefe de Secção dos Silos e Armazéns, os boletins são, normalmente, emitidos por volta das 10h30 (C. Pinto 2015); os dados são introduzidos no SAGE X3 por volta das 15h30 (C. Pinto 2015). A estimativa feita, para o “Estado Inicial” tendo em conta a espera pelas Ordens de Fabrico, está de acordo com estes resultados (ver Tabela 2, “Estado Inicial + O.F.”), apesar de poder ser considerada otimista. Na verdade, a estimativa pelo CPM não inclui ineficiências naturais da laboração e interrupções à tarefa que cada operador está a realizar. Somando este tempo “perdido” ao tempo de ciclo estimado, chegar-se-ia à hora final de emissão dos boletins por volta das 10h30.

Assim, espera-se que, com o Estado Atual em curso, seja possível emitir os Boletins Diários 56 minutos mais cedo; e emitir Declarações de Produção e Seguintes de Materiais 62 minutos mais cedo (Tabela 2).

---

<sup>5</sup> A representação dos tempos de ciclo, em Gráfico de *Gantt*, pode ser consultada no Apêndice A - Diagramas de *Gantt: Critical Path Method*).

Tabela 2. Tempo de ciclo e hora final de emissão dos Boletins Diários e introdução dos dados no SAGE X3: Estado Inicial vs. Estado Atual (O.F. = Ordem de Fabrico).

	Tempo de ciclo Boletins (min)	Tempo de ciclo SAGE X3 (min)	Hora Final Boletins	Hora Final SAGE X3
<b>Estado Inicial</b>	134	155	09:44	10:04
<b>Estado Atual</b>	78	99	08:54	09:08
<b>Estado Inicial (+ O.F.)</b>	134	435	09:44	14:45
<b>Estado Atual (+ O.F.)</b>	78	421	08:48	14:31

A espera pelas Ordens de Fabrico constitui um ponto de grande ineficiência no processo de gestão de informação da IBEROL, pois atrasa a emissão das Declarações de Produção e Seguintos de Materiais. Neste momento, encontra-se em curso um projeto que visa diminuir o tempo de disponibilização das Ordens de Fabrico, através da otimização do Planeamento de Produção da UPB e Preparação/Extração. Estima-se que as Declarações de Produção e Seguintos de Materiais possam ser introduzidos no SAGE X3 por volta das 09h (ver Apêndice *Diagramas de Gantt: Critical Path Method*).

A diferença entre o tempo de ciclo real e o estimado pode explicar-se pelo tempo de ciclo total ser maior que a soma da duração de todas as atividades (Aguilar-Savén 2004). Isto deve-se, geralmente, ao retrabalho por motivos de correção de erros, e à execução sequencial de atividades em vez de paralela (Jung 2007).

Para além dos tempos de ciclo foram aplicadas métricas de qualidade e complexidade processual às várias secções. Concluiu-se que, após a implementação das Máscaras nas secções, verificou-se a diminuição do número de etapas de processo em cada secção, do número de intervenientes no ciclo de informação de cada secção, do retrabalho e do número de documentos em circulação simultânea. Estas métricas foram selecionadas pois estão associadas a desperdício de tempo e à probabilidade de ocorrência de erros, ou informação em falta. No global, permitem complementar a ideia de redução do tempo de ciclo.

Nas métricas de qualidade (Tabela 3), as etapas de processo são todas as instâncias de *input* necessário para completar o ciclo de informação da secção; este valor corresponde à média de *inputs* durante o preenchimento de um turno de operação. Podem incluir introdução de valores, cálculos, verificações e introdução de resultados. Dentro destes, incluem-se os “cálculos manuais”, que são apenas os *inputs* resultantes da operação de uma calculadora. O número máximo de etapas de processo é o máximo de *inputs* que é possível realizar no conjunto de atividades da secção (Ohio Department of Administrative Services 2013).

A redução de etapas de processo nas três secções deriva da simples implementação da Máscara em Excel, o que elimina os cálculos e verificações pelos operadores. A maior redução ocorre na Preparação/Extração, na qual todas as etapas eram feitas manualmente, em papel. A grande maioria das etapas de processo nesta secção são *inputs* na Máscara, pois os cálculos estão embutidos no Excel. No entanto, a comparação entre etapas de processo das duas secções é justificada pelo número de *tags* exportadas pelo IDB, em cada uma delas: 98 na UPB, 11 na Preparação/Extração.

Na categoria de métricas que avaliam a complexidade processual (Tabela 4), recolheu-se o número de vezes que um documento/etapa de processo passa para a responsabilidade de outra pessoa (“Transferências” ou *handoff*); o número de vezes que uma etapa de processo deve ser repetido, devido a informação em falta (*loop-backs*); o número de vezes que uma etapa de processo é repetido (“retrabalho”); o número de ficheiros Excel, de apoio ao processo de gestão de informação da secção (“Ficheiros Excel”); o número de documentos, em papel (“Documentos em papel”), existentes e em circulação, em simultâneo (Ohio Department of Administrative Services 2013).

**Tabela 3. Métricas de Qualidade: Estado Inicial vs. Atual.**

		<b>Etapas de processo</b>	<b>Cálculos manuais</b>	<b>Máximo de etapas de processo</b>
<b>UPB</b>	Estado Inicial	117	0	915
	Estado Atual	25	0	37
<b>Preparação/Extração</b>	Estado Inicial	471	332	629
	Estado Atual	186	0	275
<b>Silos e Armazéns</b>	Estado Inicial	425	125	510
	Estado Atual	219	0	225
<b>Central de Utilidades</b>	Estado Inicial	123	24	197
	Estado Atual	100	0	127

É de notar que o Estado Inicial nos Silos e Armazéns incluía a função acrescida, na mesma pessoa, da gestão de informação, pelo que o preenchimento do MCO e a introdução das Declarações de Produção e Seguimentos de Fabrico acrescem às etapas de processo consideradas.

Na UPB e Preparação/Extração, a redução do número de transferências (Tabela 4) é consequência da informatização da gestão de informação, o que levou à diminuição do tempo desperdiçado em transporte de papel. Permanecem apenas as trocas de informação entre as secções e os Silos e Armazéns, para obtenção de informação em falta<sup>6</sup>, o que está demonstrado no parâmetro *Loop-backs*, que permaneceu constante. O retrabalho foi eliminado nas duas secções.

Na UPB, todas as ferramentas Excel existentes foram integradas na Máscara, ou eliminadas. Na Preparação/Extração, verifica-se um aumento de complexidade processual, devido à integração da Manutenção Autónoma (Figueiredo Segundo Semestre do Ano Lectivo 2015/2016) e Registo da Semente (Duarte Segundo Semestre do Ano Lectivo 2015/2016) na Máscara. A redução do número

<sup>6</sup> Contadores de energia eléctrica e água da Central de Utilidades, na UPB; consumo de semente, hexano e vapor na Preparação/Extração.

de documentos em circulação não foi muito significativa, uma vez que os gráficos com indicadores *Kaizen* são impressos diariamente (quatro na UPB e quatro/cinco na Preparação/Extração).

**Tabela 4. Métricas de Complexidade Processual: Estado Inicial vs. Atual.**

		<i>Handoffs</i>	<i>Loop-backs</i>	Retrabalho	Ficheiros Excel	Documentos em papel
<b>UPB</b>	Estado Inicial	4	1	3	4	8
	Estado Atual	1	1	0	1	4
<b>Preparação/Extração</b>	Estado Inicial	3	4	13	0	13
	Estado Atual	1	4	0	4	1
<b>Silos e Armazéns</b>	Estado Inicial	7	4	2	2	6
	Estado Atual	6	2	0	1	3
<b>Central de Utilidades</b>	Estado Inicial	3	6	4	0	7
	Estado Atual	0	5	0	1	5



## 5 Conclusões

As Máscaras e ferramentas Excel implementadas na IBEROL contribuem para facilitar o cálculo de consumos, produções e existências, pois vieram eliminar o tempo de retrabalho, verificação de erros, cálculos manuais e transporte de documentos em papel. Assim, os operadores e chefes de secção podem disponibilizar mais tempo útil a atividades de geração de valor.

Os projetos IDB implementados na UPB e Preparação/Extração estão a funcionar com sucesso, suportando a construção diária das Máscaras. Estes servirão de base a outros projetos futuros na IBEROL (Central de Utilidades, Recolha Automática de Sinais).

As *macros* criadas, no Laboratório, estão a ser utilizadas diariamente para exportação dos boletins de controlo diário em formato Excel e PDF.

As Máscaras estão integradas no MCO, pelo que já é possível emitir boletins diários de forma automatizada. A emissão de Declarações de Produção e Seguintos de Materiais em formato CSV, a partir dos dados existentes no MCO, está funcional, mas necessita de um período mais longo de testes, para despiste de erros e identificação de melhorias.

Quanto às métricas de qualidade, o número de NVA no fluxo de informação global foi reduzido de 14 para 5, uma redução de 64%. Em base temporal reduziu-se o tempo gasto em NVA de 80,3% para 47,5%.

O tempo de ciclo do fluxo de informação global foi reduzido em 35,7%, (55 minutos). Nas secções, o tempo de ciclo foi reduzido de 40,5% (51 minutos) na UPB, 66,8% (139 minutos) na Preparação/Extração e 56,6% (88 minutos) nos Silos e Armazéns.

Noutras métricas de qualidade, reduziram-se, em todas as secções, o número de ficheiros Excel e documentos em papel existentes, as etapas de retrabalho, e as etapas de processo no geral.

Assim, aumentou-se a eficiência do fluxo de informação, minimizando a probabilidade de ocorrência de erros, informação em falta e retrabalho.

## 6 Propostas de Melhoria Futura

As propostas de melhoria específicas de cada secção têm o objetivo de reduzir o desperdício de tempo, retrabalho, probabilidade de erros e, no global, aumentar a eficiência do fluxo de informação através da redução do tempo de ciclo.

### 6.1 Contexto Geral

Propõe-se, no contexto fabril e laboratorial da empresa, recolher tempos de duração das atividades individuais ao longo de um período de tempo maior, de forma a reduzir a variabilidade estatística dos resultados.

Propõe-se também construir um Diagrama de Causa Efeito (Stapenhurst 2009), que possibilite o mapeamento das relações entre atividades. Isto permitiria desenvolver métricas de performance mais específicas, por exemplo, o número de atrasos na emissão de Declarações de Produção e Seguintes de Materiais devido a fatores organizacionais (i.e., os Chefes de Secção encontrarem-se em reunião), externos (i.e., a influência da chuva na duração da atividade de recolha de contadores de energia elétrica) e estruturais (i.e., atrasos no preenchimento das Máscaras devido a estrangulamentos no servidor), etc.

Para além disso, seria útil integrar os diagramas de *Gantt*, global e de cada secção, no VSM da empresa, de forma a determinar, exatamente, as atividades VA e NVA e quantificar o potencial de redução do desperdício e do tempo de ciclo na empresa (Rad 2008).

### 6.2 IDB

No contexto do IndustrialDataBridge, propõe-se integrar os dados exportados num Sistema de Gestão de Base de Dados (DBMS). O IDB permite a exportação de dados para os formatos Microsoft SQL Server, Oracle Database, Microsoft Access ou MySQL (Siemens 2013). Isto permitiria constituir um histórico de variáveis de processo mais compacto e organizado. A importação para as Máscaras seria feita utilizando as faculdades de sincronização do próprio Excel.

Propõe-se ainda migrar o sistema WinCC Flexible para WinCC SCADA V7, e instalação do IndustrialDataBridge no computador da supervisão da Central de Utilidades, para automatizar o processo de exportação de dados de processo para Excel.

### 6.3 Laboratório

No Laboratório, propõe-se automatizar o envio dos e-mails contendo os boletins diários para os interessados pois, atualmente, apenas a emissão e disponibilização dos boletins diários em formato Excel e PDF está automatizado.

E, ainda, configurar o NIR do Laboratório, à semelhança do que foi feito na Preparação/Extração, para possibilitar a exportação dos resultados das análises para Excel. Isto facilitaria a obtenção de resultados e consequente pós-tratamento e análise, por parte das analistas.

## 6.4 MCO

Para melhorar a ferramenta MCO, propõe-se integrar a informação relativa aos lotes de semente e bagaço, via importação da Máscara Silos e Armazéns, e dos lotes de biodiesel via Máscara UPB.

Propõe-se também integrar, completamente, a UPB no MCO, para se conseguir um controlo mais exato das existências, verificação dos balanços de óleo desgomado, e centralização da tarefa de emissão dos boletins diários no MCO.

## 6.5 Preparação/Extração

Para a Preparação/Extração propõe-se as seguintes sugestões de melhoria.

Automatizar a indicação visual de conformidade/ não conformidade dos resultados das análises do NIR, recorrendo à formatação condicional do Excel. Para isso, é necessário definir os limites de conformidade e não conformidade, para cada parâmetro e produto.

Investir numa (ou mais) balança(s) de semente, para que seja possível ter acesso imediato ao consumo real de semente. Isto eliminaria uma das fontes de aumento do tempo de ciclo da Preparação/Extração devido a informação em falta<sup>7</sup>. A disponibilização desta informação à Preparação/Extração e Logística irá descentralizar a gestão de informação dos Silos e Armazéns, e reduzir o tempo de ciclo global.

Melhorar os processos de cálculo dos consumos de hexano. Atualmente, este consumo é calculado na Máscara, a partir de existências de tanques e, posteriormente, corrigido tendo em conta a evolução semanal do consumo acumulado. Em alternativa, poder-se-ia estimar o volume de hexano no processo, a partir de um balanço de massa e da soma dos volumes dos vários *vesse/s* do processo de extração.

Instalar indicadores de nível digitais nos tanques de hexano (63 A-H) e óleo desgomado (82 A-C, 582 A-D), e reparar os indicadores de nível dos tanques de miscela 17 A-B, para permitir a exportação dos níveis de enchimento para Excel, via IDB.

## 6.6 UPB

Para a Unidade de Produção de Biodiesel, propõe-se instalar totalizadores de caudal, no processo de Transesterificação, nas linhas da soda cáustica e ácido cítrico. Obter-se-ia valores de consumo mais precisos, e os respetivos KPI's tornar-se-iam mais relevantes.

Para além disso, automatizar a importação dos ficheiros exportados pelo IDB, pela Máscara. Poder-se-ia modificar o código VBA da Máscara para que o último ficheiro criado fosse importado ao clicar no botão respetivo, em vez de esta seleção ser manual.

---

<sup>7</sup> O consumo de semente é estimado na Preparação/Extração, com base no bagaço produzido. O consumo real é calculado nos Silos e Armazéns, no dia seguinte ao início do boletim diário, e comunicado à secção via folha de indicadores Kaizen Diário.

## 6.7 SAGE X3

No contexto da integração do conjunto de dados de processo no ERP SAGE X3, propõe-se integrar a futura ferramenta Excel de emissão de Ordens de Fabrico no MCO, tal como foi feito para as Declarações de Produção e Seguintos de Materiais, criando *macros*, em VBA, que exportem as mesmas para formato CSV. O projeto, atualmente em desenvolvimento, de originar ordens de fabrico com, pelo menos, uma semana de antecedência, irá contribuir muito para a redução do tempo de ciclo global da IBEROL.

E, ainda, desenvolver alternativa ao método atual de importar Declarações de Produção e Seguintos de Materiais para o SAGE X3. Em vez de se selecionar os ficheiros a importar, manual e individualmente, podem criar-se criando rotinas em SAGE X3, que possibilitem a importação de ficheiros múltiplos numa pasta predefinida.

## 6.8 Silos e Armazéns

Para otimizar o fluxo de informação nos Silos e Armazéns propõe-se as seguintes sugestões de melhoria.

Otimizar as correlações obtidas para o cálculo das existências nos silos, com base nas leituras em vazio, obtidas neste trabalho, medindo exatamente os ângulos de repouso de cada tipo de semente, tanto os ângulos de enchimento (ou dinâmico), como de esvaziamento (ou estático) nos silos. Esta medição pode ser feita utilizando um aparato de *rotating drum* (Carrigy 1970), ou um cilindro aberto para formar um cone, cuja altura é medida (o ângulo de repouso correlaciona-se com a altura e diâmetro da base do cone) (Wandkar, Ukey e Pawar 2012).

Medir a humidade média do grão armazenado nos silos, e introduzir essa variável no estudo das correlações, permitirá aumentar a exatidão das correlações, pois o ângulo de repouso aumenta linearmente com o conteúdo em humidade dos grãos (Ileleji e Zhou 2007). Esta pode ser medida por meio de um aparelho eletrónico ou por secagem numa estufa de ar quente (Lazzari 1994).

Calibrar, exatamente, os silos 1-36 e 37-38, para aumentar a exatidão da estimativa das existências nos silos. Por exemplo, descarregar os camiões com a semente previamente pesados na báscula e garantir que o tegão de descarga e transportadores ficam vazios para as medições intermédias, originando assim uma curva de calibração empírica. Poder-se-ia utilizar uma opção mais rápida de medição dos silos, instalando sistemas de leitura de nível, a laser (recentemente implementado na IBEROL), radar ou ultrassom (Lewis 2004).

## 7 Referências Bibliográficas

- Aguilar-Savén, S. "Business Process Modeling: Review and Framework." *International Journal of Production Economics*, Julho 2004: 129-149.
- Askin, R. G., and J. B. Goldenberg. *Design and analysis of lean production systems*. Nova Iorque, NY: John Wiley and Sons, 2002.
- Badiru, A. B. "Incorporating learning curve effects into critical resource diagramming." *Project Management Journal*, 1995: 38-45.
- Beaumont, Robin. "Networks, Gantt Charts and Critical Paths." *Aspects of Project Management for Researchers*. 2001.
- Carrigy, Maurice A. "Experiments on the Angles of Repose of Granular Materials." *Sedimentology*, Janeiro 26, 1970: 147-158.
- Cowan, Glen. *Statistical Data Analysis*. Oxford: Oxford Science Publications, 1998.
- Dorn, Thomas W. "Emergency/Temporary Grain Storage - Unconstrained Piles of Grain." *FACTS*. Lancaster County, Nebraska: University of Nebraska, n.d.
- Duarte, Mónica Isabel. *Alavancagem de um Sistema de Gestão por Metodologia Kaizen-Lean*. Dissertação de Mestrado, Lisboa: Instituto Superior Técnico, Segundo Semestre do Ano Lectivo 2015/2016.
- Falck, Mikael, and Frederik Karlsson. *Key Performance Indicators: The Key to Success?* Tese de Mestrado, Business Administration, Jönköping International Business School, Suécia: Jönköping University, 2011.
- Figueiredo, Joana Tasso. *Gestão de uma Rede de Ar Comprimido*. Dissertação de Mestrado, Lisboa: Instituto Superior Técnico, Segundo Semestre do Ano Lectivo 2015/2016.
- Fortin, M. F. *O Processo de Investigação: da conceção à realização*. Loures: Lusociência - Edições Técnicas e Científicas, 1999.
- Gilmore, H. L. "Continuous Incremental Improvement: An Operations Strategy for Higher Quality, Lower Costs and Global Competitiveness." *SAM Advanced Management Journal*, 1990: 21.
- Iberol. *Manual da Qualidade e Ambiente*. 1ª Edição. Alhandra: Iberol, 2014.
- Ileleji, K. E., and B. Zhou. "The angle of repose of bulk corn stover particles." *Powder Technology*, Julho 28, 2007: 110-118.
- Imai, M. *Gemba Kaizen: A Commonsense Approach to a Continuous Improvement Strategy*. 2ª Edição. NY: McGraw-Hill, 2012.

- Jung, J. "An Integration Architecture for Knowledge Management Systems and Business Process Management Systems." *Computers in Industry*, Janeiro 2007: 21-34.
- Kothamasu, Soma. Orlistat pharmaceutical formulations . E.U.A. Patent WO2009039157 A2. Março 26, 2009.
- Laraia, A. C., P. E. Moody, and R. W. Hal. *Kaizen Blitz: Accelerating Breakthroughs in Productivity and Performance*. 1ª Edição. NY: Wiley, 1999.
- Lazzari, F. A. "Comparison of methods for moisture content determination on soybeans." *6th International Working Conference on Stored-Product Protection*. Canberra, Austrália: CAB International, 1994. 17-23.
- Leon Cook Silos. "Typical Grain Bulk Densities and Angles of Repose." *leoncooksilos.com.au/*. n.d. (accessed Janeiro 2016).
- Lewis, Joseph D. "Technology Review - Level Measurement of Bulk Solids and Powders." *monitortech.com*. Monitor Technologies. Dezembro 2004. (accessed Março 18, 2016).
- Modi, Denish B., and Hemant Thakkar. "Lean Thinking: Reduction of Waste, Lead Time, Cost through Lean Manufacturing Tools and Technique." *International Journal of Emerging Technology and Advanced Engineering*, Março 2014: 339-344.
- Nelson, Stephen A. *Slope Stability, Triggering Events, Mass Movement Hazards*. Tulane University. Dezembro 10, 2013. (accessed Janeiro 2016).
- Ohio Department of Administrative Services. "LeanOhio Resources." *LeanOhio*. Ohio.gov. Abril 1, 2013. (accessed Janeiro 8, 2016).
- Pinto, Carlos. *Chefe de Secção Silos e Armazéns* (Janeiro 2015).
- Pinto, Emília. "Kaizen como Filosofia de Melhoria Contínua na Direção de Serviços Administrativos da SONAE." Tese de Mestrado, Instituto Superior de Contabilidade e Administração do Porto, Instituto Politécnico do Porto, Porto, 2015.
- Rad, Marjan H. *Lead Time Reduction*. Tese de Mestrado, University College of Borås, Suécia: Högskolan i Borås, 2008.
- Scotchmer, A. *5S Kaizen in 90 Minutes*. Oxford: Management Books 2000, 2007.
- Siemens. "WinCC/IndustrialDataBridge Documentation." *siemens.com*. Fevereiro 2013. (accessed Setembro 20, 2015).
- Silva, Rute R. "Desenvolvimento de soluções para aproveitamento de subproduto da produção de biodiesel e outras matérias primas com acidez livre." Tese de Mestrado, Faculdade de Ciências e Engenharia, Universidade Nova de Lisboa, 2015.

Stapenhurst, Tim. *The Benchmarking Book*. Oxford: Butterworth-Heinemann, 2009.

Stelth, Peter, and Guy Le Roy. "Project's Analysis through CPM." *School of Doctoral Studies (European Union) Journal*, Julho 2009: 10-51.

Vishay Precision Group. "SILOWEIGH - The Unique Silo Level and Inventory System." *iwsystems.ca*. n.d. <http://www.iwsystems.ca/8-Level/Vishay-SiloWeigh.pdf> (accessed Março 17, 2016).

Wandkar, Sachin V., Pravin D. Ukey, and Dilip A. Pawar. "Determination of physical properties of soybean at different moisture levels." *Agricultural Engineering International*, Junho 2012: 138-142.

Yin, Robert K. *Case Study Research - Design and Methods*. 5ª Edição. Londres: SAGE Publications, Inc, 2013.