

Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto



**Otimização de layout de armazém e nível de
enchimento**

Bruno Filipe Vasconcelos Moreira

Dissertação realizada no âmbito do
Mestrado Integrado em Engenharia Eletrotécnica e de Computadores
Major Automação

Orientador: Prof. Dr. Gil Manuel Gonçalves
Orientador Externo: Eng. Pedro Martins

Julho de 2017

Resumo

Esta dissertação centra-se na otimização da disposição de produtos acabados em armazém de uma fábrica de Alimentação Animal. O objetivo é reduzir custos de armazenagem ao reestruturar a disposição dos produtos de modo a reduzir custos de transporte internos, otimizando o seu nível de enchimento em simultâneo, com base nos dados do ano de 2016.

São explorados conceitos como análise ABC, para categorizar os produtos a estudar e filosofia *lean*, com mais foco na redução de desperdícios em armazém. São explorados métodos de otimização, mais concretamente programação linear inteira multicritério para explorar as melhores soluções contabilizando diferentes critérios, bem como uma ferramenta de resolução de modelos lineares, o *OpenSolver*, que é um suplemento criado para o Microsoft Excel.

Nesta dissertação é proposta uma abordagem baseada em programação linear inteira através da realização de uma análise multicritério, definindo prioridades e pesos entre os critérios a estudar.

O modelo PlmcOLE (Programação Inteira MultiCritério para Otimização da Localização e nível de Enchimento) é o modelo proposto, onde aborda vários casos para validar e testar a robustez do modelo e ver como se comporta em diferentes situações. Com esse modelo são comparadas as soluções da análise multicritério com as soluções da análise monocritério e ainda são realizadas análises de sensibilidade com o modelo para uma melhor justificação da decisão.

O objetivo deste modelo será então melhorar o layout de um armazém otimizando simultaneamente critérios como a distância percorrida nas operações do armazém, o espaço global utilizado e a quantidade de cada tipo de produto em armazém.

Palavras-Chave: Análise ABC, Análise multicritério, Programação Linear Inteira, Otimização

Dissertação:

- Tema:** Otimização de layout de armazém e nível de enchimento
- Orientador da UP:** Prof. Dr. Gil Manuel Gonçalves
- Orientador Externo:** Eng. Pedro Martins
- Local de Trabalho:** Alimentação Animal NANTA S.A.
- Área Científica:** Automação, Gestão Industrial

Abstract

This dissertation focuses on the optimization of the disposal of finished products in the warehouse of an Animal Feed factory. The objective is to reduce storage costs by restructuring the layout of the products in order to reduce internal transportation costs, optimizing their filling level simultaneously, based on the data for the year 2016.

It is studied concepts, such as, ABC analysis to categorize the products. Lean philosophy, with more focus on reducing waste in warehouse. Optimization methods are explored, namely multi-criteria integer linear programming to explore the best solutions accounting for different criteria, as well as a linear modeling tool, OpenSolver, which is a open-source supplement created for Microsoft Excel.

In this dissertation, an approach based on integer linear programming is proposed through the accomplishment of a multicriteria analysis, defining priorities and weights among the criteria to be studied.

The model PlmcOLE (Programação Inteira MultiCritério para Otimização da Localização e nível de Enchimento) is the model proposed, where it addresses several cases to validate and test the robustness of the model and see how it behaves in different situations. With this model, the solutions of multicritério analysis and the solutions of the monocritério analysis are compared and sensitivity analyzes are also performed for a better justification of the decision.

The purpose of this model will be to improve the layout of a warehouse while optimizing criteria such as the distance traveled in warehouse operations, the overall space used and the quantity of each type of product in storage.

Keywords: ABC Analysis, Integer Linear Programming, Multicriteria Analysis, Optimization

Dissertation:

-Topic: Warehouse Layout Optimization and Replenishment Level

-UP Advisor: Prof. Dr. Gil Manuel Gonçalves

-External Supervisor: Eng. Pedro Martins

-Local of Work: Alimentação Animal NANTA S.A.

-Scientific Area: Automation, Industrial Management

Agradecimentos

A elaboração desta dissertação não teria sido possível sem o apoio direto ou indireto de múltiplas pessoas às quais estou profundamente grato. Correndo o risco de injustamente não mencionar alguém, quero expressar os meus agradecimentos.

Em primeiro lugar ao orientador desta dissertação, o Professor Doutor Gil Gonçalves, pela orientação prestada, total apoio, disponibilidade, opiniões e críticas em todas as dúvidas e problemas que foram surgindo ao longo da realização desta dissertação.

Ao Engenheiro Pedro Martins, pela disponibilidade e atenção dada a todas as minhas questões e pela oportunidade da experiência de realizar esta dissertação em ambiente empresarial. Também quero agradecer a todo o pessoal da *NANTA* em Marco de Canaveses pela amizade e carinho com que me receberam, mostrando-se sempre disponíveis para ajudar e dar a sua opinião naquilo que fosse preciso.

Por último, a aqueles que tornaram isto tudo possível, não medindo esforços para que eu chegasse até aqui, aos meus Pais, à minha irmã e à minha namorada. Obrigado por tudo.

Índice

Resumo	iii
Abstract.....	v
Agradecimentos	vii
Índice.....	ix
Lista de figuras	xiii
Lista de tabelas	xv
Abreviaturas e Símbolos	xvii
Capítulo 1	1
Introdução.....	1
1.1- Enquadramento	1
1.2- Enquadramento Empresarial.....	2
1.2-1. Grupo <i>Nutreco</i>	2
1.2-2. Alimentação Animal <i>NANTA S.A.</i>	3
1.3- Objetivos	4
1.4- Motivação	5
1.5- Metodologia de trabalho.....	5
1.6- Estrutura da Dissertação.....	7
Capítulo 2	9
Revisão Bibliográfica	9
2.1- Logística	9
2.2- Gestão de Stocks	10
2.2-1. Análise ABC	11
2.3- <i>Lean Warehousing</i>	12
2.3-1. Filosofia <i>Lean</i>	12
2.3-2. Os 7 desperdícios	13
2.3-3. Conceito 5S	14
2.3-4. <i>Just-in-Time (JIT)</i>	15
2.4- Métodos de otimização	16
2.4-1. Programação Linear	16
2.4-2. Programação Linear Multicritério	17
2.4-2.1. Método SMARTER	17
2.4-3. Algoritmos Genéticos.....	20
2.5- <i>OpenSolver</i>	21
2.6- Análise de Sensibilidade <i>One-at-a-time</i>	22
2.7- Ferramenta de simulação <i>FlexSim</i>	22
Capítulo 3	25
Análise e Definição do Problema.....	25
3.1- Análise dos Produtos	25
3.2- Análise do Armazém.....	27
3.3- Descrição do Problema.....	29

Capítulo 4	31
Modelo para otimização do local e nível de enchimento	31
4.1- Definição do modelo matemático.....	31
4.1-1. Modelo Inicial.....	31
4.1-2. Considerações adicionais sobre o modelo	37
4.2- Modelo Matemático Final.....	37
4.2-1. Análise Monocritério	39
4.2-1.1. Distância Percorrida	40
4.2-1.2. Dias de Stock	40
4.2-1.3. Custo dos lugares.....	41
4.2-2. Análise Multicritério.....	41
4.3 Implementação com <i>OpenSolver</i>	41
 Capítulo 5	 45
Validação e teste do Modelo PlmcOLE	45
5.1- Cenários de validação e teste	45
5.1-1. Cenário Realista (1)	45
5.1-2. Cenário Experimental (2).....	45
5.2- Simulação e Resultados	46
5.2-1. Cenário Realista (1)	46
5.2-1.1. Zona de Sacos.....	46
5.2-1.1.1. Análise Monocritério	47
5.2-1.1.2. Análise Multicritério	48
5.2-1.1.3. Discussão de Resultados.....	50
5.2-1.2. Zona de Saquetas.....	54
5.2-1.2.1. Análise Monocritério	54
5.2-1.2.2. Análise Multicritério	55
5.2-1.2.3. Discussão de Resultados.....	57
5.2-2. Cenário Experimental (2).....	60
5.2-2.1. Análise Monocritério	61
5.2-2.2. Análise Multicritério	63
5.2-2.3. Discussão de Resultados.....	65
5.3- Análise de Sensibilidade	68
5.4- Análise comparativa com situação atual	71
 Capítulo 6	 73
Conclusões e Trabalhos Futuros.....	73
 Referências	 77
 Anexos	 80
Anexo I - Análise ABC dos produtos.....	81
Anexo II - Distâncias percorridas.....	87
Anexo III - Cenário 1- Zona Sacos: Monocritério - Distância.....	89
Anexo IV - Cenário 1- Zona Sacos: Monocritério - Dias de Stock	91
Anexo V - Cenário 1- Zona Sacos: Multicritério - Pesos iguais	93
Anexo VI - Cenário 1- Zona Sacos: Multicritério - <i>ROC weights</i>	95
Anexo VII - Cenário 1- Zona Saquetas: Monocritério - Distância	97
Anexo VIII - Cenário 1- Zona Saquetas: Monocritério - Custo dos Lugares.....	98
Anexo IX - Cenário 1- Zona Saquetas: Monocritério - Dias de Stock	99
Anexo X - Cenário 1- Zona Saquetas: Multicritério - Pesos iguais.....	101
Anexo XI - Cenário 1- Zona Saquetas: Multicritério - <i>ROC Weights</i>	103

Anexo XII - Cenário 2: Monocritério - Distância	105
Anexo XIII - Cenário 2: Monocritério - Custo de Lugares.....	107
Anexo XIV - Cenário 2: Monocritério - Dias de Stock	109
Anexo XV - Cenário 2: Multicritério - Pesos Iguais	111
Anexo XVI - Cenário 2: Multicritério - <i>ROC Weights</i>	113
Anexo XVII - Localização Atual dos produtos.....	115
Anexo XVIII - Solver	117

Lista de figuras

Figura 1- Grupo Nutreco	2
Figura 2- Nutreco Timeline - Fonte: www.nutreco.com	3
Figura 3- Logo NANTA - Fonte: www.nanta.pt	3
Figura 4- Fábricas da NANTA na península Ibérica - Fonte: www.nanta.pt	4
Figura 5- Curva ABC - Fonte: www.granatum.com.br	11
Figura 6- Problemas detetáveis por redução do inventário - Fonte: [17].....	12
Figura 7- Os 7 desperdícios.....	13
Figura 8 - Fases do método 5S.....	14
Figura 9 - Flowchart da implementação de um Algoritmo Genéticos -	20
Figura 10- Logo da Flexsim- Fonte: www.flexsim.com	22
Figura 11 - Simulação no FlexSim - Fonte: www.flexsim.com	23
Figura 12- Analise ABC	26
Figura 13- Planta do Armazém	27
Figura 14- Planta do armazém com zona A definida	29
Figura 15- Ambiente Gráfico do Solver	42
Figura 16- Layout da solução obtida.....	43
Figura 17- OpenSolver- Definição do Modelo.....	43
Figura 18 - Comparação das análises, Sacos, pesos iguais.....	51
Figura 19- Resultados com os ROC Weights	52
Figura 20 - Comparação das análises, Sacos, ROC weights	52
Figura 21- Comparação das análises: Saquetas, pesos iguais	58
Figura 22- Comparação das análises: Saquetas, ROC Weights	60
Figura 23- Comparação das análises, Saquetas, pesos iguais	66
Figura 24- Comparação das análises, Saquetas, ROC Weights	67
Figura 25- Variação da Distância.....	69
Figura 26- Variação do Custo dos Lugares	69

Figura 27- Variação dos dias de Stock.....	70
Figura 28- Variação das Solução final	70
Figura 29- Comparação com estado atual do armazém.....	71
Figura 30- Comparação de Custos	72

Lista de tabelas

Tabela 1 - Tabela ABC	26
Tabela 2 - Nível de enchimento das zonas	28
Tabela 3- Resumo do Resultado	33
Tabela 4 - Resumo dos Resultados	35
Tabela 5- Resultado sem critério de custos	36
Tabela 6- Resultado com critério dos custos.....	36
Tabela 7- Produtos do Cenário 1- Zona de Sacos.....	47
Tabela 8- Análise Monocritério: Distância	48
Tabela 9- Análise Monocritério: Dias de Stock.....	48
Tabela 10- Matriz das soluções para a Zona de Sacos	48
Tabela 11-Matriz unidimensional para a Zona de Sacos	49
Tabela 12- Análise Multicritério: Pesos iguais	49
Tabela 13- ROC Weights	50
Tabela 14- Análise Multicritério: ROC Weights	50
Tabela 15- Resultados com pesos iguais	50
Tabela 16- Utilidades dos critérios	51
Tabela 17- Utilidades dos critérios	52
Tabela 18- Custos das soluções Cenário Realista (1)- zona sacos	53
Tabela 19-Produtos do Cenário Realista (1)- Zona de Saquetas	54
Tabela 20- Análise Monocritério: Distância	54
Tabela 21- Análise Monocritério: Custo dos Lugares	55
Tabela 22- Análise Monocritério: Dias de Stock	55
Tabela 23- Matriz das soluções para a Zona de Saquetas.....	55
Tabela 24-Matriz unidimensional para a Zona de Saquetas	56
Tabela 25- Análise Multicritério: Pesos iguais	56

Tabela 26- ROC Weights	57
Tabela 27- Análise Multicritério: ROC Weights	57
Tabela 28- Resultados com pesos iguais	58
Tabela 29- Utilidades dos critérios	58
Tabela 30- Resultados com ROC Weights	59
Tabela 31- Utilidades dos critérios	59
Tabela 32- Custos das soluções Cenário 1- Zona Saquetas	60
Tabela 33 - Produtos do Cenário 2.....	61
Tabela 34- Análise Monocritério: Distância	62
Tabela 35- Análise Monocritério: Custo dos Lugares	62
Tabela 36- Análise Monocritério: Dias de Stock	62
Tabela 37- Matriz das soluções para o cenário 2	63
Tabela 38-Matriz unidimensional	63
Tabela 39- Análise Multicritério: Pesos iguais	64
Tabela 40- ROC Weights	64
Tabela 41- Análise Multicritério: ROC Weights	64
Tabela 42- Resultados com pesos iguais	65
Tabela 43- Utilidades dos critérios	65
Tabela 44- Resultados com ROC Weights	66
Tabela 45- Utilidades dos critérios	67
Tabela 46- Custo das Soluções Cenário Experimental (2)	67
Tabela 47- Pesos atribuídos por cada decisor	68
Tabela 48- Soluções obtidas para cada um dos perfis.....	69

Abreviaturas e Símbolos

JIT- *Just-in-Time*

OAT- *One-at-a-time*

PlmcOLE- Programação Inteira MultiCritério para Otimização da Localização e nível de Enchimento

ROC- *Rank Order Centroid*

Capítulo 1

Introdução

Este capítulo efetua a apresentação do trabalho realizado nesta dissertação, do contexto em que a mesma se insere, dos seus objetivos e motivações.

1.1- Enquadramento

A tendência atual no setor de fabrico é tornar a cadeia de abastecimento mais eficiente e eficaz, uma vez que abrange todas as atividades, desde a extração de materiais até ao despacho de produtos acabados. As operações do armazém desempenham um papel crucial na gestão da cadeia de abastecimento. Os registos atuais implicam que o custo das operações do armazém é comparativamente alto devido à existência de muitas atividades que não são de valor agregado. Portanto, existe uma forte inclinação na otimização nas operações do armazém em termos de custo e tempo, eliminando atividades que não agregam valor e otimizando atividades de agregação de valor. [1]

As decisões tomadas para definir o layout do armazém são importantes por três razões básicas: primeiro, requerem investimento, por outro lado, envolvem compromissos de longo prazo e por último possuem um impacto significativo no custo e na eficiência das operações a curto prazo. [2]

A definição do layout pode ser apoiada por modelos matemáticos. É possível encontrar a melhor organização para o armazém em que sejam minimizadas as distâncias percorridas bem como o custo associado a essas mesmas operações. Estes modelos matemáticos podem ser abordados por diferentes métodos, como são exemplo os seguintes:

- Programação linear: [3], [4], [5]
- *Simulated annealing*: [1]
- Algoritmos Genéticos: [6], [7]

1.2- Enquadramento Empresarial

Esta dissertação foi realizada em ambiente empresarial, numa fábrica de produção de ração animal em Marco de Canaveses, chamada “Alimentação Animal *NANTA*, S.A.”.

Fundada em 1968 a *NANTA* faz parte, desde a sua criação em 1994, do Grupo *Nutreco*, companhia global que ocupa posições de liderança a nível mundial em nutrição animal e é o maior produtor mundial de alimentos para aquacultura.

1.2-1. Grupo *Nutreco*



Figura 1- Grupo *Nutreco*

A *Nutreco* é uma empresa internacional, líder na nutrição animal e alimento para peixes, que conta com cerca de 11.000 empregados em 35 países e vendas em 80 países. Foi fundada em 1994 e esteve cotada na Bolsa de Amesterdão de 1997 até Abril de 2015.

A *Nutreco* tem as suas raízes em empresas familiares que operam há muito tempo, incluindo a *Skretting* (fundada em 1899) e a *Trouw* (fundada em 1931). Em meados da década de 1970, várias empresas agro-alimentares e de bens de consumo uniram-se para formar a *BP Nutrition*.

Em 1994, a *Nutreco* foi formada como resultado de integração de vários negócios da *BP Nutrition* ativos em nutrição animal, piscicultura e processamento de carne.

A direção da *Nutreco* seria guiada pela integridade, responsabilidade social, conscientização do cliente e inovação. Esses recursos foram encapsulados na empresa *Nutreco*, que significa Nutrição, Ecologia e Economia.

Em 2005, a *Nutreco* iniciou um processo de transformação estratégica denominado "Reequilibrar para o crescimento", passando de uma empresa integrada, ativa no sector da alimentação, da agricultura e da carne, para uma empresa dedicada à alimentação animal. A atual estratégia da *Nutreco*, "Impulsionar o crescimento sustentável", levou a uma maior concentração nas empresas da pré-mistura, das especialidades da alimentação animal e dos sectores de alimentação aquática. Em 2015, a empresa holandesa de investimentos SHV comprou a *Nutreco*. [8]

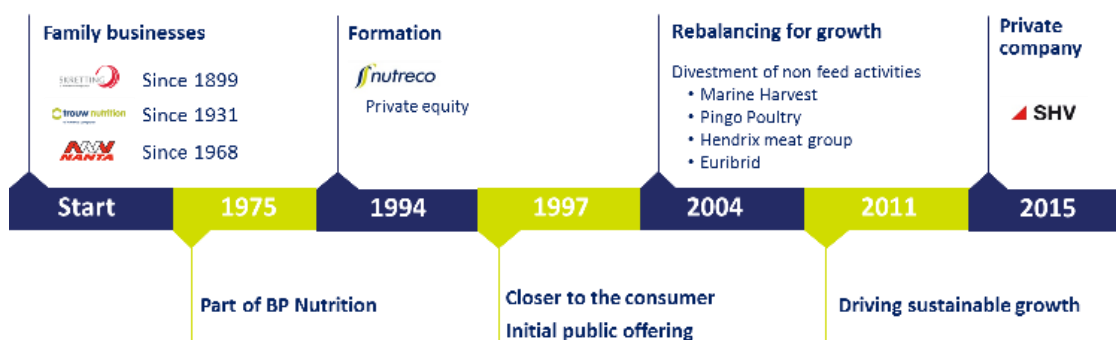


Figura 2- Nutreco Timeline - Fonte: www.nutreco.com

1.2-2. Alimentação Animal NANTA S.A.



Figura 3- Logo NANTA - Fonte: www.nanta.pt

Hoje, a NANTA é a empresa líder de alimentos compostos para animais na Península Ibérica, tanto pelo seu potencial de produção, comercialização e serviço aos seus clientes, como pelo seu compromisso de investigação, desenvolvimento e colocação no mercado de produtos com os mais altos níveis de segurança, rastreabilidade e qualidade.

A NANTA é constituída atualmente por vinte empresas espalhadas pela península ibérica, sendo que dezanove delas se encontram em Espanha e uma em Portugal. [9]



Figura 4- Fábricas da NANTA na península Ibérica - Fonte: www.nanta.pt

A fábrica onde se realizará a dissertação foi adquirida em 1999 por parte da multinacional Holandesa, *Nutreco*, através da empresa Ibérica NANTA, SA.

Hoje em dia com um total de 60 empregados, a fábrica da NANTA em Portugal produz diariamente em média 500 toneladas de ração animal.

1.3- Objetivos

Um armazém bem estruturado deve cumprir os seguintes objetivos, independentemente dos produtos armazenados: [7]

- Maximizar o uso do espaço.
- Maximizar o uso de equipamento e de mão-de-obra
- Maximizar a acessibilidade de todos os produtos
- Maximizar a proteção dos produtos

Embora os objetivos do layout sejam facilmente reconhecidos, os problemas são muitas vezes complicados por uma grande variedade de produtos que precisam de armazenamento, áreas variáveis de espaço necessário, flutuações drásticas na procura do produto, etc.

As abordagens ótimas para este tipo de problemas, geralmente consideram um único objetivo, como por exemplo, maximizar a utilização do espaço, minimizar as distâncias percorridas, reduzir os custos associados a stock, etc.

A NANTA tem como objetivo a redefinição do layout do armazém de produto acabado de modo a agilizar todo o movimento de cargas e organização das mesmas. Pretende-se estudar e avaliar o desempenho do armazém da empresa com base nos dados recolhidos em 2016. Sendo que os objetivos propostos são os seguintes:

- Reduzir horas de serviço e distâncias percorridas pelos empilhadores
- Otimizar o tempo de carga e diminuição de stock em armazém

Nesta dissertação será estudada uma abordagem considerando mais do que um critério a otimizar. O objetivo será então formular e validar, com base nos dados de 2016, um modelo matemático que otimize simultaneamente critérios como a distância percorrida nas operações do armazém, o espaço global utilizado e a quantidade de cada tipo de produto em armazém.

1.4- Motivação

O tema desta dissertação incide numa importante etapa da cadeia de abastecimento de qualquer empresa, na gestão de armazém.

Em vários casos, a gestão de armazém tem um forte impacto na economia de uma empresa. É uma atividade que consome tempo e envolve custos, mas não é uma atividade que adicione valor ao produto. Por esta razão, a alocação de produtos acabados dentro das áreas de armazenamento é aqui abordada como uma atividade crítica e é profundamente analisada para alcançar uma alocação efetiva dos produtos acabados.

As empresas, cada vez mais, procuram formas de se manterem competitivas, adaptando a sua estratégia às constantes mudanças do mercado. Empresas como a *NANTA*, inseridas no setor agro-alimentar, apesar de seguirem uma filosofia *Just-in-Time*, dependem fortemente de um armazém de produto acabado bem gerido. Este espaço é de elevada importância em toda a logística da empresa, tal como uma correta gestão de armazéns é uma mais valia na cadeia de abastecimento de qualquer organização. No final das contas, uma empresa que dependa de produção não pode sobreviver sem um bom sistema de gestão assente numa melhoria contínua.

Pretende-se assim estudar o layout do armazém do produto acabado por forma a definir os locais ótimos de armazenamento de cada referência mediante a frequência de saída dos mesmos e da sua capacidade de armazenamento aplicando uma metodologia *Lean*.

Com base nos dados de 2016, o armazém alojou cerca de 268 referências diferentes, totalizando cerca de 49 000 toneladas vendidas, num armazém com 3000m², com a ajuda de 6 empilhadoras e 12 operadores. Daí ser importante categorizar cada um dos produtos consoante a sua rotatividade para aloca-los da melhor forma, tendo em atenção às restrições impostas pelo armazém de forma a também otimizar o seu nível de enchimento.

1.5- Metodologia de trabalho

A metodologia de trabalho seguida na dissertação foi organizada em 4 fases.

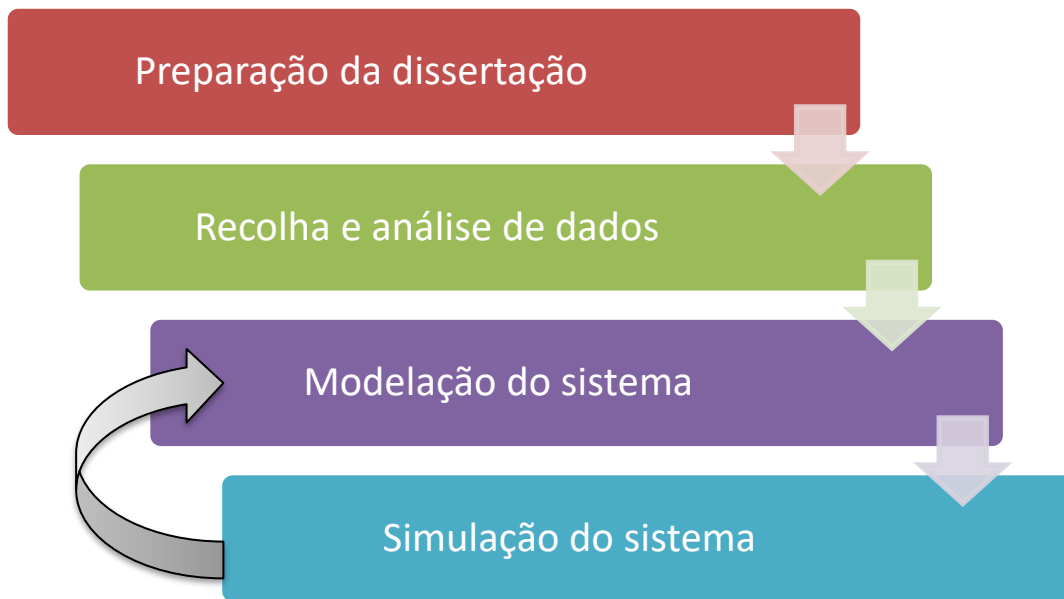


Figura 4- Fases do Plano de Trabalho

A primeira fase da dissertação consistiu na unidade curricular “Preparação da Dissertação” onde foi efetuada uma revisão da literatura e o levantamento do estado da arte do problema a tratar. Foi estabelecido um plano de trabalho com as tarefas da dissertação a desenvolver, explicitando o problema a tratar, os objetivos, os métodos de abordagem, tecnologias e ferramentas que se poderiam usar.

Após o início do trabalho presencial na empresa, deu-se início à fase de recolha de dados, onde foram recolhidos os dados necessários para formulação do problema como:

- Plantas do armazém
- Produtos existentes
- Disposição atual dos produtos
- Cálculo do espaço percorrido por cada empilhador

Nesta fase inicial foi também importante analisar o funcionamento logístico da empresa e o seu estado atual em termos operacionais. Após a recolha dos dados foi realizada uma análise ABC aos produtos com o objetivo de os categorizar face à sua rotatividade. Foram catalogados e calculados os espaços de armazenagem quanto às distâncias percorridas pelos empilhadores e à sua capacidade de armazenagem.

Dando como concluída a fase de recolha e análise de dados, foi dado início ao desenvolvimento de um sistema analítico de forma a conseguir uma solução para o problema proposto face às condições e restrições impostas.

Após a formulação matemática do sistema, deu-se início à ultima fase de testes e simulações das soluções obtidas, através de vários cenários para testar a robustez do modelo, com a ajuda de ferramentas de otimização para a resolução do mesmo. Com estes testes e

simulações foi possível ir otimizando o sistema de forma a obter-se melhores resultados, voltando à fase anterior, reescrevendo o modelo matemático e simulando-o com o objetivo de alcançar melhores resultados.

1.6- Estrutura da Dissertação

A presente dissertação está dividida em seis capítulos que serão descritos a seguir:

Capítulo 1- é feita uma pequena introdução à empresa onde decorrerá a dissertação, bem como uma introdução ao seu tema, aos objetivos e à motivação da sua escolha. É também descrito o método de trabalho utilizado durante a realização da dissertação e de como está estruturada.

Capítulo 2- é apresentada uma revisão teórica sobre os assuntos a serem abordados na realização desta dissertação. Serão abordados temas como logística, gestão de stocks, filosofia *lean*, programação linear e análise multicritério.

Capítulo 3- apresenta a análise dos dados recolhidos para a realização desta dissertação. Neste capítulo é ainda descrito detalhadamente o problema a tratar bem como as condições inerentes e as suas restrições.

Capítulo 4- Neste capítulo está descrito o modelo matemático que é utilizado para resolver o problema em questão. São apresentadas as considerações a se ter na formulação do problema, bem como as suas justificações. As variáveis, restrições e as funções que se pretendem otimizar serão descritas neste capítulo.

Capítulo 5- Este capítulo descreve os cenários a testar com o modelo matemático descrito no capítulo anterior. Serão então apresentadas os testes realizados e a análise dos resultados obtidos. É realizada ainda uma análise de sensibilidade para uma melhor justificação dos resultados.

Capítulo 6- Apresenta a conclusão do trabalho, apresentado as suas limitações bem como sugestões para trabalhos futuros.

Capítulo 2

Revisão Bibliográfica

Neste capítulo é apresentada a recolha bibliográfica efetuada, que sustenta a dissertação em questão e na qual foram baseadas as análises aos problemas detetados e as soluções propostas.

2.1- Logística

Uma das maiores organizações mundiais da área da logística, o *Council of Supply Chain Management Professional*, define logística ou gestão logística como a parte da cadeia de abastecimento que é responsável por planear, implementar e controlar o eficiente e eficaz fluxo direto e inverso e as operações de armazenagem de bens, serviços e informação relacionada entre ponto de origem e o ponto de consumo de forma a ir ao encontro dos requisitos/necessidades dos clientes. [10]

Entenda-se então, que a logística diz respeito à criação de valor tanto para clientes e fornecedores, bem como para os acionistas da empresa. O seu valor é expresso em termos de tempo e lugar. Produtos e serviços não têm valor a menos que estejam sob a posse do cliente, quando e onde eles desejam consumi-los. Com efeito, a missão da logística é dispor a mercadoria ou o serviço certo, no lugar certo, no tempo certo e nas condições desejadas, ao mesmo tempo que fornece a maior contribuição à empresa. [2]

No contexto atual, a cadeia logística ganha cada vez mais relevância devido a um conjunto de fatores, dos quais se destacam a globalização da economia, as rápidas alterações dos mercados e as pressões contínuas para melhorar os níveis de serviço a clientes ao mesmo tempo que se procura a redução de custos. Assim sendo, a logística cada vez mais pode ser vista como um fator estratégico de competitividade, sendo que primar pela sua excelência pode trazer grandes vantagens competitivas à empresa, conduzindo a um excelente compromisso entre custos, prazos e qualidade. [11]

2.2- Gestão de Stocks

Gestão de *Stocks* tem por objetivo determinar quais os artigos que devem existir em *stock*, quando estes devem ser encomendados ou fabricados e de quanto deve ser a respetiva encomenda ou ordem de fabrico. De facto, a minimização do *stock* é preponderante nas organizações principalmente pelos custos que este representa. Tais custos estão relacionados com o aprovisionamento de materiais, com a rutura de *stock* que pode guiar à perda de vendas e com o próprio custo de oportunidade do capital empregue e imobilizado. [12]

Numa empresa existe vários tipos de *stocks*, sendo os principais:

- Matérias primas
- WIP (*work in progress*), que correspondem aos produtos que ainda se encontram em transformação dentro da empresa
- Produtos acabados
- Consumíveis

Sendo que nesta dissertação, o tema incide sobre o estudo do armazém do produto acabado, é importante referir que é necessária uma boa gestão do mesmo para garantir um bom nível de serviço aos clientes. Cobrindo situações de flutuação de procura de modo a não haver rutura de fornecimento ou de falhas de produção.

A gestão de *stocks* tem diversos custos associados, sendo o seu objetivo a minimização dos mesmos. Esses custos podem ser [2]:

- Custos de aprovisionamento
- Custos associados à existência de *stock*
- Custos associados à rutura de *stocks*

Para combater estes custos, existem diversos modelos de gestão de *stocks*. Para decidir qual o modelo de gestão de *stocks* que deve ser aplicado é necessário avaliar o comportamento da oferta e da procura. [2][11]

Esses modelos podem ser divididos em dois grandes grupos:

- Modelos Determinísticos, sendo alguns exemplos como:
 - Modelo da quantidade económica de encomenda
 - Modelo da quantidade económica com descontos de quantidade
 - Modelo da quantidade económica de encomenda sem reposição instantânea
- Modelos estocásticos
 - Modelo de revisão periódica
 - Modelo de revisão contínua

Apesar da gestão de *stocks* ser uma parte importante da cadeia de abastecimento, e no caso concreto, da gestão de um armazém, nesta dissertação o que se pretende não passa

diretamente pela redução dos custos de stocks, mas sim, pela redução das distâncias percorridas e pela utilização do armazém, não sendo assim aplicado a gestão de stocks.

2.2-1. Análise ABC

A análise de Pareto, ou análise ABC, é baseada no teorema do economista Vilfredo Pareto, na Itália, no século XIX, num estudo sobre a renda e riqueza, ele observou uma pequena parcela da população, 20%, que concentrava a maior parte da riqueza, 80%.

A análise ABC, é uma técnica que serve para classificar o stock com base na sua importância. É um método muito útil visto que a importância de cada artigo é fundamental na determinação dos níveis de stock e na escolha do tipo de modelo de gestão de stocks a implementar. [13] [10]

Sendo assim, os itens são classificados em 3 classes:

- **Classe A:** compreenderá cerca de 20% dos artigos que representam aproximadamente 80% da faturação total. São os artigos mais importantes pela sua elevada procura e/ou valor monetário.
- **Classe B:** compreenderá cerca de 30% dos artigos que representam 15% da faturação total
- **Classe C:** compreenderá cerca de 50% dos artigos que representam aproximadamente 5% da faturação total. São produtos que são pouco relevantes em termos financeiros, mas que representam um elevado número.

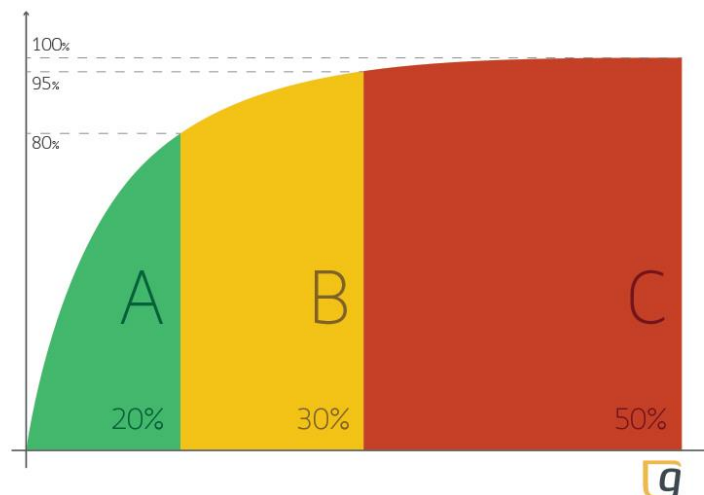


Figura 5- Curva ABC - Fonte: www.granatum.com.br

Estas classes não são uma regra matematicamente fixa, pois podem variar de organização para organização nos percentuais descritos. A definição das classes A, B e C obedece apenas a critérios de bom senso e conveniência dos controlos a serem estabelecidos definidos pelos gestores.

No que diz ainda respeito à análise ABC, esta pode ainda ser utilizada para analisar a dependência ou risco face a um cliente. Consiste em ordenar os clientes por ordem decrescente da sua contribuição para a empresa, de modo a se poder segmentar por grau de dependência, de risco ou ainda por outro critério a definir. [14]

2.3- Lean Warehousing

2.3-1. Filosofia Lean

O conceito tem origem no Japão e foi sendo desenvolvido e posto em prática entre 1948 e 1975 pela empresa automóvel *Toyota Motor Company* como uma abordagem técnico-social à gestão dos processos de trabalho, denominada *Toyota Production System* - TPS. [15]

Os resultados obtidos pelo TPS foram de tal forma positivos que diversas empresas, de diferentes setores industriais, adotaram este sistema de produção, tendo o seu nome mudado de *Toyota Production System* para JIT e posteriormente para *lean production*.

A filosofia *lean* tem como objetivo eliminar todos os tipos de desperdício existentes numa empresa/fábrica. Esta filosofia não tem fim, sendo contínua, cíclica e ambicionando a perfeição. [16]

Para identificar os desperdícios é fundamental reduzir os níveis de inventários de forma a visualizar os diferentes tipos de problemas. É o reconhecimento destes mesmos problemas que permitem uma empresa/fábrica tornar-se eficiente e competitiva. [17]

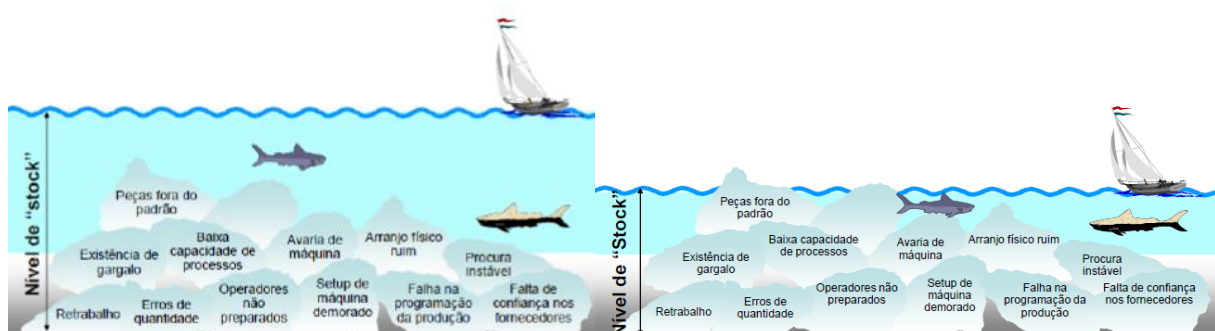


Figura 6- Problemas detetáveis por redução do inventário - Fonte: [17]

2.3-2. Os 7 desperdícios

Idealizado com base numa filosofia JIT, o sistema foca na redução dos chamados sete grandes desperdícios de modo a melhorar, de forma geral, o valor do produto atribuído pelo consumidor. Define-se que desperdício é tudo aquilo a mais do que o mínimo necessário de equipamento, materiais e mão de obra que são essenciais para a produção de algo. Assim, desenvolvendo a definição, identificou-se sete tipos de desperdícios a serem eliminados, sendo eles [18]:

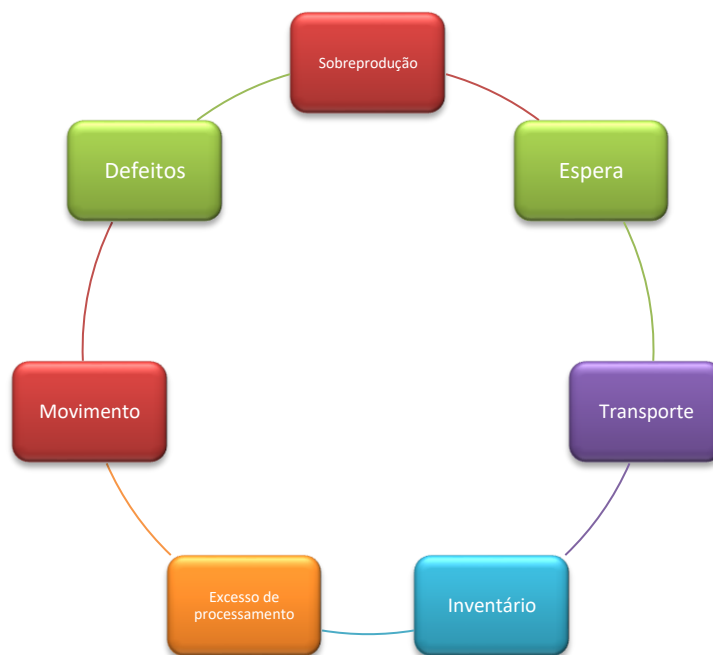


Figura 7- Os 7 desperdícios

- **Sobreprodução**: a falta de planeamento ou a falta de produzir de acordo com a procura do mercado, levam empresas a produzir em excesso.
- **Espera**: tempo de espera afeta tanto operadores como produtos, que poderia ser aproveitado para outras tarefas.
- **Transporte**: quando existem produtos em movimento significa que não lhes está a ser acrescentado valor, sendo que assim, o transporte em si, é considerado um desperdício.
- **Inventário**: o excesso de stock em inventário implica o aumento do custo de armazenamento.
- **Excesso de processamento**: situações com soluções demasiado complexas em que não é acrescentado valor no ponto de vista do cliente.

- **Movimento:** a mão-de-obra deve acrescentar valor aos produtos. Se essa mão-de-obra é obrigada a movimentar-se sem acrescentar valor, isso representa um custo para a empresa.
- **Defeitos:** erros nos produtos, documentos ou na entrega implicam perda de qualidade e de custos.

Moniz [17], ainda define mais um tipo de desperdício: a subutilização de empregados. O facto de a empresa não saber aproveitar o conhecimento e a criatividade de seus funcionários impede os esforços a longo prazo para eliminar o desperdício.

2.3-3. Conceito 5S

O conceito 5S é uma ferramenta para o aperfeiçoamento contínuo dos processos de gestão *lean*, cuja tarefa é criar um ambiente de trabalho altamente eficiente, limpo e ergonómico. É uma coleção de 5 regras simples e ao mesmo tempo é uma ferramenta que permite controlar o local de trabalho visualmente. A ferramenta 5S é originária da filosofia japonesa, ou seja, dos cinco elementos básicos do sistema: *Seiri* - Organização, *Seiton* - Arrumação, *Seiso* - Limpeza, *Seiketsu* - Normalização e *Shitsuke* - Disciplina. [19]

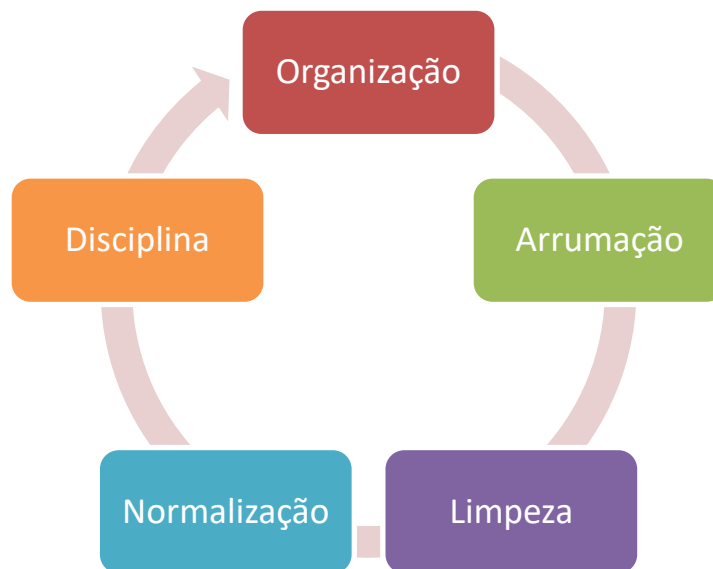


Figura 8 - Fases do método 5S

O método 5S é um conjunto de técnicas destinadas a criar e manter estações de trabalho limpas e de alto desempenho. O 5S refere-se aos cinco passos necessários para implementar plenamente todas as suposições do método:

Organização: é a base para o padrão que segue o princípio: “Apenas o que é necessário, nas quantidades necessárias apenas, e apenas quando necessário”. Assim remove-se do local de trabalho quaisquer itens desnecessários para executar a operação atual.

Arrumação: é um meio pelo qual se mantém todo o equipamento em ordem de modo a garantir o seu fácil acesso. “Um local para cada coisa, cada coisa no seu local”

Limpeza: A terceira fase do 5S passa pela limpeza. É necessário manter o ambiente de trabalho permanentemente limpo, inspecionando o equipamento para criar um ambiente de trabalho amigável e seguro, reduzindo assim o risco de falha de equipamento e de erros humanos.

Normalização: Nesta fase deverão ser definidas regras de como deverá ser feita a gestão do local de trabalho de forma a garantir boas condições na área de trabalho.

Disciplina: é uma fase contínua, agindo em conformidade com determinados procedimentos. As tarefas previamente iniciadas devem ser constantemente melhoradas. Deve-se assim controlar se o processo está a ser executado como definido, garantindo assim boas práticas laborais.

2.3-4. *Just-in-Time* (JIT)

Como falado anteriormente, o conceito de *Just-in-Time*, ou apenas JIT, surgiu do *Toyota Production System* - TPS. Sendo uma das técnicas mais influentes do TPS, o conceito JIT tem como objetivo reduzir os tempos de entrega de artigos ao cliente final a partir de uma integração de todos os processos envolvidos para a produção dos mesmos, reduzindo assim o *lead time*. A integração desses processos é realizada de forma a que se produza de acordo com a necessidade do mercado, não produzindo assim para inventário. [15]

São ainda definidas quatro principais vantagens desta técnica:

1. Redução dos níveis de inventário
2. Redução do capital investido em inventário
3. Aumento da flexibilidade e capacidade de adaptação às flutuações da procura
4. Redução do *lead time*

Com a introdução desta abordagem, as produções das empresas passam a ser realizadas com base em sistemas *pull*. Isto é, o consumidor passa a ser o responsável pelas ordens de fabrico, ou seja, a produção é puxada pela procura do mercado.

Enquanto que num sistema *push*, que era o tipo de sistema utilizado antes da introdução dos conceitos *lean* e *just-in-time*, a produção era realizada com base em previsões de consumo

sendo depois os produtos empurrados para o mercado. Este tipo de sistema obrigava as empresas a produzir para inventário, retirando flexibilidade de produção, e um aumento em capital retido em armazém.

Sendo assim, com um modelo JIT, foi possível as empresas melhorar o seu sistema de produção, desde a redução de inventário, que permitiu uma maior flexibilização e capacidade de adaptação a flutuações, diminuindo assim o capital retido em armazém e em produção de material obsoleto sem procura no mercado.

2.4- Métodos de otimização

2.4-1. Programação Linear

Programação linear é o nome de um ramo matemático que lida com a resolução de problemas de otimização de uma forma particular. Os problemas de programação linear consistem numa função objetivo linear (constituída por um certo número de variáveis) que deve ser minimizada ou maximizada sujeita a um certo número de restrições. As restrições são desigualdades lineares das variáveis utilizadas na função objetivo. [20]

A programação linear é a técnica de otimização mais útil para a solução de problemas de engenharia. O termo "linear" implica que a função objetivo e as restrições são funções "lineares" de variáveis de decisão "não-negativas". Sendo assim, as condições de problemas LP são:

1. A função objetivo deve ser uma função linear das variáveis de decisão
2. As restrições devem ser a função linear das variáveis de decisão
3. Todas as variáveis de decisão devem ser não negativas

Este método de otimização passou a ser bastante utilizado após a invenção do simplex por Dantzig em 1947. Historicamente, o desenvolvimento da programação linear é impulsionado pelas aplicações em economia e administração. Dantzig desenvolveu inicialmente o método simplex para resolver os problemas de planeamento da Força Aérea dos EUA, e os problemas de planeamento e programação ainda dominam as aplicações da programação linear. Uma razão pela qual a programação linear é um campo relativamente novo é que somente os menores problemas de programação linear podem ser resolvidos sem a ajuda de programas computacionais. [20]

2.4-2. Programação Linear Multicritério

No início da década de 70, os investigadores começaram progressivamente a aperceber-se que para melhorar o contributo da investigação operacional em muitos problemas reais, teriam que ser considerados modelos com vários critérios. Esta evolução deve-se ao facto de a realidade ser multidimensional e conseqüentemente muitos problemas concretos da sociedade serem naturalmente marcados por múltiplos critérios, geralmente conflituosos entre si. [21]

Os métodos e os procedimentos através dos quais os critérios múltiplos possam ser formalmente incorporados num processo analítico inserem-se num campo geral de conhecimento, originalmente denominado “*Multiple Criteria Decision Making*”. Este campo subdivide-se em duas classes distintas. Uma é a análise multiatributo (*Multiattribute Decision Analysis*) e a outra, é a otimização (ou programação matemática) multicritério ou multiobjectivo (*Multiple Objective Mathematical Programming*). A análise multiatributo é, na maior parte das vezes, aplicada a problemas com um pequeno número de alternativas explicitamente conhecidas. Um exemplo típico é o problema de decisão que consiste na escolha e compra de uma habitação própria, de entre as alternativas disponíveis no mercado imobiliário, em que a localização, o preço, o número de assoalhadas, etc., são os critérios (atributos) a considerar. Por outro lado, a programação matemática multiobjectivo é aplicada a problemas em que as alternativas admissíveis são implicitamente definidas por um conjunto de restrições e, geralmente, sendo em número demasiado elevado para que todas possam ser analisadas individualmente.

Um problema de otimização multicritério é, do ponto de vista meramente matemático, mal definido, pois a ideia de solução ótima, tal como a conhecemos nos problemas com um único objetivo, deixa de fazer sentido. Na otimização com vários objetivos raramente existe uma solução admissível que optimize todos os critérios em simultâneo. Se esta existir, então o problema é trivial uma vez que não existe conflito entre os critérios e a solução é ótima.

Uma aplicação prática de análise multicritério pode ser visualizada no trabalho de Giacón [22], em que é proposta uma abordagem em programação linear aliada à análise de valor multicritério para seleção de fornecedores de embalagens. Apesar do problema tratado não ser na otimização de armazém, é possível visualizar os benefícios deste tipo de análise para atingir os objetivos propostos nesta dissertação de otimizar um armazém.

2.4-2.1. Método SMARTER

Em problemas multicritério é normal que os vários critérios não sejam equiparáveis entre si, fazendo com que os dados tenham de sofrer algumas transformações para se poder comparar

resultados e atribuir pesos aos diferentes critérios. Para isto, será usado neste estudo o método SMARTER descrito por Edwards e Barron [23], baseado nos passos do artigo Lopes e Almeida [24].

O SMARTER, diminutivo para *Simple Multi-Attribute Rating Technique using Exploiting Rankings* foi proposto por Edwards e Barron [23] para obtenção da utilidade multiatributo que busca estabelecer uma pré-ordem completa entre as alternativas. Após a ordenação dos critérios, utilizam-se valores pré-determinados denominados *ROC weights (Rank Order Centroid weights)* para os pesos, simplificando a obtenção das utilidades multiatributo como veremos nos passos seguintes baseados em Lopes e Almeida [24].

Passo 1: Objetivos e decisores

Identificar o objetivo da obtenção dos valores, assim como o indivíduo, organização ou organizações cujos valores devem ser obtidos.

Passo 2: Árvore de Valor.

Obter uma hierarquia dos objetivos ou árvore de valores ou descrever uma lista de atributos potencialmente relevantes aos propósitos da obtenção dos valores de cada decisor ou grupo de decisores.

Passo 3: Opções de avaliação.

As opções são alternativas e suas consequências. Se os objetivos não especificaram as opções de avaliação, utilizar a estrutura de atributos definidas no passo 2 para criá-los.

Passo 4: Matriz opções x atributos.

Formular uma matriz para avaliação de opções por atributos. Os dados de entrada devem ser os resultados relacionados com utilidades ou valores. Os resultados não precisam ser utilidades unidimensionais numa escala cardinal. Neste estudo, para a realização desta matriz será feita uma análise monocritério dos vários atributos a se considerar.

Passo 5: Opções dominadas.

Eliminar opções dominadas. Dominância geralmente pode ser reconhecida por inspeção visual. As opções dominadas devem ser eliminadas. O número de opções será reduzido, mas a escala de atributos não deve ser afetada. Se a opção dominada eliminada afetar a escala de atributos, será necessário analisar se o atributo é digno de ser considerado. Se não for retorna-se ao passo 2 para eliminá-lo.

Passo 6: Utilidades unidimensionais.

Reformular as entradas da matriz de opções x atributos para utilidades unidimensionais. Para isto será utilizada uma escala de, por exemplo, 0 a 1, em que 0 e 1 serão atribuídos aos piores e melhores resultados, respetivamente, de cada atributo, e calcular-se-á os restantes valores com base nesse intervalo.

Passo 7: Ordenação de atributos.

Pergunta-se ao decisor: “Caso existisse uma alternativa que tivesse o pior resultado para todos os critérios analisados. Dada a oportunidade de trocar apenas a avaliação numa das dimensões do pior valor para o melhor dentre as alternativas, em qual dimensão se melhoraria?”. Continua-se até que todas as dimensões sejam ordenadas.

Passo 8: Definição do valor dos pesos

Sendo w_k , o peso dos atributos, se $w_1 \geq w_2 \geq \dots \geq w_k$, então:

$$w_1 = \frac{(1 + 1/2 + 1/3 + \dots + 1/k)}{k}$$

$$w_2 = \frac{(0 + 1/2 + 1/3 + \dots + 1/k)}{k}$$

$$w_3 = \frac{(0 + 0 + 1/3 + \dots + 1/k)}{k}$$

Mais genericamente, se k é o número de atributos, então o peso do k -ésimo atributo é:

$$w_k = \frac{1}{k} \sum_{i=1}^k \frac{1}{i}$$

Estes pesos são identificados como *ROC weights*. Os *ROC weights* conduzem a identificação da melhor opção entre 75 a 87% das vezes, dependendo dos detalhes da simulação. A perda no valor da utilidade global é abaixo de 2%. Após esta definição dos pesos será possível então fazer uma análise multicritério do sistema de forma a tentar arranjar uma solução que favoreça todos os atributos.

Para calcular as utilidades das várias opções utiliza-se a expressão:

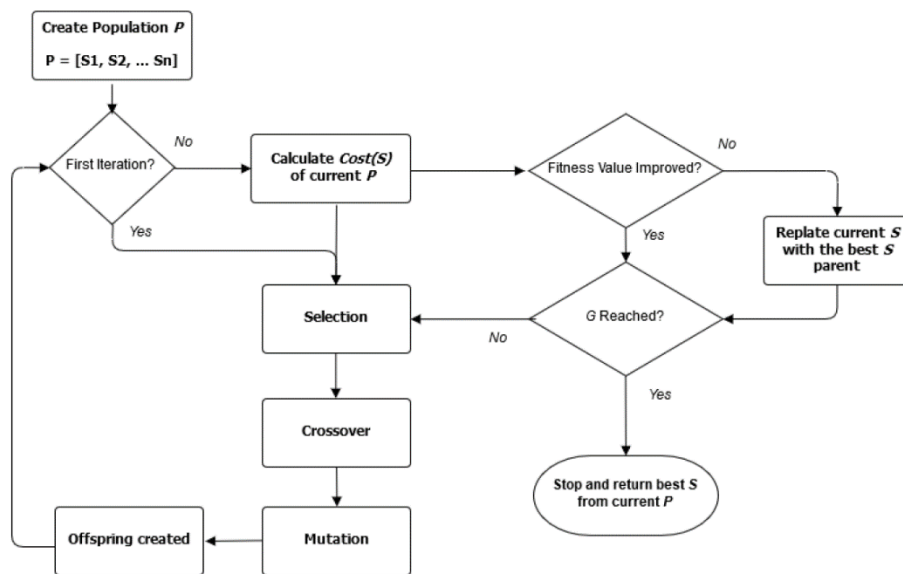
$$U = \sum_k w_k u_k$$

Passo 9: Análise dos resultados

A melhor alternativa será aquela que obtiver o maior valor de utilidade global U . Caso exista outra unidade a ser instalada, deve-se retomar o passo 2 do SMARTER, e estruturar o problema em função da primeira alternativa escolhida.

2.4-3. Algoritmos Genéticos

Algoritmos Genéticos é uma técnica de otimização robusta e efetiva inspirada nos mecanismos de evolução genética natural. Eles são caracterizados por uma busca paralela do espaço da solução ao contrário da busca ponto-a-ponto das técnicas de otimização convencionais. A procura paralela é alcançada mantendo um conjunto de possíveis soluções denominado população. Um indivíduo na população é uma cadeia de símbolos e é uma representação abstrata da solução. Os símbolos são denominados genes e cada cadeia de genes é um cromossoma. Os indivíduos na população são avaliados por uma medida de aptidão (*fitness*). O funcionamento deste algoritmo pode ser decomposto nas etapas de inicialização, avaliação, seleção, cruzamento, mutação, atualização e finalização. [25]



**Figura 9 - Flowchart da implementação de um Algoritmo Genéticos -
Fonte: “A Facility Layout Planner Tool Based on Genetic Algorithms”[26]**

O algoritmo começa com um conjunto inicial de soluções aleatórias, que constitui a população. O tamanho da população P corresponde ao número de soluções geradas, ou também conhecido como cromossomas. Cada solução é avaliada de acordo com uma função de aptidão predefinida. A função de aptidão corresponde à função de otimização, neste caso, o custo total do problema que se quer resolver. Os cromossomos evoluem através de sucessivas iterações, conhecidas como gerações. Cada geração é representada por uma nova população, a maioria das vezes diferente da anterior. Estas novas populações não são geradas aleatoriamente. Em vez disso, os cromossomas que fazem parte da população atual são selecionados, fundidos e modificados usando operadores genéticos, como seleção, cruzamento e mutação, para gerar novos. A nova população é chamada de descendentes. O cromossoma de cada descendente será

comparado aos "pais", a fim de determinar se o valor da aptidão foi melhorado. Se verdadeiro, o descendente substitui o "pai" na nova população. Caso contrário, o descendente será descartado e o pai será parte da nova população, assegurando que as soluções geradas sejam sempre melhores do que os "pais". O procedimento é iterativo até que seja atingido um objetivo específico, como o número máximo de gerações. [26]

2.5- *OpenSolver*

O *OpenSolver*, desenvolvido por Mason, é um suplemento para o Microsoft Excel que utiliza o "COIN-OR CBC optimization engine" para rapidamente resolver grandes problemas de programação inteira. [27]

Computational Infrastructure for Operations Research (COIN-OR) [28], é um projeto que visa "criar para o software matemático o que a literatura aberta é para a teoria matemática". A literatura aberta (por exemplo, uma revista de pesquisa) fornece à comunidade de pesquisa de operações um processo de revisão por pares e um arquivo. Artigos em revistas de pesquisa de operações sobre teoria matemática geralmente contêm resultados numéricos de apoio de estudos computacionais. As implementações de software, modelos e dados usados para produzir os resultados numéricos normalmente não são publicados. O status quo impediu os pesquisadores que precisavam reproduzir resultados computacionais, fazer comparações justas e estender o estado da arte.

O sucesso do Linux, Apache e outros projetos popularizou o modelo de código aberto de desenvolvimento e distribuição de software. Um grupo da IBM Research propôs o código aberto como um meio análogo e viável para publicar software, modelos e dados. COIN-OR foi concebido como uma iniciativa para promover o *open source* na comunidade de pesquisa de operações computacionais e para fornecer os recursos on-line e serviços de hospedagem necessários para permitir que outros executem seus próprios projetos de software *open source*.

O site COIN-OR foi lançado como uma experiência em 2000, em conjunto com o 17º Simpósio Internacional de Programação Matemática em Atlanta, Geórgia. Em 2007, COIN-OR tinha 25 projetos de aplicação, incluindo ferramentas para programação linear (por exemplo, COIN-OR CLP [29]), programação não linear (por exemplo, IPOPT [30]), programação inteira (por exemplo, CBC [31] [27], Bcp [32]), linguagens de modelagem algébrica e muito mais. Em 2011, esse número tinha crescido para 48 projetos. COIN-OR é hospedado pelo *Institute for Operations Research and the Management Sciences*, INFORMS, e gerido pela fundação educacional sem fins lucrativos, COIN-OR Foundation. [28]

A biblioteca a usar será a COIN-OR *branch and cut* (CBC) que está inserida no programa *OpenSolver*. Este programa é um solver de programação inteira mista *open source* escrito em C++, que pode ser usado como suplemento no excel. [27]

2.6- Análise de Sensibilidade *One-at-a-time*

A análise de sensibilidade é o estudo de como a incerteza na saída de um modelo, ou sistema matemático, pode ser dividido em diferentes fontes de incerteza nas suas entradas. O processo de recalculando resultados sobre premissas alternativas para determinar o impacto de uma variável, pode ser útil para uma variedade de propósitos, como por exemplo, testar a robustez de um sistema ou modelo matemático, melhor compreensão entre as relações das variáveis de entrada e de saída ou até simplificação do modelo através da identificação de entradas que não tem nenhum efeito na saída. [33]

Uma das abordagens mais simples e comuns é a *One-at-a-time* (OFAT ou OAT), alterando um fator de cada vez para ver o efeito que isso produz na saída. Normalmente, o OAT envolve mover uma variável de entrada, mantendo os outros fatores nos seus valores nominais, retornando a variável ao seu valor nominal e repetindo para cada uma das outras entradas. A sensibilidade pode então ser medida monitorando mudanças na saída. É abordagem lógica, pois qualquer alteração observada na saída será inequivocamente devido à única variável alterada. Além disso, mudando uma variável de cada vez, pode-se manter todas as outras variáveis fixadas nos seus valores nominais, aumentando a comparabilidade dos resultados. [34]

2.7- Ferramenta de simulação *FlexSim*

A modelação e simulação de sistemas têm desempenhado um papel cada vez mais importante no desenvolvimento de projetos de otimização. A abordagem por simulação tem provado ser uma ferramenta de apoio à decisão amplamente aceite. Esta abordagem pode ser utilizada para avaliar vários tipos de situações, como reconfiguração de layouts, introdução de novos produtos e máquinas, etc.

Uma ferramenta que provou ser eficaz na simulação de sistemas para avaliar o seu desempenho, é o software de simulação *FlexSim*, da *FlexSim Software Products, Inc.* [35]



Figura 10- Logo da Flexsim- Fonte: www.flexsim.com

Flexsim é uma ferramenta de análise que ajuda nas tomadas de decisões do projeto e operação de um sistema. Com o *Flexsim*, é possível desenvolver um modelo em 3 dimensões de um sistema real. [35]

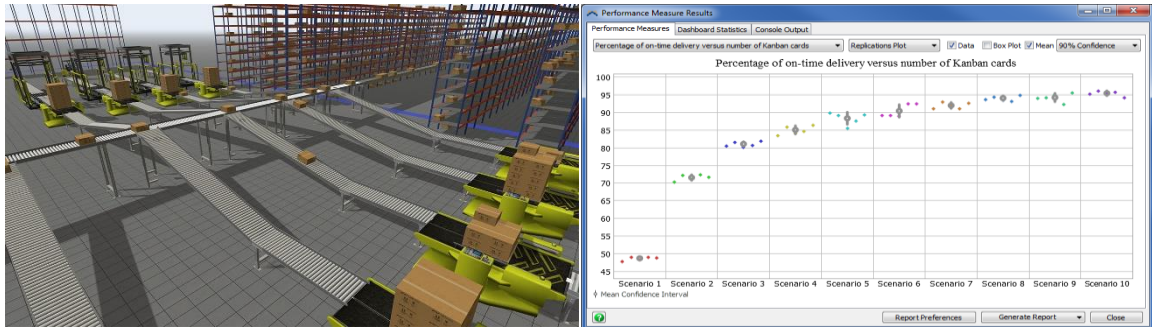


Figura 11 - Simulação no FlexSim - Fonte: www.flexsim.com

Com a animação gráfica objetiva e os relatórios de desempenho do *Flexsim*, é possível identificar problemas e avaliar soluções alternativas num curto espaço de tempo. Fornece a possibilidade de fazer um modelo de um sistema antes de ser construído, ou avaliar as políticas operacionais antes de serem colocadas em operação, evitando assim muitos dos problemas que são comuns na implementação de um novo sistema. Constituindo assim uma ferramenta versátil usada para fazer modelos de simulação de uma variedade de sistemas, a partir de diversas indústrias. *Flexsim* é usado por pequenas e grandes empresas com igual sucesso, como é o caso da *General Mills*, *Chrysler*, *Volvo*, *Coca-Cola Company*, *DHL*, *FIAT*, *Volkswagen*, *Michelin*, *FedEx*, *Ford*, entre outras. [35]

Capítulo 3

Análise e Definição do Problema

Este capítulo apresenta o contexto do trabalho da dissertação, descrevendo não só o armazém que se pretende otimizar, mas também os dados recolhidos que refletem o seu funcionamento ao longo do ano de 2016.

3.1- Análise dos Produtos

A primeira análise de dados realizada foi sobre os produtos fabricados na *NANTA*. Foi necessário efetuar uma filtragem dos produtos a estudar devido à fábrica não produzir exclusivamente para armazém. Em armazém apenas se encontra produto acabado ensacado e disposto em paletes. A maior parte da produção da *NANTA* é ração a granel, em que é armazenada em silos existentes na fábrica e carregada diretamente para camiões graneleiros.

Efetuada a filtragem de ração de granel, foram contabilizadas 268 referências de produtos vendidos no ano de 2016, totalizando quase 49 000 toneladas de ração vendidas em saco. Com estes dados foi então feita uma análise ABC de forma a classificar os produtos pelo seu grau de rotatividade. A tabela detalhada pode ser visualizada no Anexo I.

Resumidamente pode ser visto o gráfico gerado pela análise ABC na figura seguinte.

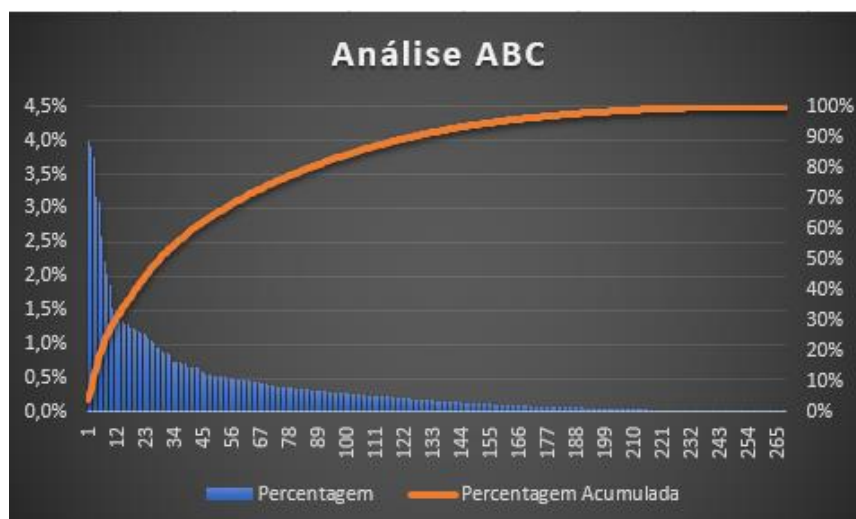


Figura 12- Analise ABC

Com esta análise foram classificados 54 produtos como A, que representam 20% dos produtos totais e representando 67,08% das vendas, em quilos, totais da empresa. Cerca de 30% dos produtos (ou seja, 80 produtos) foram classificados como B, representando 24,64% das vendas totais. Os restantes 50% (134 produtos) foram classificados como C, representando apenas 8,28% das vendas totais anuais da empresa.

A tabela seguinte demonstra o que foi dito em cima.

	A	B	C	Total
% itens	20%	30%	50%	100,00%
#	54	80	134	268
% Vendido	67,08%	24,64%	8,28%	100,00%

Tabela 1 - Tabela ABC

Os produtos A correspondem assim a uma soma de 30 262 toneladas vendidas em 2016. Apesar de a empresa não conseguir fornecer com exatidão o espaço médio ocupado pelos produtos A em armazém ao longo do ano de 2016, estima-se, pela disposição atual do armazém, que eles utilizam cerca de metade do espaço disponível.

É necessário ainda ter atenção a estes tipos de produtos. Como são produtos perecíveis, apenas têm validade de 3 meses, pelo que a empresa não poderá vender os produtos se esses tiverem quase a atingir o seu prazo de validade. Maior parte dos seus clientes a saco são lojas de venda de ração animal, daí ter que haver uma margem para que essas lojas tenham tempo também para vender o produto para o cliente final. Sendo assim, os níveis de stock não podem ser muito altos para não haver casos em que não se venda o produto dentro do prazo de validade, nem os stocks podem ser muito baixos para causar rutura de stock.

3.2- Análise do Armazém

Após a análise dos produtos, foi feita uma análise ao armazém onde esses mesmos produtos serão dispostos. As conclusões e dados aqui apresentados foram fruto de opiniões e considerações dos encarregados do armazém, bem como da análise do funcionamento do sistema logístico da empresa e do seu estado atual em termos operacionais.

O armazém em questão tem uma área de 3000 m², onde 2321 m² correspondem a área útil de armazenagem. O ensaque dos produtos e a paletização dos mesmos ocorrem no armazém, onde eles são armazenados ou então seguem diretamente para a zona de descarga. O layout do armazém foi revisto pela empresa à pouco tempo resultando renovado os pavimentos das estradas de circulação dos empilhadores, pelo que não há margem para efetuar alterações ao seu layout.

Neste momento o armazém de produto acabado da empresa tem ao seu dispor 6 empilhadoras a gás, que conseguem apenas transportar uma paleta de cada vez a uma velocidade máxima permitida por lei de 10 km/h. O armazém funciona 24 horas por dia, 5 dias por semana, contando com 12 operários. Todos os produtos estão dispostos em paletes com a mesma dimensão (1,2 metros de comprimento, por 0,8 metros de largura), levando cada paleta cerca de 750kg de sacos de ração. As paletes podem ser empilhadas, sendo a sua altura máxima de 3 paletes. Foi fornecida a planta do armazém em AutoCad, da qual foi utilizada para definir as áreas de armazenagem, o seu nível de enchimento e as distâncias da zona de carga e de descarga até aos sítios de armazenagem.

Na imagem seguinte podemos ver a planta do armazém bem como as suas zonas de armazenagem.

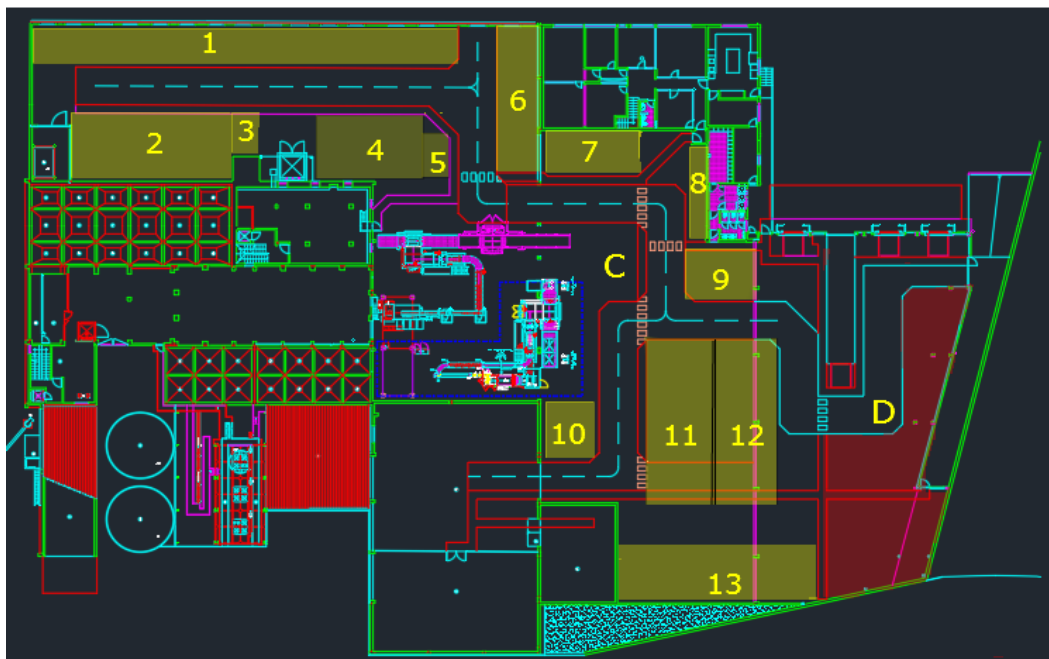


Figura 13- Planta do Armazém

Na imagem de cima podemos então ver o armazém a estudar. As zonas onde se pode armazenar produto estão sombreadas e numeradas a amarelo. A letra C, corresponde à zona de carga, onde se encontram as máquinas de ensacar e paletizar os produtos. A letra D, corresponde à zona de descarga que fica junto às docas dos camiões. A área sombreada a vermelho é considerada zona de transição. Os encarregados do armazém utilizam essa área para ir dispondo as encomendas que terão que carregar nos camiões, para um carregamento mais rápido dos mesmos.

Quanto à disposição produtos, uma das considerações a ter em conta será que as zonas 6, 7 e 8, são exclusivas para armazenar paletes com produtos de saquetas de 5kg ou AV, sendo que o resto do armazém pode se armazenar livremente os sacos de 25kg e 30kg. Cada zona será dividida em filas, (ex:9-1, 9-2, 9-3... etc), e cada fila só poderá ter um tipo de produto. Os dados relativos a cada zona quanto ao número de paletes que pode armazenar encontram-se descritos na tabela seguinte.

<i>Zona</i>	<i>Filas</i>	<i>Comprimento</i>	<i>Paletes por fila</i>	<i>Total Paletes</i>
1	30	5	15	450
2	11	9	27	297
3	2	5	15	30
4	9	9	27	243
5	4	3	9	36
6	11	5	15	165
7	7	6	18	126
8	7	2	6	42
9	5	5	15	75
10	4	7	21	84
11	12	8	24	288
12	12	8	24	288
13	14	7	21	294
<i>Total</i>	<u>128</u>			<u>2418</u>

Tabela 2 - Nível de enchimento das zonas

Como foi descrito inicialmente, o estudo incidirá apenas nos produtos com maior rotatividade, ou seja, os produtos classificados como A pela análise ABC. Com base nas considerações pelos encarregados do armazém e pela análise do nível de stock de vários dias do armazém, foi definido que cerca de 50% do armazém terá que conter os produtos classificados como A. As zonas a estudar serão então as zonas de 7 a 13 que representam cerca de 49,5% do armazém. Em que as zonas 7 e 8 serão para os produtos com tipo de ensaque AV e 5kg e as zonas 9 a 13 serão para os restantes produtos. Foram escolhidas estas zonas a estudar

porque são as zonas que estão entre os locais de carga e descarga, logo, são as zonas que envolvem menos deslocações, atribuindo assim estas zonas aos produtos A, que são produtos com maior rotatividade. Na imagem seguinte pode ser visto com sombreado a verde, as zonas definidas para os produtos A, no qual incidirá este estudo. As restantes zonas ficarão atribuídas a alocar os produtos de categoria B e C.

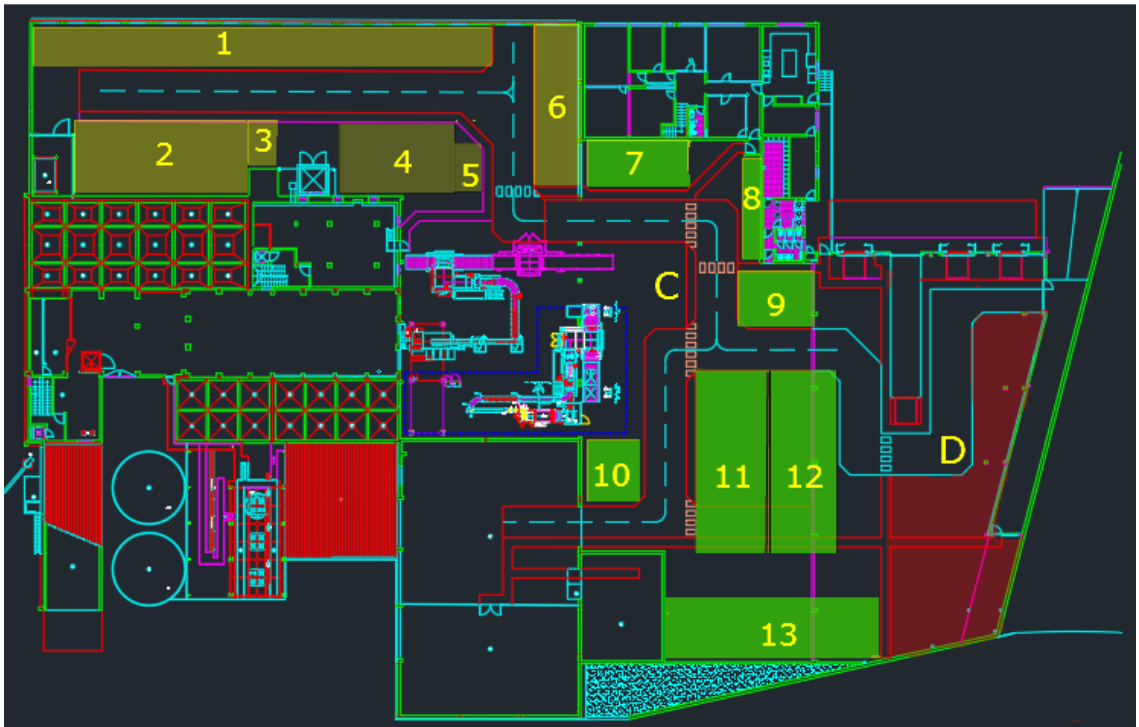


Figura 14- Planta do armazém com zona A definida

As distâncias percorridas pelos empilhadores desde a zona de carga até à zona de armazenagem, e da zona de armazenagem até a zona de descarga, podem ser visualizadas no Anexo II. Estas distâncias foram calculadas utilizando a planta do armazém em AutoCad.

3.3- Descrição do Problema

O problema a tratar, consiste na otimização do armazém de produto acabado da fábrica, tendo em consideração vários atributos tais como, a distância percorrida, o nível de enchimento e o custo da não utilização de espaço.

O primeiro atributo a considerar, será a distância percorrida pelos empilhadores para efetuar as operações necessárias de armazenagem e de carga de produtos em camiões. Uma má organização dos produtos requer percorrer distâncias muito maiores, gastando mais tempo

e combustível no processo. Consequentemente, aumentar-se-á a necessidade de ter mais empilhadores ou operadores o que envolve um custo acrescido a todo o processo.

O segundo atributo a otimizar será o nível de enchimento do armazém. Será calculada a quantidade de cada produto em armazém face à sua procura diária, obtendo assim o resultado de quantos dias de stock médio cada produto tem. O objetivo também será minimizar o número de dias de stock existentes em armazém, para combater a perecibilidade dos produtos. Para além disto, ajudará também a melhorar a imagem de marca da empresa, dispondo sempre de ração com bastante validade para venda.

O terceiro atributo a otimizar será o de minimizar o custo de não alocação de produto a um lugar no armazém, otimizando assim o espaço utilizado em armazém face às suas restrições e tirando um melhor aproveitamento do espaço disponível.

O objetivo é formular um modelo matemático robusto, capaz de identificar soluções para o problema em questão face às suas restrições, independentemente do número de produtos ou espaços de armazenagem que possam existir.

Os produtos a serem usados neste problema, serão os produtos considerados como A, provenientes da análise ABC efetuada no capítulo 3.1, totalizando assim um total de 54 produtos a estudar. Quanto às zonas do armazém, devido à impossibilidade da alteração do layout físico do armazém, serão utilizadas as zonas de 7 a 13, que consistem em cerca de 50% da capacidade máxima do armazém para alocar os produtos A. Levando em consideração que as zonas 7 e 8 serão apenas para produtos do tipo de ensacamento de 5kg ou AV, enquanto que os restantes produtos serão dispostos pelas zonas 9 a 13.

Inicialmente, o método de otimização a ser utilizado seria algoritmos genéticos. Mas, com a evolução do estudo, foi decidido que seria melhor resolver o problema através de programação linear. Isto porque inicialmente haveria possibilidade de sugerir configurações alternativas ao layout físico que, entretanto, deixou de ser possível devido às renovações recentes do armazém, optando-se assim por programação linear.

Sendo o *OpenSolver* utilizado a partir do excel, o programa de simulação *FlexSim*, também foi acordado não ser necessário. Com o *FlexSim* seria possível simular a evolução do sistema ao longo do tempo e com isso tomar outro tipo de decisões como, por exemplo, reduzir ou aumentar o número de empilhadores ou de operadores. Mas como o interesse é no funcionamento em regime permanente do armazém, a resolução analítica em Excel foi considerada.

A metodologia de trabalho consistiu então em escrever um modelo matemático e resolvê-lo com a ajuda do *OpenSolver*. Com os resultados obtidos eram calculados e analisados os vários atributos a estudar de modo a tentar melhorar o modelo matemático. Havendo assim realimentação para melhorar o modelo matemático proposto.

Com base nesta definição do problema, o modelo matemático proposto para a sua resolução, bem como a sua evolução ao longo do trabalho, está descrito no capítulo seguinte.

Capítulo 4

Modelo para otimização do local e nível de enchimento

A definição do modelo matemático descrita neste capítulo tem a intenção de mostrar a evolução do modelo ao longo do tempo em que se realizou esta dissertação. A abordagem a este problema será através de programação linear.

4.1- Definição do modelo matemático

Sistematizando os objetivos e os graus de liberdade do problema, temos então:

- Como objetivos propostos tem-se a
 - otimização da distância percorrida em armazém.
 - otimização do nível de enchimento.
 - minimização dos custos associados à não utilização de espaços em armazém.
- Quanto aos graus de liberdade temos:
 - Não é possível alterar o layout físico.
 - Os produtos do tipo de 5kg e AV, tem de estar dispostos nas zonas 6 a 8.
 - Não pode haver mais do que um tipo de produto por cada espaço de alocação
 - As capacidades máximas dos locais devem ser cumpridas

4.1-1. Modelo Inicial

Começando por definir os índices a utilizar no modelo, temos por um lado os diferentes produtos de ração, e por outro lado os locais de armazenamento a serem considerados. Sendo então:

$I = \{1, 2, \dots, n\}$, o conjunto de tipos de ração

$J = \{7-1, 7-2, \dots, 13-13, 13-14, \dots, n\}$, o conjunto de locais de armazenagem

Um dos objetivos do problema proposto à qual foi dada maior importância, foi o de minimizar as distâncias percorridas pelos empilhadores em armazém. Por isso, foi necessário arranjar uma equação que alocasse os produtos mais vendidos a locais, em que a soma das distâncias de carga e descarga, sejam menores e os produtos menos vendidos a locais com distâncias maiores.

Para isso é necessário calcular a rotatividade de cada produto e as distâncias a percorrer para cada local j :

$$h_i = \frac{\sum \text{toneladas movimentadas de ração } i}{\sum \text{toneladas movimentadas de todas as rações}}$$

$$d_j = dc_j + dd_j, \quad \forall j \in J$$

Sendo h_i o indicador de rotatividade do produto i , e considerando que d_j representa a soma das distâncias que o empilhador terá que percorrer em relação ao local j , sendo dc_j a distância necessária para armazenar o produto e dd_j a distância para levar o produto até à zona de descarga, temos então a nossa função objetivo Z :

$$\text{Minimizar } Z = \sum_{(i,j) \in A} (d_j h_i y_{ij})$$

Em que y_{ij} é a variável de decisão e é uma variável binária em que:

$$y_{ij} = \begin{cases} 1, & \text{se a ração do tipo } i \text{ for alocada no local } j \\ 0, & \text{caso contrário} \end{cases}$$

Esta função aloca então os produtos com maior rotatividade a locais que seja necessária uma menor deslocação. Este modelo matemático tem como restrições que:

-Cada produto terá de estar associado a pelo menos um local

$$\sum_{j \in J} y_{ij} \geq 1, \quad \forall i \in I$$

-Cada local só pode ter no máximo um tipo de produto

$$\sum_{i \in I} y_{ij} \leq 1, \quad \forall j \in J$$

-O domínio da variável de decisão

$$y_{ij} = \{0,1\}, \quad \forall (i,j) \in A$$

Resolvendo então este modelo matemático, pode ser visualizado um resumo dos resultados obtidos na tabela seguinte, tendo como base de estudo, os produtos A de tipo de ensaque de 30kg e 25kg, a serem dispostos pelas zonas 9 a 13.

Produto	Rotatividade	Dj total
CUNI TRANSICAO	6,435%	36,75
COELHOS OURO	6,311%	36,75
FRANGOS OURO (115 GR)	6,078%	36,75
FRANGOS OURO MIG (115)	5,146%	36,75
MULTIPIG 2	5,016%	36,75
NANTA GRITE	4,194%	37,00
GALAROS	3,594%	37,00
AVIUNIC/115	3,301%	37,00
...
OVILACTAL TOP	0,892%	57,25
RUMITACO	0,875%	60,25
NANTABIFE	0,870%	61,60
BROILER 2ª FASE	0,867%	61,60
CUNIMIX	0,863%	61,60
CUNILACTAL SUPER	0,860%	61,60
CASEIRINHOS	0,803%	61,60
	100%	2 466,45

Tabela 3- Resumo do Resultado

Como se constata a partir da coluna das distâncias, os produtos foram alocados a locais em que a distância a percorrer é menor, consoante a sua rotatividade. Tendo os produtos com maior rotatividade ficado alocados em locais em que a distância necessária a percorrer é menor.

Sendo que o critério da distância não é o único objetivo a ser minimizado, será então adicionado ao modelo matemático uma forma de reduzir o número de dias de stock de cada produto que se tem em armazém.

Para se conseguir isso será então calculada a média de saída diária de cada produto, q_i , contabilizando apenas os dias úteis, daí serem utilizados 260 dias para este cálculo :

$$q_i = \frac{\sum \text{toneladas movimentadas de ração } i}{260 \text{ dias}}$$

Com estes dados, é possível então calcular os dias de stock de cada produto em armazém consoante os locais que lhe forem alocados. Sendo p_j , o número de paletes que o local j consegue alocar, temos então o número de dias, em média, de um produto i em armazém:

$$S_i = \frac{\sum_j y_{ij} p_j * 750}{q_i}, \forall i \in I$$

A função objetivo será então atualizada para ficar da seguinte forma:

$$\text{Minimizar } Z = \sum_{(i,j) \in A} (d_j h_i y_{ij}) + \sum_{(i,j) \in A} (s_i)$$

Às restrições anteriores será adicionada uma restrição que limitará o numero de dias máximo de ração em stock no armazém.

$$s_i \leq n, \quad \forall i \in I$$

Em que n é o numero de dias máximo admissível. (e.g 25 dias)

Esta restrição faz com que haja uma melhor distribuição de espaço entre os produtos alocados. Sem esta restrição o modelo matemático alocaria de forma desproporcional os produtos, podendo haver grande discrepância entre produtos em relação ao número de dias de stock. Esta restrição também é importante para combater o facto dos produtos serem perecíveis. Não seria uma boa prática alocar espaço que equivaleria a 100 dias de stock de determinado produto, se os produtos apenas têm 90 dias de validade. Isto resultaria num mau aproveitamento de espaço e numa grande quantidade de produto que não se conseguiria vender.

Sendo assim, a tabela com os resultados deste modelo pode ser visualizada a seguir.

Produto	Rotatividade	Qt (paletes)	Dias de Stock	Dj total
CUNI TRANSICAO	6,435%	24	2,40	37,00
COELHOS OURO	6,311%	24	2,45	37,00
FRANGOS OURO (115 GR)	6,078%	24	2,54	37,00
FRANGOS OURO MIG (115)	5,146%	24	3,01	37,00
MULTIPIG 2	5,016%	24	3,08	37,00
NANTA GRITE	4,194%	24	3,69	37,50
GALAROS	3,594%	24	4,30	40,50
AVIUNIC/115	3,301%	24	4,68	42,25
...
OVILACTAL TOP	0,892%	21	15,17	64,10
RUMITACO	0,875%	21	15,46	64,10
NANTABIFE	0,870%	15	11,11	36,75
BROILER 2ª FASE	0,867%	15	11,15	36,75
CUNIMIX	0,863%	15	11,20	36,75
CUNILACTAL SUPER	0,860%	15	11,23	36,75
CASEIRINHOS	0,803%	15	12,04	36,75
	100%	1 029	412,52	2 466,45

Tabela 4 - Resumo dos Resultados

Como se verifica, os produtos com maior rotatividade foram alocados a locais em que o espaço de armazenagem é maior, de forma a reduzir a soma do número de dias de stock de todos os produtos.

Outro critério a minimizar, é o aproveitamento dos locais existentes em armazém. Ao contrário do critério falado anteriormente que otimizava o espaço utilizado face à rotatividade dos produtos. Este critério procura otimizar o espaço do armazém global de modo a que não hajam espaços não ocupados. Para isso será atribuído um custo fixo a cada local j , c_j , decorrente da não alocação de produto nesse local. A função objetivo atualizada com este novo critério pode ser vista de seguida:

$$\text{Minimizar } Z = \sum_{(i,j) \in A} (d_j h_i y_{ij}) + \sum_{(i,j) \in A} (s_i) + \sum_{(i,j) \in A} c_j - \sum_{(i,j) \in A} c_j y_{ij}$$

Como podemos ver, as últimas duas parcelas têm tendência a anular-se. Ou seja, se um determinado produto i for alocado no local j , não se paga o custo desse local. Caso esse local não seja ocupado por nenhum produto, então esse local envolverá um custo que será adicionado à solução da fórmula que pretendemos minimizar.

De seguida, é apresentada uma comparação dos resultados do modelo sem o critério de custos, com o modelo com esse critério. A comparação é feita com base no caso dos produtos do tipo de 5kg e AV, a serem alocados nas zonas 7 e 8.

Produto	Rotatividade	Qt (paletes)	Dias de Stock	Dj média
COELHOS OURO (G)	19,65%	6	3,27	45,20
POEDEIRAS RURAL (120)	16,65%	6	3,86	45,45
CUNILAP	15,96%	6	4,03	45,45
POEDEIRAS OURO	13,79%	6	4,67	45,45
FRANGOS OURO (115 GR)	12,49%	6	5,15	48,20
PINTOS OURO (104)	11,12%	6	5,78	51,20
COELHOS OURO (AV)	10,33%	6	6,23	54,20
		42	33	335
Custos Lugares				
		total	Utilizado	Por utilizar
		14	7	7

Tabela 5- Resultado sem critério de custos

Produto	Rotatividade	Qt (paletes)	Dias de Stock	Dj média
COELHOS OURO (G)	19,65%	36	19,65	47,50
POEDEIRAS RURAL (120)	16,65%	36	23,18	53,50
CUNILAP	15,96%	36	24,19	59,50
POEDEIRAS OURO	13,79%	18	14,00	64,00
FRANGOS OURO (115 GR)	12,49%	24	20,61	45,39
PINTOS OURO (104)	11,12%	12	11,57	49,70
COELHOS OURO (AV)	10,33%	6	6,23	54,20
		168	119	374
Custos Lugares				
		total	Utilizado	Por utilizar
		14	14	-

Tabela 6- Resultado com critério dos custos

Como existem 7 produtos para 14 locais, sem o critério de custo dos lugares, o modelo matemático apenas alocaria um produto a um local. Com o critério dos custos presente no modelo matemático, os locais já serão todos preenchidos, de modo a otimizar a utilização do espaço disponível.

4.1-2. Considerações adicionais sobre o modelo

Apesar deste modelo matemático já mostrar resultados, não são resultados coerentes. Isto porque os somatórios dos vários critérios estão em unidades diferentes. Como são diferentes critérios que têm de ser otimizados, uma resolução por programação linear não será suficiente. Terá de ser feita uma análise multicritério de modo a que seja possível transformar os vários critérios à mesma unidade fazendo com que os resultados obtidos no modelo matemático sejam mais coerentes e justificáveis.

Sendo assim, será realizada uma análise monocritério para cada um dos critérios. Após a obtenção desses resultados será então feita uma escala unidimensional para cada um dos critérios com os intervalos dos resultados de cada análise. Após definidos os pesos que se deseja dar a cada critério, será possível então resolver o problema com base em todos os critérios em simultâneo.

Ao modelo matemático final serão ainda adicionadas mais duas restrições, sendo elas:

-A capacidade mínima de um produto em armazém terá que ser maior que um determinado valor a definir face à sua rotatividade e à total capacidade de armazenagem do armazém.

-A capacidade máxima, como no caso anterior, de um produto em armazém terá que ser menor que um determinado valor a definir face à sua rotatividade e à total capacidade de armazenagem do armazém.

Estas restrições serão adicionadas ao modelo matemático final para, mais uma vez, ajudar a homogeneizar a quantidade de cada produto em armazém face aos seus dias de stock, de modo a todos os produtos terem um valor similar de dias de stock.

4.2- Modelo Matemático Final

De seguida, apresenta-se o resumo do modelo proposto falado na secção anterior. Neste modelo já se encontra dividido nas componentes monocritério para posteriormente se fazer a análise multicritério.

A. Parâmetros do modelo

$I = \{1, 2, \dots, n\}$, Conjunto de tipos de ração

$J = \{7-1, 7-2, \dots, 13-13, 13-14\}$, Conjunto de locais de armazenagem

A.1 Dados relacionados aos produtos

h_i - Indicador de rotatividade de ração i .

$$h_i = \frac{\sum \text{toneladas movimentadas de ração } i}{\sum \text{toneladas movimentadas de todas as rações}}$$

q_i - média de saída diária de ração i .

$$q_i = \frac{\sum \text{toneladas movimentadas de ração } i}{260 \text{ dias}}$$

n - Número máximo de dias que se deseja ter em stock de determinado produto. (e.g. 25 dias)

A.2 Dados relacionados aos locais de armazenagem

dc_j - distância desde a zona de carga até ao local de armazenagem j

dd_j - distância desde a zona de descarga até ao local de armazenagem j

d_j - distância total ao local j

$$d_j = dc_j + dd_j, \quad \forall j \in J$$

p_j - número de paletes que o local j consegue armazenar

K - Capacidade total do armazém em toneladas

$$K = \sum_j p_j \times 750kg$$

T_{\max} - tolerância de excesso de armazenagem face à capacidade requerida, em percentagem, de quantidade de produto em armazém. (e.g. 50%)

T_{\min} - tolerância mínima de armazenagem face à capacidade requerida, em percentagem, de quantidade de produto em armazém. (e.g. 50%)

A.3 Dados associados à alocação de ração aos locais de armazenagem

A : conjunto de pares ordenados (i, j) tais que, se $(i, j) \in A$, a ração do tipo i pode ser alocada no local j .

$C_{ij} \forall (i, j) \in A$. custo fixo do local j decorrente da possibilidade de não alocação da ração i neste local. Adotou-se que $C_{ij} = (C_t - d_j)$. Em que C_t é uma constante com um valor suficientemente grande para que $(C_t - d_j)$ seja maior que zero.

S_i . número de dias que, em média, os vários locais j conseguem alocar de ração i .

$$S_i = \frac{\sum_j y_{ij} p_j * 750}{q_i}, \forall i \in I$$

B. Variáveis de decisão

$y_{ij} \in \{0, 1\}, \quad \forall (i, j) \in A$ tal que

$$y_{ij} = \begin{cases} 1, & \text{se a ração do tipo } i \text{ for alocada no local } j \\ 0, & \text{caso contrário} \end{cases}$$

4.2-1. Análise Monocritério

De forma a manter o modelo homogéneo, as restrições serão iguais para todas as análises efetuadas. Sendo elas:

C. Modelo

a. Função Objetivo

$$Z = \text{Função a Otimizar (1)}$$

Sujeito a:

$$\sum_{j \in J} y_{ij} \geq 1, \quad \forall i \in I \quad (2)$$

$$\sum_{i \in I} y_{ij} \leq 1, \quad \forall j \in J \quad (3)$$

$$s_i \leq n, \quad \forall i \in I \quad (4)$$

$$\sum_{j \in J} (750 \times p_j \times y_{ij}) \leq K \times h_i \times T_{max}, \quad \forall i \in I \quad (5)$$

$$\sum_{j \in J} 750 \times p_j \times y_{ij} \geq K \times h_i \times T_{min}, \quad \forall i \in I \quad (6)$$

$$y_{ij} = \{0, 1\}, \quad \forall (i, j) \in A \quad (7)$$

A função (1) será a função que pretenderemos otimizar.

A restrição (2) garante que todos os produtos são alocados em armazém e que poderá ter mais que um local. A restrição (3) garante que nos locais de armazenamento só exista, no máximo, um produto alocado. A restrição (4) garante que o stock em armazém do produto i não ultrapassará o número máximo de dias de stock médio, n , desejado. A restrição (5), limita a quantidade máxima de um produto em armazém. A quantidade máxima é calculada a partir da multiplicação do espaço total em armazém com o seu grau de rotatividade e a tolerância de excesso de armazenagem que se pretender. A restrição (6) limita a quantidade mínima de um produto em armazém. O cálculo é análogo à restrição (6) mas utiliza-se um valor diferente para definir a tolerância mínima que se pretender. Resumidamente, as restrições (5) e (6), procuram associar os produtos com maior rotatividade a uma maior alocação dos mesmos em armazém, e os com menor rotatividade a menor alocação de espaço em armazenamento. A restrição (7) representa o domínio da variável de decisão do modelo matemático.

4.2-1.1. Distância Percorrida

$$\text{Minimizar } Z = \sum_{(i,j) \in A} (p_j d_j h_i y_{ij}) \quad (8)$$

A função (8) pretende minimizar a soma total associada aos pesos designados pelos produtos e o seu local de armazenagem. Tem como objetivo associar os locais mais próximos, aos produtos com maior rotatividade, e os locais mais afastados aos produtos com menor rotatividade. Em relação ao modelo inicial, foi ainda adicionado à função o valor do número de paletes que cada local j consegue alocar. Os resultados do sistema ficam assim mais coerentes, multiplicando o numero de vezes que o empilhador terá que se deslocar ao local j para efetuar a carga e a descarga do mesmo.

4.2-1.2. Dias de Stock

$$\text{Minimizar } Z = \sum_{(i,j) \in A} (s_i y_{ij}) \quad (9)$$

A função (9) procura minimizar a soma total associada dos dias de stock de cada produto face à sua procura diária. Com esta função pretende-se diminuir a quantidade de dias de stock em armazém, tendo em conta as restrições, para combater o facto de os produtos serem perecíveis.

4.2-1.3. Custo dos lugares

$$\text{Minimizar } Z = \sum_{(i,j) \in A} c_j (1 - y_{ij}) \quad (10)$$

A função (10), procura minimizar os custos associados à não utilização de espaços de armazenamento. O que esta função faz é a subtração da soma do custo de todos os lugares com o custo dos lugares que foram preenchidos. Ou seja, caso não se preencha certo lugar j , paga-se a penalização c_j , sendo que este custo tenderá a anular-se.

4.2-2. Análise Multicritério

A análise multicritério será então baseada no método SMARTER descrito por Edwards e Barron [23]. Sendo que a sua função objetivo será:

$$\text{Maximizar } U = \sum_k w_k u_k \quad (10)$$

Onde U representa a utilidade global do sistema, w_k é o peso associado ao critério k e u_k é a utilidade unidimensional da alternativa do k .

Para a resolução desta função será necessário saber *a priori*, os resultados das análises monocritério para se poder calcular os intervalos das utilidades para cada um dos critérios. Com isso, é possível fazer a transformação dos valores para unidades unidimensionais que serão então utilizadas para a resolver o sistema.

4.3 Implementação com *OpenSolver*

A implementação e resolução do modelo será realizada em Excel com ajuda do suplemento *OpenSolver* para resolução de problemas lineares. De seguida será apresentado um pequeno exemplo gráfico do solver utilizado.

42 Modelo para otimização do local e nível de enchimento

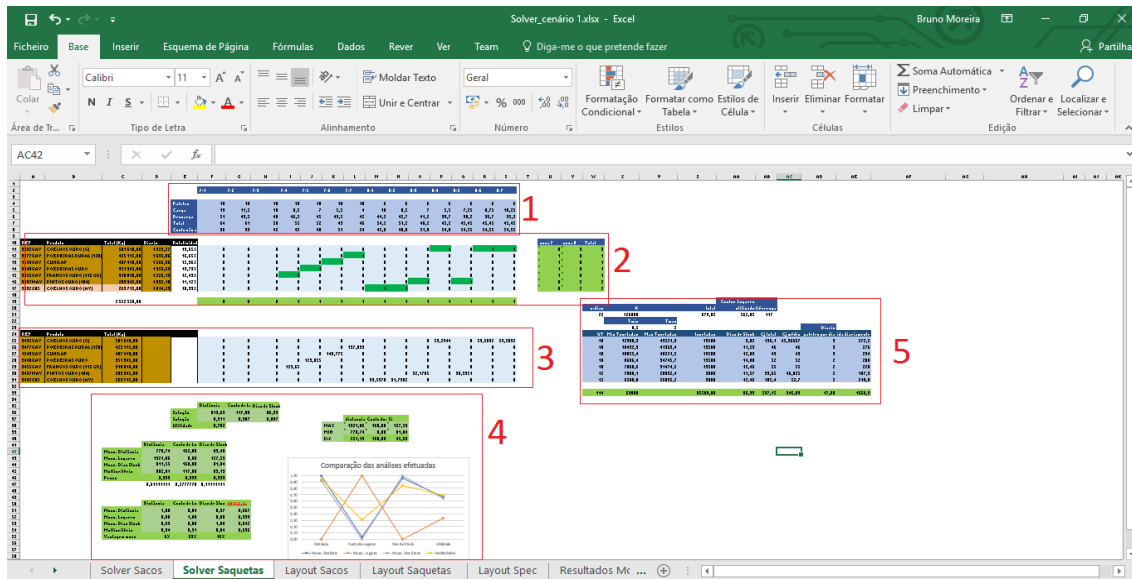


Figura 15- Ambiente Gráfico do Solver

As várias áreas representadas na figura acima, podem ser visualizadas com maior detalhe no anexo XVIII.

A área 1 representa os dados relacionados com os locais de armazenagem a estudar. Contém os dados da capacidade de cada local, as distâncias e o custo de não alocação de produtos nesses locais. Os dados de todos os locais do armazém podem ser visualizados também neste ficheiro Excel, na folha de especificações do armazém.

A área 2 corresponde aos dados dos produtos, como o total de kg vendidos em 2016, a sua saída diária média e a sua rotatividade. Contém também na parte sombreada a azul, as variáveis binárias do sistema e a verde se o produto i , foi colocado no local j .

A área 3 são os resultados obtidos da parcela da otimização da distância, calculados a partir das variáveis binárias.

Na área 4 são apresentados os resultados obtidos pelas várias análises monocritério e multicritério.

Na área 5 são os cálculos analíticos da solução obtida. Contém os dados para cada produto como a quantidade disponibilizada para armazenagem, o mínimo e o máximo de toneladas que podem ser armazenadas consoante a tolerância definida pelo decisor, contém os dados dos dias de stock que a solução permite para cada produto, a distância média necessária para satisfazer as operações de carga e descarga e uma estimativa da distância percorrida diariamente. Contém ainda o custo dos locais que não foram utilizados.

As áreas correspondentes aos dados de produtos e dos locais de armazenagem são escaláveis. Isto é, podem ser adicionados ou retirados produtos e locais de armazenagem conforme o decisor pretender.

Para visualizar graficamente o layout da disposição dos produtos, existe outra folha no Excel onde pode ser visto com detalhe, a solução obtida pelo solver, tal como pode ser visualizada na figura seguinte.

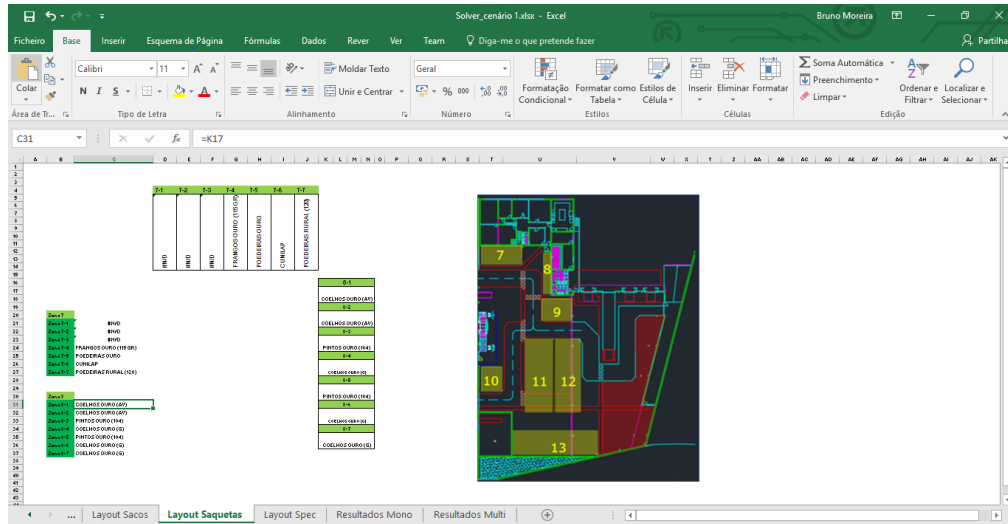


Figura 16- Layout da solução obtida

Os exemplos aqui apresentados apenas mostram um modelo com 7 produtos e 14 locais a estudar, sendo assim um modelo pequeno para a exemplificação do mesmo.

O *OpenSolver*, funciona como um suplemento do excel, onde é possível submeter as células que pretendemos otimizar, as variáveis de decisão, as restrições do sistema e se é pretendido minimizar ou maximizar o sistema.

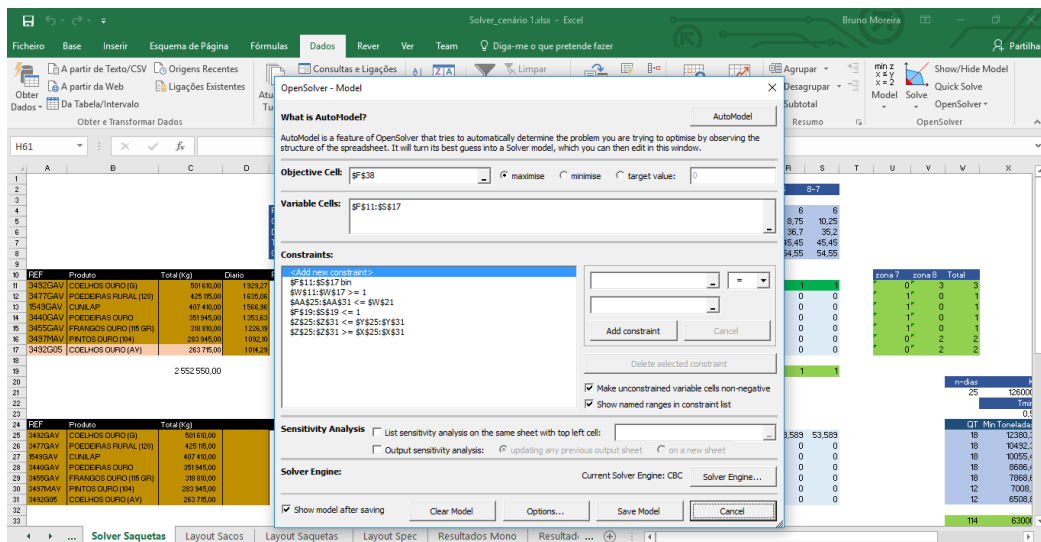


Figura 17- OpenSolver- Definição do Modelo

Capítulo 5

Validação e teste do Modelo PlmcOLE

Neste capítulo serão apresentados os vários cenários de teste do modelo PlmcOLE (Programação Inteira MultiCritério para Otimização da Localização e nível de Enchimento), bem como a sua simulação e resultados. Será ainda feita uma comparação e análise aos resultados obtidos.

5.1- Cenários de validação e teste

5.1-1. Cenário Realista (1)

Neste primeiro cenário será testada a situação real da fábrica. Como referido no subcapítulo 3.1 e 3.2, será utilizado o modelo matemático para encontrar a melhor solução para dispor os 54 produtos, considerados como A, pelas zonas 7 a 13. Dos 54 produtos, 7 são de tipo de ensaque de 5kg ou AV, pelo que a sua disposição será exclusiva nas zonas 7 e 8, pelo que os restantes 47 produtos serão distribuídos pelas zonas 9 a 13.

Sendo assim, este caso será dividido em 2 problemas independentes. O problema das zonas 7 e 8, que doravante será chamada a zona das saquetas, terá 7 produtos para serem alocados em 14 espaços, enquanto que o problema das zonas 9 a 13, que doravante será chamado de zona de sacos, terá 47 espaços para 47 produtos.

5.1-2. Cenário Experimental (2)

Neste cenário, será estudada uma situação fictícia, para testar a robustez do modelo matemático para situações diferentes que possam surgir. Será diminuído o número de produtos a alocar, continuando com o mesmo espaço de armazenamento. Neste cenário serão utilizadas

então apenas 23 referências escolhidas aleatoriamente. Não se utilizará as restrições impostas no cenário anterior de haver zonas exclusivas para sacos e para saquetas, podendo assim os produtos serem dispostos em qualquer local. Existe, assim, um maior leque de opções de locais com características de armazenamento diferente.

5.2- Simulação e Resultados

O modelo utilizado foi resolvido computacionalmente no programa Microsoft Excel com a utilização de um suplemento *open source* de resolução de problemas lineares de programação inteira. O *OpenSolver*, desenvolvido por Mason, é um suplemento para o Microsoft Excel que utiliza o “*COIN-OR CBC optimization engine*” para rapidamente resolver grandes problemas de programação inteira.

5.2-1. Cenário Realista (1)

5.2-1.1. Zona de Sacos

Para este caso, como sabemos à priori que haverá 47 produtos para 47 espaços, não será necessário fazer a análise monocritério para o custo dos lugares. Visto que todos os lugares serão preenchidos de qualquer das formas, a solução dessa análise seria dominada pelas outras soluções. Sendo assim, o modelo matemático será resolvido com as seguintes constantes.

$$T_{\min}=0,3$$

$$T_{\max}=2,5$$

$$n=25$$

Os produtos a usar neste caso, o total vendido em Kg no ano de 2016, tal como a sua saída média diária e o seu grau de rotatividade estão representados na tabela seguinte.

REF	Produto	Total (Kg)	Diário	Rotatividade
1550G30	CUNI TRANSICAO	1 947 240,00	7 489,38	6,435%
3492G30	COELHOS OURO	1 909 680,00	7 344,92	6,311%
3455G30	FRANGOS OURO (115 GR)	1 839 300,00	7 074,23	6,078%
4383M30	FRANGOS OURO MIG (115)	1 557 330,00	5 989,73	5,146%
4704G30	MULTIPIG 2	1 518 030,00	5 838,58	5,016%
3482125	NANTA GRITE	1 269 120,00	4 881,23	4,194%
3438G25	GALAROS	1 087 620,00	4 183,15	3,594%
3437G30	AVIUNIC/115	999 060,00	3 842,54	3,301%
3477G25	POEDEIRAS RURAL (120)	912 570,00	3 509,88	3,016%
1549G25	CUNILAP	745 410,00	2 866,96	2,463%
4670G30	BOVICARNE 16	740 550,00	2 848,27	2,447%
3440G30	POEDEIRAS OURO	737 250,00	2 835,58	2,436%

1579G30	NOVALAC STARTER	658 740,00	2 533,62	2,177%
1841G25	4EQS CLUB - Activity Classic	655 530,00	2 521,27	2,166%
1543X25	CAPOEIRA MIX	635 520,00	2 444,31	2,100%
1582G30	NOVALAC RECRIA	634 380,00	2 439,92	2,096%
4513M30	PM2	612 390,00	2 355,35	2,024%
4521G30	OVILACTAL BEIRAS	611 040,00	2 350,15	2,019%
1030M30	RECRIA OURO (FABRICOR)	594 390,00	2 286,12	1,964%
3982G30	CUNI SAFE	580 410,00	2 232,35	1,918%
3497M30	PINTOS OURO (104)	574 920,00	2 211,23	1,900%
3421G30	PORCINANTA 2 (815)	563 130,00	2 165,88	1,861%
3439M25	FRANGUINHOS	554 250,00	2 131,73	1,832%
4523G30	OVILACTAL ORDENHA	524 100,00	2 015,77	1,732%
4703G30	MULTIPIG 1	510 990,00	1 965,35	1,689%
3440M30	POEDEIRAS OURO	469 230,00	1 804,73	1,551%
4803G30	BOVICARNE 14	468 390,00	1 801,50	1,548%
1631T30	RUMINANTA 90	438 540,00	1 686,69	1,449%
4544G30	TM VL 3001	428 880,00	1 649,54	1,417%
1580U30	NOVALAC STARTER TXT	367 230,00	1 412,42	1,214%
1104G30	NANTACORDEIRO 2	362 730,00	1 395,12	1,199%
4455G30	DL 3022	356 910,00	1 372,73	1,179%
4401G30	OVILACTAL 520	355 260,00	1 366,38	1,174%
4700G30	MULTIBIFE 1	353 910,00	1 361,19	1,169%
3460G30	NANTABIFE SUPER	328 980,00	1 265,31	1,087%
1436G30	KEMPEN GRASS	325 740,00	1 252,85	1,076%
1548G30	CUNILACTAL MATER	323 460,00	1 244,08	1,069%
4702G30	MULTIBIFE 2	317 610,00	1 221,58	1,050%
1562G30	BOVICARNE ENGORDA	292 980,00	1 126,85	0,968%
1564G30	BOVICARNE ACABAMENTO	274 110,00	1 054,27	0,906%
1613G30	OVILACTAL TOP	269 910,00	1 038,12	0,892%
4950T30	RUMITACO	264 840,00	1 018,62	0,875%
3459G30	NANTABIFE	263 280,00	1 012,62	0,870%
1313G30	BROILER 2ª FASE	262 230,00	1 008,58	0,867%
1492X30	CUNIMIX	261 180,00	1 004,54	0,863%
1166G30	CUNILACTAL SUPER	260 370,00	1 001,42	0,860%
1493X30	CASEIRINHOS	243 000,00	934,62	0,803%

Tabela 7- Produtos do Cenário 1- Zona de Sacos

5.2-1.1.1. Análise Monocritério

Análise Monocritério: Distância

Resolvendo o sistema matemático utilizando a seguinte função objetivo.

$$\text{Minimizar } Z = \sum_{(i,j) \in A} \left(p_j \cdot d_j \cdot h_i \cdot y_{ij} \right) \quad (8)$$

A solução obtida para os três critérios a estudar são os seguintes:

	Distância	Custo dos lugares	Dias de Stock
Solução	1030,47	0,0	434,35

Tabela 8- Análise Monocritério: Distância

Os resultados mais detalhados da resolução deste sistema podem ser visualizados no Anexo IV.

Análise Monocritério: Dias de Stock

Resolvendo o sistema matemático utilizando a seguinte função objetivo.

$$\text{Minimizar } Z = \sum_{(i,j) \in A} (s_i y_{ij}) \quad (9)$$

A solução obtida para os três critérios a estudar são os seguintes:

	Distância	Custo dos lugares	Dias de Stock
Solução	1192,52	0	412,52

Tabela 9- Análise Monocritério: Dias de Stock

Os resultados mais detalhados da resolução deste sistema podem ser visualizados no Anexo IV.

5.2-1.1.2. Análise Multicritério

Sendo esta a matriz das soluções monocriteriais realizadas anteriormente:

	Distância	Custo dos lugares	Dias de Stock
Mono: Distância	1030,47	0	434,35
Mono: Stock	1192,52	0	412,52

Tabela 10- Matriz das soluções para a Zona de Sacos

Será necessário agora transformar esta matriz em unidades unidimensionais de forma a ser possível realizar a análise multicritério. Para transformar esta matriz será então atribuído 1 à melhor solução dentro de cada atributo e 0 à pior solução sendo o resto das soluções calculadas de acordo dentro do intervalo dessas soluções. Visto que esta matriz apenas se diferencia em dois atributos (Distância e Dias de Stock), a transformação dela ficará assim:

	Distância	Custo dos lugares	Dias de Stock
Mono: Distância	1	1	0
Mono: Stock	0	1	1

Tabela 11-Matriz unidimensional para a Zona de Sacos

Para uma melhor análise de resultados, o sistema será resolvido de duas maneiras, variando os pesos atribuídos a cada um dos critérios, para posteriormente se realizar uma análise de sensibilidade para ver qual solução efetivamente envolve menores custos para a empresa. Primeiro será resolvido atribuindo o mesmo peso para todos os atributos, enquanto que numa segunda resolução serão atribuídos pesos pré-determinados denominados *Rank Order Centroid Weights*, ou simplesmente, *ROC weights*.

Análise Multicritério: Pesos iguais

Resolvendo o sistema matemático utilizando a seguinte função objetivo, sendo que os pesos, w_k , são iguais para todos os atributos.

$$\text{Maximizar } U = \sum_k w_k u_k$$

A solução obtida para os três critérios é a seguinte:

	Distância	Custo de Lugares	Dias de Stock
Solução	1102,86	0,00	412,52
Solução unidimensional	0,55	1,00	1,00
Utilidade	0,851		

Tabela 12- Análise Multicritério: Pesos iguais

Os resultados mais detalhados da resolução deste sistema podem ser visualizados no Anexo V.

Análise Multicritério: Roc Weights

Resolve-se agora o sistema utilizando os *Roc weights*, sendo que a ordenação por prioridade será em primeiro a distância, de seguida o custo dos lugares e por fim os dias de stock. Calculando os pesos dos atributos com base na ordenação feita, e utilizando a formula dos *ROC weights*, para definição do peso dos mesmos, temos a seguinte tabela.

	Distância	Custo lugares	Dias de Stock
Pesos	0,611	0,278	0,111

Tabela 13- ROC Weights

Com os pesos já definidos podemos então agora fazer a otimização multicritério com base nos dados obtidos até agora, utilizando a função que maximize a utilidade dos atributos consoante o seu peso. A função objetivo será:

$$\text{Maximizar } U = \sum_k w_k u_k$$

A solução da otimização multicritério com estes pesos teve os seguintes resultados:

	Distância	Custo de Lugares	Dias de Stock
Solução	1032,90	0,000	431,26
Solução unidimensional	0,99	1,000	0,14
Utilidade	0,895		

Tabela 14- Análise Multicritério: ROC Weights

Os resultados mais detalhados da resolução deste sistema podem ser visualizados no Anexo VI.

5.2-1.1.3. Discussão de Resultados

Análise Multicritério: Pesos iguais

Tendo os valores dos pesos distribuídos de igual forma pelos três critérios, temos então na tabela seguinte o resultado da solução para cada análise efetuada na zona de sacos.

	Distância	Custo de Lugares	Dias de Stock
Mono. Distância	1030,47	0,00	434,35
Mono. Dias Stock	1192,522	0,00	412,52
Multicritério	1102,863	0,00	412,52
Vantagem Mono	7%	0%	0%

Tabela 15- Resultados com pesos iguais

Sendo que o critério de custo de lugares não foi significativo para estas análises, visto que o armazém foi sempre completamente preenchido, temos então cada uma das análises monocritéris com o melhor resultado na sua componente, sendo que a análise multicritério

terá igualado a solução monocritério de dias de stock. Quanto à solução da distância, a solução monocritério terá uma vantagem de 7% face à solução multicritério. Na figura seguinte observa-se a tabela com os valores unidimensionais de cada um dos critérios, tal como a sua utilidade calculada.

	Distância	Custo de Lugares	Dias de Stock	Utilidade
Mono. Distância	1,00	1,00	0,00	0,667
Mono. Dias Stock	0,00	1,00	1,00	0,667
Multicritério	0,55	1,00	1,00	0,851
Pesos	0,333	0,333	0,333	

Tabela 16- Utilidades dos critérios

Como se pode constatar, a análise multicritério foi a que teve maior valor na utilidade, como seria de esperar de todas as análises. Tendo dominado a solução da análise monocritério de dias de stock, obteve os mesmos valores nas componentes de lugares e stock, e um melhor resultado na componente da distância. Os resultados podem ser vistos graficamente na figura seguinte.

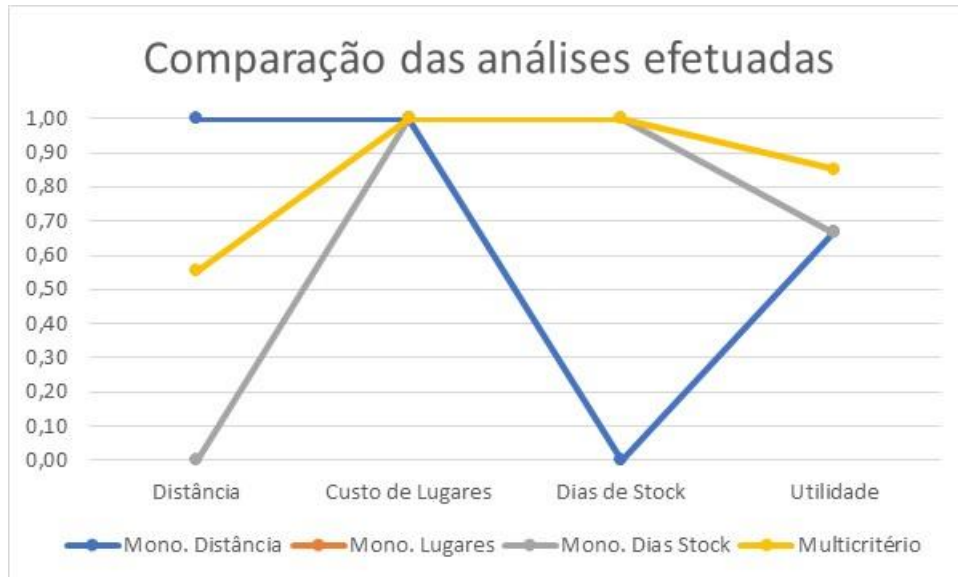


Figura 18 - Comparação das análises, Sacos, pesos iguais

Análise Multicritério: ROC Weights

Observando agora a análise multicritério utilizando como valores dos pesos os *ROC Weights*. Temos então as soluções obtidas na tabela seguinte.

	Distância	Custo de Lugares	Dias de Stock
Mono. Distância	1030,47	0,00	434,35
Mono. Dias Stock	1192,522	0,00	412,52
Multicritério	1032,896	0,00	431,26
Vantagem Mono	<1%	0%	4%

Figura 19- Resultados com os ROC Weights

A solução multicritério nesta análise, obteve resultados piores face às análises monocritérios nas componentes correspondentes, não havendo uma diferença muito grande, pois a vantagem monocritério de distância é inferior a 1% e na componente de dias de stock, a vantagem é de 4%. Na tabela seguinte temos então os valores unidimensionais e a sua utilidade calculada.

	Distância	Custo de Lugares	Dias de Stock	Utilidade
Mono. Distância	1,00	1,00	0,00	0,889
Mono. Dias Stock	0,00	1,00	1,00	0,389
Multicritério	0,99	1,00	0,14	0,895
Pesos	0,611	0,278	0,111	

Tabela 17- Utilidades dos critérios

A análise multicritério obteve o valor com maior utilidade de todas as análises, não havendo muita diferença entre a análise multicritério e a análise monocritério de distância devido ao peso atribuído aos dias de stock ser muito mais baixo. A comparação das análises pode ser visualizada graficamente na figura seguinte.

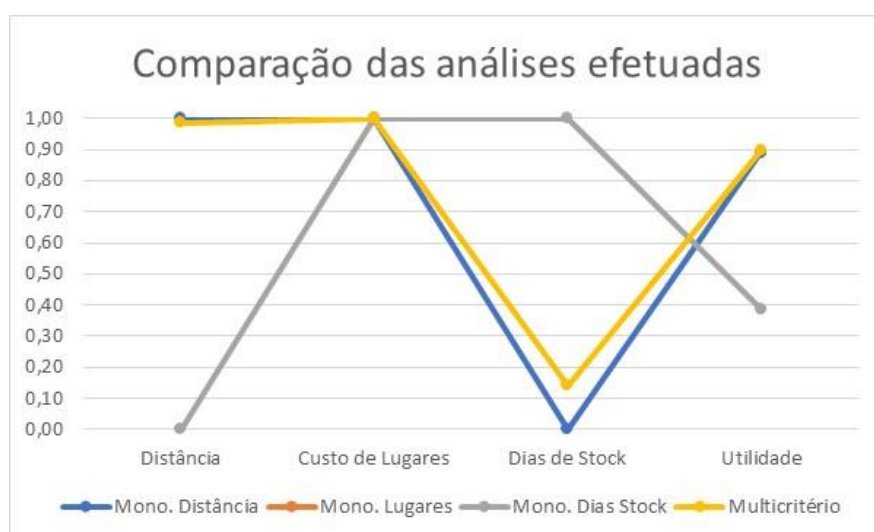


Figura 20 - Comparação das análises, Sacos, ROC weights

Comparando agora os pesos atribuídos, é possível reparar que a utilidade obtida com os *ROC weights* é superior do que a utilidade obtida com os pesos todos iguais. Assim, é possível afirmar que esta solução é a melhor a ser adotada. Para confirmar isso, será feita uma pequena análise de custos reais das duas diferentes soluções.

Para a realização desta análise foi pedido à empresa dados relativos aos custos das componentes a otimizar. Os dados fornecidos dos custos são:

- A soma dos custos das operações associadas às empilhadores (custo do gás, custo do homem que a manobra, manutenção, etc) foi definido que tem um custo de 10€/km à empresa.
- O custo do armazém, tem um custo associado mensal de 5000€. O armazém tem 3100 m² de área, sendo que a área útil de armazenamento corresponde a 2321 m². Isto resulta que, se uma determinada zona estiver vazia, envolverá um custo de 2,04€/mês por cada palete que essa zona puder alocar. Admitindo a mesma lógica usada no modelo matemático. Se uma zona estiver a ser utilizada, não haverá custo de lugar envolvido, caso contrário, haverá custo envolvido porque existe espaço inutilizado.
- Por fim, o custo associado aos produtos, será de 350€ a tonelada. Mas como neste problema se assume que a procura é linear, e o preço de possuir os produtos em armazém é igual para todos os produtos, o custo de stock será o sempre o mesmo, independentemente dos dias de stock que cada produto possa ter. Deste modo, não será possível calcular os custos associados a este critério devido à falta de dados.

Assim sendo, calculando os custos provenientes de cada uma das soluções das análises multicriteriais ao final de um ano, tem-se:

Zona de Sacos					
Pesos Iguais			<i>ROC Weights</i>		
	Distância	Lugares		Distância	Lugares
Solução	38 882,98	0,00	Solução	37 712,37	0,00
Soma	38 882,98		Soma	37 712,37	

Tabela 18- Custos das soluções Cenário Realista (1)- zona sacos

Como se constata, a solução com melhor resultado é a da análise em que se atribuiu um peso maior ao critério da distância. Assim, a solução da disposição do armazém com os *ROC Weights* apresenta um custo menor, 37 712,37€, do que a solução com os pesos dos vários critérios iguais, com o custo anual de 38 882,98€.

5.2-1.2.Zona de Saquetas

Para este caso, existem 7 produtos a serem alocados em 14 locais das zonas 7 e 8. Sendo assim, o modelo matemático será resolvido com as seguintes constantes.

$$T_{\min}=0,5$$

$$T_{\max}=2$$

$$n=25$$

Os produtos a usar neste caso, o total vendido em Kg no ano de 2016, tal como a sua saída média diária e o seu grau de rotatividade estão representados na tabela seguinte.

REF	Produto	Total (Kg)	Diário	Rotatividade
3492GAV	COELHOS OURO (G)	501 610,00	1 929,27	19,65%
3477GAV	POEDEIRAS RURAL (120)	425 115,00	1 635,06	16,65%
1549GAV	CUNILAP	407 410,00	1 566,96	15,96%
3440GAV	POEDEIRAS OURO	351 945,00	1 353,63	13,79%
3455GAV	FRANGOS OURO (115 GR)	318 810,00	1 226,19	12,49%
3497MAV	PINTOS OURO (104)	283 945,00	1 092,10	11,12%
3492G05	COELHOS OURO (AV)	263 715,00	1 014,29	10,33%

Tabela 19-Produtos do Cenário Realista (1)- Zona de Saquetas

5.2-1.2.1. Análise Monocritério

Análise Monocritério: Distância

Resolvendo o sistema matemático utilizando a seguinte função objetivo.

$$\text{Minimizar } Z = \sum_{(i,j) \in A} (p_j d_j h_i y_{ij}) \quad (8)$$

A solução obtida para os três critérios a estudar são os seguintes:

	Distância	Custo de Lugares	Dias de Stock
Solução	770,74	162,80	83,40

Tabela 20- Análise Monocritério: Distância

Os resultados mais detalhados da resolução deste sistema podem ser visualizados no Anexo VII.

Análise Monocritério: Custo dos Lugares

Resolvendo o sistema matemático utilizando a seguinte função objetivo.

$$\text{Minimizar } Z = \sum_{(i,j) \in A} c_j (1 - y_{ij}) \quad (10)$$

A solução obtida para os três critérios a estudar são os seguintes:

	Distância	Custo de Lugares	Dias de Stock
Solução	1321,86	0,00	127,53

Tabela 21- Análise Monocritério: Custo dos Lugares

Os resultados mais detalhados da resolução deste sistema podem ser visualizados no Anexo VIII.

Análise Monocritério: Dias de Stock

Resolvendo o sistema matemático utilizando a seguinte função objetivo.

$$\text{Minimizar } Z = \sum_{(i,j) \in A} (s_i y_{ij}) \quad (9)$$

A solução obtida para os três critérios a estudar são os seguintes:

	Distância	Custo de Lugares	Dias de Stock
Solução	811,55	168,80	81,84

Tabela 22- Análise Monocritério: Dias de Stock

Os resultados mais detalhados da resolução deste sistema podem ser visualizados no Anexo IX.

5.2-1.2.2. Análise Multicritério

Sendo esta a matriz das soluções monocriteriais realizadas anteriormente:

	Distância	Custo de Lugares	Dias de Stock
Mono. Distância	770,74	162,80	83,40
Mono. Lugares	1321,86	0,00	127,53
Mono. Dias Stock	811,55	168,80	81,84

Tabela 23- Matriz das soluções para a Zona de Saquetas

Será necessário agora transformar esta matriz em unidades unidimensionais de forma a ser possível realizar a análise multicritério. Para transformar esta matriz será então atribuído 1 à melhor solução dentro de cada atributo e 0 à pior solução sendo o resto das soluções calculadas de acordo dentro do intervalo dessas soluções. Visto que esta matriz apenas se diferencia em dois atributos (Distância e Dias de Stock), a transformação dela ficará assim:

	Distância	Custo de Lugares	Dias de Stock
Mono. Distância	1,00	0,04	0,97
Mono. Lugares	0,00	1,00	0,00
Mono. Dias Stock	0,93	0,00	1,00

Tabela 24-Matriz unidimensional para a Zona de Saquetas

Para uma melhor análise de resultados, o sistema será resolvido de duas maneiras. Primeiro será resolvido atribuindo o mesmo peso para todos os atributos, enquanto que numa segunda resolução serão atribuídos pesos pré-determinados denominados *Rank Order Centroid Weights*, ou simplesmente, *ROC weights*.

Análise Multicritério: Pesos iguais

Resolvendo o sistema matemático utilizando a seguinte função objetivo, sendo que os pesos, w_k , são iguais para todos os atributos.

$$\text{Maximizar } U = \sum_k w_k u_k$$

A solução obtida para os três critérios é a seguinte:

	Distância	Custo de Lugares	Dias de Stock
Solução	819,69	117,00	86,99
Solução unidimensional	0,911	0,307	0,887
Utilidade	0,702		

Tabela 25- Análise Multicritério: Pesos iguais

Os resultados mais detalhados da resolução deste sistema podem ser visualizados no Anexo X.

Análise Multicritério: Roc Weights

Resolvendo agora o sistema utilizando os *ROC weights*, sendo que a ordenação por prioridade será em primeiro a distância, de seguida o custo dos lugares e por fim os dias de stock. Calculando os pesos dos atributos com base na ordenação feita, e utilizando a formula dos *ROC weights*, para definição do peso dos mesmos, temos a seguinte tabela.

	Distância	Custo lugares	Dias de Stock
Pesos	0,611	0,278	0,111

Tabela 26- *ROC Weights*

Com os pesos já definidos podemos então agora fazer a otimização multicritério com base nos dados obtidos até agora utilizando a função que maximize a utilidade dos atributos consoante o seu peso. A função objetivo será:

$$\text{Maximizar } U = \sum_k w_k u_k$$

A solução da otimização multicritério com estes pesos teve os seguintes resultados:

	Distância	Custo de Lugares	Dias de Stock
Solução	802,01	117,00	89,19
Solução unidimensional	0,94	0,31	0,84
Utilidade	0,755		

Tabela 27- Análise Multicritério: *ROC Weights*

Os resultados mais detalhados da resolução deste sistema podem ser visualizados no Anexo VI.

5.2-1.3. Discussão de Resultados

Análise Multicritério: Pesos iguais

Tendo os valores dos pesos distribuídos de igual forma pelos três critérios, temos então na tabela seguinte o resultado da solução para cada análise efetuada na zona das saquetas.

	Distância	Custo de Lugares	Dias de Stock
Mono. Distância	770,74	162,80	83,40
Mono. Lugares	1321,86	0,00	127,53
Mono. Dias Stock	811,55	168,80	81,84
Multicritério	819,69	117,00	86,99
Vantagem mono	6%	-	6%

Tabela 28- Resultados com pesos iguais

As soluções monocritérios de distância e de dias de stock têm uma melhoria de 6% face à solução multicritério. Enquanto que na solução monocritério do custo dos lugares foi possível eliminar os custos, preenchendo os locais todos. Na figura seguinte tem-se a tabela com os valores unidimensionais de cada um dos critérios, tal como a sua utilidade calculada.

	Distância	Custo de Lugares	Dias de Stock	Utilidade
Mono. Distância	1,00	0,04	0,97	0,667
Mono. Lugares	0,00	1,00	0,00	0,333
Mono. Dias Stock	0,93	0,00	1,00	0,642
Multicritério	0,91	0,31	0,89	0,702
Pesos	0,333	0,333	0,333	

Tabela 29- Utilidades dos critérios

A análise multicritério obteve o valor com maior utilidade de todas as análises, mesmo não obtendo o melhor resultado individual em nenhuma das componentes. A comparação das análises pode ser visualizada graficamente na figura seguinte.

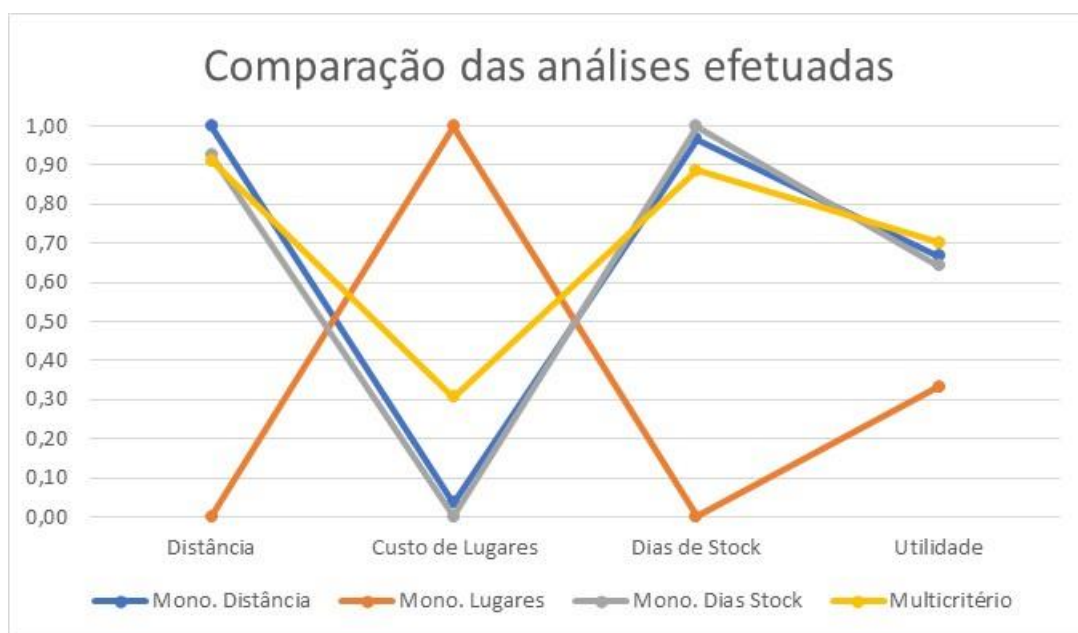


Figura 21- Comparação das análises: Saquetas, pesos iguais

Análise Multicritério: ROC Weights

Observando agora a análise multicritério utilizando como valores dos pesos os *ROC Weights*. Temos então as soluções obtidas na tabela seguinte.

	Distância	Custo de Lugares	Dias de Stock
Mono. Distância	770,74	162,80	83,40
Mono. Lugares	1321,86	0,00	127,53
Mono. Dias Stock	811,55	168,80	81,84
Multicritério	802,01	117,00	89,19
Vantagem mono	4%	-	8%

Tabela 30- Resultados com ROC Weights

As soluções monocritérios de distância e de dias de stock têm uma melhoria de 4% e 8%, respetivamente, face à solução multicritério, enquanto que na solução monocritério do custo dos lugares foi possível eliminar os custos. Na figura seguinte tem-se a tabela com os valores unidimensionais de cada um dos critérios, tal como a sua utilidade calculada.

	Distância	Custo de Lugares	Dias de Stock	Utilidade
Mono. Distância	1,00	0,04	0,97	0,728
Mono. Lugares	0,00	1,00	0,00	0,278
Mono. Dias Stock	0,93	0,00	1,00	0,677
Multicritério	0,94	0,31	0,84	0,755
Pesos	0,611	0,278	0,111	

Tabela 31- Utilidades dos critérios

Mais uma vez, verifica-se que a solução da análise multicritério é a que apresenta melhor utilidade, sendo que a solução da análise monocritério da distância não se encontra muito distanciada devido ao facto da distância ter o maior peso no sistema. A comparação das análises pode ser visualizada graficamente na figura seguinte.

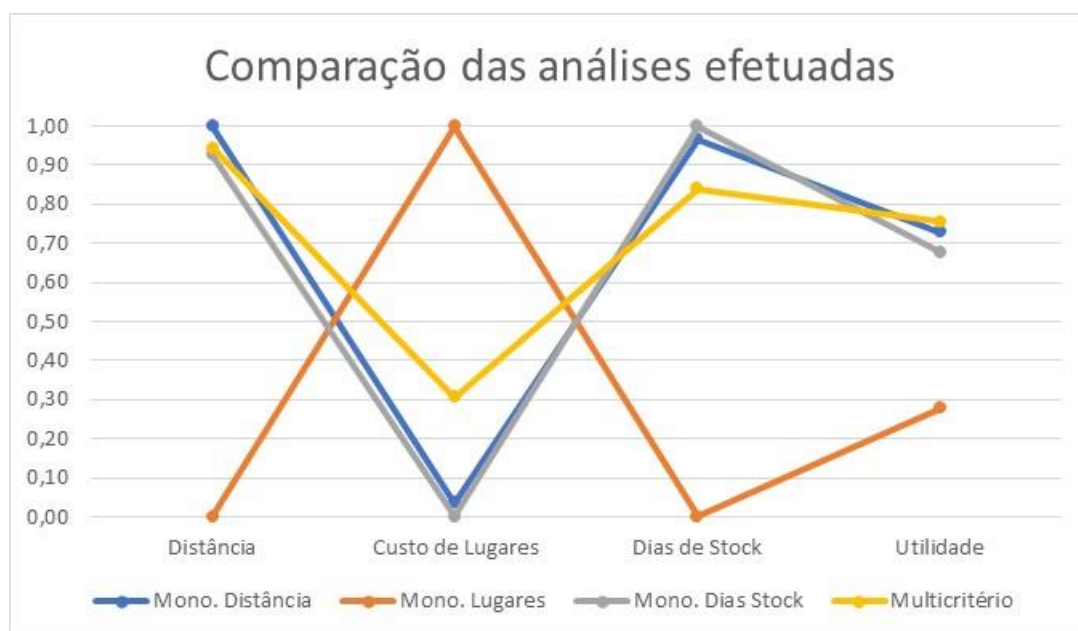


Figura 22- Comparação das análises: Saquetas, *ROC Weights*

A análise com os *ROC weights*, obtiveram novamente uma melhor utilidade do que quando se atribuiu os mesmos pesos aos critérios. Sendo assim uma melhor solução. Para confirmar, será então realizada a análise de custos.

Calculando os custos provenientes de cada uma das soluções das análises multicriteriais ao final de um ano, tem-se:

Zona de Saquetas					
	Distância	Lugares		Distância	Lugares
Solução	3 341,44	1 339,95	Solução	3 328,68	1 339,95
Soma	4 681,39		Soma	4 668,63	

Tabela 32- Custos das soluções Cenário 1- Zona Saquetas

Ambas as soluções apresentam valores muito semelhantes. Mas ainda assim, a solução com melhor resultado é a da análise em que se atribuiu um peso maior ao critério da distância. Assim, a solução da disposição do armazém com os *ROC Weights* apresenta um custo menor, 4 668,63€, do que a solução com os pesos dos vários critérios iguais, com o custo anual de 4681,39€.

5.2-2. Cenário Experimental (2)

Para este caso, existem 23 produtos a serem alocados em 61 locais das zonas 7 a 13. Sendo assim, o modelo matemático será resolvido com as seguintes constantes.

$$T_{\min}=0,5$$

$$T_{\max}=1,5$$

$$n=25$$

Os produtos escolhidos a usar neste caso, o total vendido em Kg no ano de 2016, tal como a sua saída média diária e o seu grau de rotatividade estão representados na tabela seguinte.

REF	Produto	Total (Kg)	Diário	Rotatividade
1550G30	CUNI TRANSICAO	1 947 240,00	7 489,38	12,936%
3455G30	FRANGOS OURO (115 GR)	1 839 300,00	7 074,23	12,219%
4704G30	MULTIPIG 2	1 518 030,00	5 838,58	10,085%
3482125	NANTA GRITE	1 269 120,00	4 881,23	8,431%
1549G25	CUNILAP	745 410,00	2 866,96	4,952%
4670G30	BOVICARNE 16	740 550,00	2 848,27	4,920%
1841G25	4EQS CLUB - Activity Classic	655 530,00	2 521,27	4,355%
4513M30	PM2	612 390,00	2 355,35	4,068%
4521G30	OVILACTAL BEIRAS	611 040,00	2 350,15	4,059%
3421G30	PORCINANTA 2 (815)	563 130,00	2 165,88	3,741%
4703G30	MULTIPIG 1	510 990,00	1 965,35	3,395%
3492GAV	COELHOS OURO (AV)	501 610,00	1 929,27	3,332%
4803G30	BOVICARNE 14	468 390,00	1 801,50	3,112%
1549GAV	CUNILAP (AV)	407 410,00	1 566,96	2,707%
1580U30	NOVALAC STARTER TXT	367 230,00	1 412,42	2,440%
4401G30	OVILACTAL 520	355 260,00	1 366,38	2,360%
1436G30	KEMPEN GRASS	325 740,00	1 252,85	2,164%
1562G30	BOVICARNE ENGORDA	292 980,00	1 126,85	1,946%
3497MAV	PINTOS OURO (104)	283 945,00	1 092,10	1,886%
1613G30	OVILACTAL TOP	269 910,00	1 038,12	1,793%
3459G30	NANTABIFE	263 280,00	1 012,62	1,749%
1492X30	CUNIMIX	261 180,00	1 004,54	1,735%
1493X30	CASEIRINHOS	243 000,00	934,62	1,614%

Tabela 33 - Produtos do Cenário 2

5.2-2.1. Análise Monocritério

Análise Monocritério: Distância

Resolvendo o sistema matemático utilizando a seguinte função objetivo.

$$\text{Minimizar } Z = \sum_{(i,j) \in A} (p_j d_j h_i y_{ij}) \quad (8)$$

A solução obtida para os três critérios a estudar são os seguintes:

	Distância	Custo de Lugares	Dias de Stock
Solução	2818,55	415,70	296,62

Tabela 34- Análise Monocritério: Distância

Os resultados mais detalhados da resolução deste sistema podem ser visualizados no Anexo XII.

Análise Monocritério: Custo dos Lugares

Resolvendo o sistema matemático utilizando a seguinte função objetivo.

$$\text{Minimizar } Z = \sum_{(i,j) \in A} c_j (1 - y_{ij}) \quad (10)$$

A solução obtida para os três critérios a estudar são os seguintes:

	Distância	Custo de Lugares	Dias de Stock
Solução	4001,96	0,00	374,12

Tabela 35- Análise Monocritério: Custo dos Lugares

Os resultados mais detalhados da resolução deste sistema podem ser visualizados no Anexo XIII.

Análise Monocritério: Dias de Stock

Resolvendo o sistema matemático utilizando a seguinte função objetivo.

$$\text{Minimizar } Z = \sum_{(i,j) \in A} (s_i y_{ij}) \quad (9)$$

A solução obtida para os três critérios a estudar são os seguintes:

	Distância	Custo de Lugares	Dias de Stock
Solução	3387,47	545,75	286,88

Tabela 36- Análise Monocritério: Dias de Stock

Os resultados mais detalhados da resolução deste sistema podem ser visualizados no Anexo XIV.

5.2-2.2. Análise Multicritério

Sendo esta a matriz das soluções monocriterais realizadas anteriormente:

	Distância	Custo de Lugares	Dias de Stock
Mono. Distância	2818,55	415,70	296,62
Mono. Lugares	4001,96	0,00	374,12
Mono. Dias Stock	3387,47	545,75	286,88

Tabela 37- Matriz das soluções para o cenário 2

Será necessário agora transformar esta matriz em unidades unidimensionais de forma a ser possível realizar a análise multicritério. Para transformar esta matriz será então atribuído 1 à melhor solução dentro de cada atributo e 0 à pior solução sendo o resto das soluções calculadas de acordo dentro do intervalo dessas soluções. Visto que esta matriz apenas se diferencia em dois atributos (Distância e Dias de Stock), a transformação dela ficará assim:

	Distância	Custo de Lugares	Dias de Stock
Mono. Distância	1,00	0,24	0,89
Mono. Lugares	0,00	1,00	0,00
Mono. Dias Stock	0,52	0,00	1,00

Tabela 38-Matriz unidimensional

Para uma melhor análise de resultados, o sistema será resolvido de duas maneiras. Primeiro será resolvido atribuindo o mesmo peso para todos os atributos, enquanto que numa segunda resolução serão atribuídos pesos pré-determinados denominados *Rank Order Centroid Weights*, ou simplesmente, *ROC weights*.

Análise Multicritério: Pesos iguais

Resolvendo o sistema matemático utilizando a seguinte função objetivo, sendo que os pesos, w_k , são iguais para todos os atributos.

$$\text{Maximizar } U = \sum_k w_k u_k$$

A solução obtida para os três critérios é a seguinte:

	Distância	Custo de Lugares	Dias de Stock
Solução	2859,55	415,70	289,70
Solução unidimensional	0,97	0,24	0,97
Utilidade	0,724		

Tabela 39- Análise Multicritério: Pesos iguais

Os resultados mais detalhados da resolução deste sistema podem ser visualizados no Anexo XV.

Análise Multicritério: Roc Weights

Resolvendo agora o sistema utilizando os *ROC weights*, sendo que a ordenação por prioridade será em primeiro a distância, de seguida o custo dos lugares e por fim os dias de stock. Calculando os pesos dos atributos com base na ordenação feita, e utilizando a fórmula dos *ROC weights*, para definição do peso dos mesmos, temos a seguinte tabela.

	Distância	Custo lugares	Dias de Stock
Pesos	0,611	0,278	0,111

Tabela 40- ROC Weights

Com os pesos já definidos podemos então agora fazer a otimização multicritério com base nos dados obtidos até agora utilizando a função que maximize a utilidade dos atributos consoante o seu peso. A função objetivo será:

$$\text{Maximizar } U = \sum_k w_k u_k$$

A solução da otimização multicritério com estes pesos teve os seguintes resultados:

	Distância	Custo de Lugares	Dias de Stock
Solução	2822,87	417,05	293,80
Solução unidimensional	1,00	0,24	0,92
Utilidade	0,777		

Tabela 41- Análise Multicritério: ROC Weights

Os resultados mais detalhados da resolução deste sistema podem ser visualizados no Anexo XVI.

5.2-2.3. Discussão de Resultados

Análise Multicritério: Pesos iguais

Tendo os valores dos pesos distribuídos de igual forma pelos três critérios, temos então na tabela seguinte o resultado da solução para cada análise efetuada na zona de sacos.

	Distância	Custo de Lugares	Dias de Stock
Mono. Distância	2818,55	415,70	296,62
Mono. Lugares	4001,96	0,00	374,12
Mono. Dias Stock	3387,47	545,75	286,88
Multicritério	2859,55	415,70	289,70
Vantagem Mono	1%	-	1%

Tabela 42- Resultados com pesos iguais

As soluções monocriteriais de distância e de dias de stock apenas têm uma melhoria de 1% face à solução multicritério. Enquanto que na solução monocritério do custo dos lugares foi possível eliminar os custos, preenchendo os locais todos. Na figura seguinte tem-se a tabela com os valores unidimensionais de cada um dos critérios, tal como a sua utilidade calculada.

	Distância	Custo de Lugares	Dias de Stock	Utilidade
Mono. Distância	1,00	0,24	0,89	0,709
Mono. Lugares	0,00	1,00	0,00	0,333
Mono. Dias Stock	0,52	0,00	1,00	0,506
Multicritério	0,97	0,24	0,97	0,724
Pesos	0,33	0,33	0,33	

Tabela 43- Utilidades dos critérios

A análise multicritério obteve o valor com maior utilidade de todas as análises, não havendo muita diferença, mais uma vez, entre a análise multicritério e a análise monocritério de distância. A comparação das análises pode ser visualizada graficamente na figura seguinte.

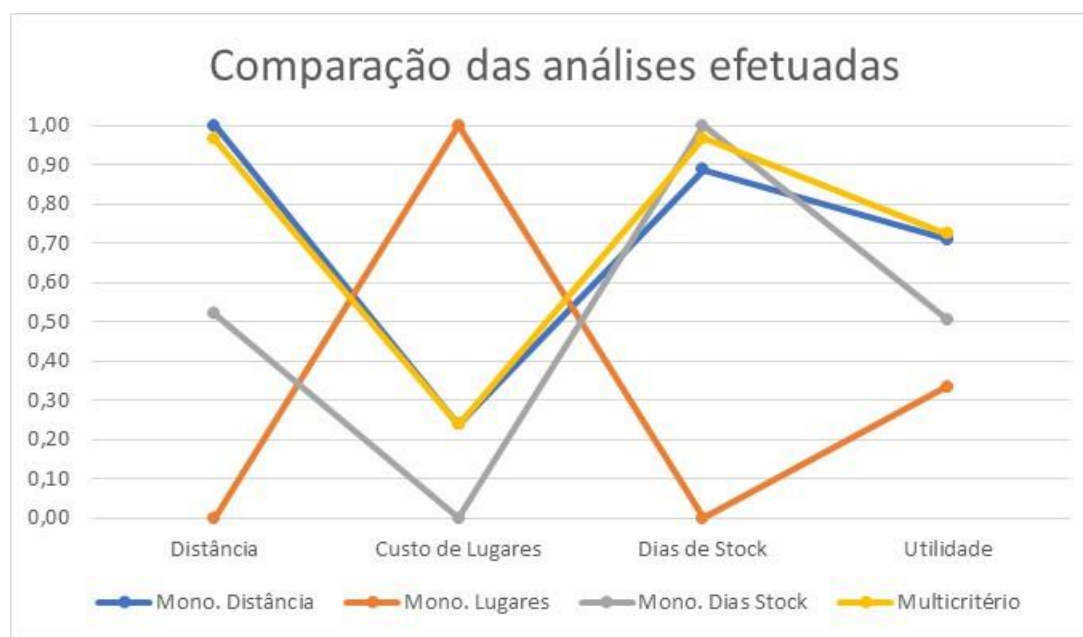


Figura 23- Comparação das análises, Saquetas, pesos iguais

Análise Multicritério: ROC Weights

Observando agora a análise multicritério utilizando como valores dos pesos os *ROC Weights*. Temos então as soluções obtidas na tabela seguinte.

	Distância	Custo de Lugares	Dias de Stock
Mono. Distância	2818,55	415,70	296,62
Mono. Lugares	4001,96	0,00	374,12
Mono. Dias Stock	3387,47	545,75	286,88
Multicritério	2822,87	417,05	293,80
Vantagem Mono	<1%	-	2%

Tabela 44- Resultados com *ROC Weights*

As soluções monocriteriais de distância e de dias de stock têm uma melhoria mínima de cerca de 1% e 2%, respetivamente, face à solução multicritério. Enquanto que na solução monocritério do custo dos lugares foi possível eliminar os custos. Na figura seguinte tem-se a tabela com os valores unidimensionais de cada um dos critérios, tal como a sua utilidade calculada.

	Distância	Custo de Lugares	Dias de Stock	Utilidade
Mono. Distância	1,00	0,24	0,89	0,776
Mono. Lugares	0,00	1,00	0,00	0,278
Mono. Dias Stock	0,52	0,00	1,00	0,428
Multicritério	0,99	0,24	0,92	0,777
Pesos	0,61	0,28	0,11	

Tabela 45- Utilidades dos critérios

Como se pode constatar, a análise multicritério foi a que teve maior valor na utilidade, mas por uma margem extremamente pequena face à análise monocritério da distância. Os resultados podem ser vistos graficamente na figura seguinte.

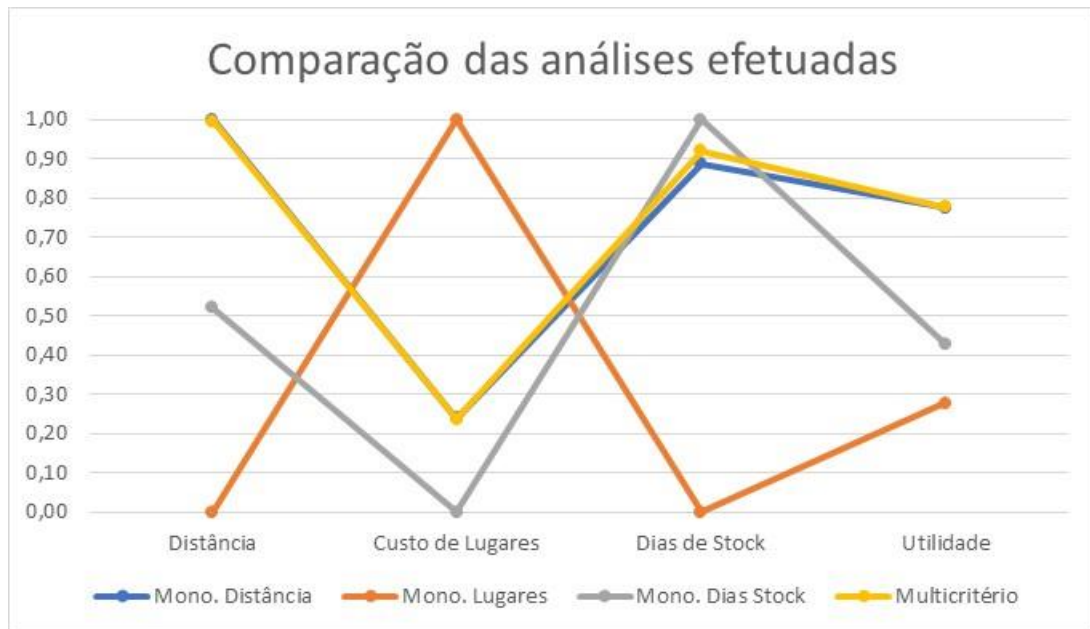


Figura 24- Comparação das análises, Saquetas, ROC Weights

Uma vez mais, a análise com os *ROC weights* tem uma utilidade superior. Calculando os custos provenientes das análises feitas anteriormente, tem-se então:

Zona de Sacos					
Pesos Iguais			ROC Weights		
	Distância	Lugares		Distância	Lugares
Solução	19915,27	6104,22	Solução	19897,24	6104,22
Soma	26019,49		Soma	26001,46	

Tabela 46- Custo das Soluções Cenário Experimental (2)

Como se pode ver, as soluções são praticamente iguais, apenas se diferenciando uma da outra por apenas 18,03€ ao final de um ano. Mesmo sendo uma margem quase insignificante, a abordagem pelos *ROC Weights* provou mais uma vez ser melhor do que atribuir os mesmos pesos a todos os critérios.

5.3- Análise de Sensibilidade

Para a realização da análise de sensibilidade será usada uma vertente do método *One-at-a-time* (OAT/OFAT) [34].

Este método de análise de sensibilidade é uma das mais simples e comuns abordagens, em que é alterado um critério de cada vez, para ver que efeito produz no resultado final.

Para isto será escolhido um cenário genérico do problema, que neste caso será a Zona das saquetas do Cenário Realista (1), para efetuar esta análise. Foi escolhido este cenário porque é um cenário real e no caso da zona dos sacos do Cenário Realista (1), não seria possível ver a sensibilidade do custo dos lugares, devido a ser sempre igual, qualquer que fossem os pesos atribuídos.

Quanto ao decisor, existirão 4 perfis, em que cada um atribuirá um peso maior a cada critério, de forma a ver como o resultado final varia. Sendo assim os perfis são:

- Decisor Neutro: Pesos iguais para todos os critérios
- Decisor de Distância: atribuirá um peso maior à distância
- Decisor de Lugares: atribuirá um peso maior ao custo dos lugares
- Decisor de Stock: atribuirá um peso maior aos dias de stock

Como a soma dos pesos tem de ser igual a 1, os pesos atribuídos por cada decisor serão os seguintes.

	Distância	Custo de Lugares	Dias de Stock
D. Neutro	0,33	0,33	0,33
D. Distância	0,6	0,2	0,2
D. Lugares	0,2	0,6	0,2
D. Stock	0,2	0,2	0,6

Tabela 47- Pesos atribuídos por cada decisor

Resolvendo então o sistema utilizando os pesos atribuídos por cada um dos perfis, os dados obtidos são os seguintes.

	Distância	Custo de Lugares	Dias de Stock	Sol. Multicritério
D. Neutro	819,69	117,00	86,99	0,70
D. Distância	770,74	162,80	83,40	0,80
D. Lugares	1337,66	0,00	123,01	0,61
D. Stock	785,72	162,80	81,84	0,80

Tabela 48- Soluções obtidas para cada um dos perfis

Estes resultados podem ser visualizados graficamente nas seguintes figuras.

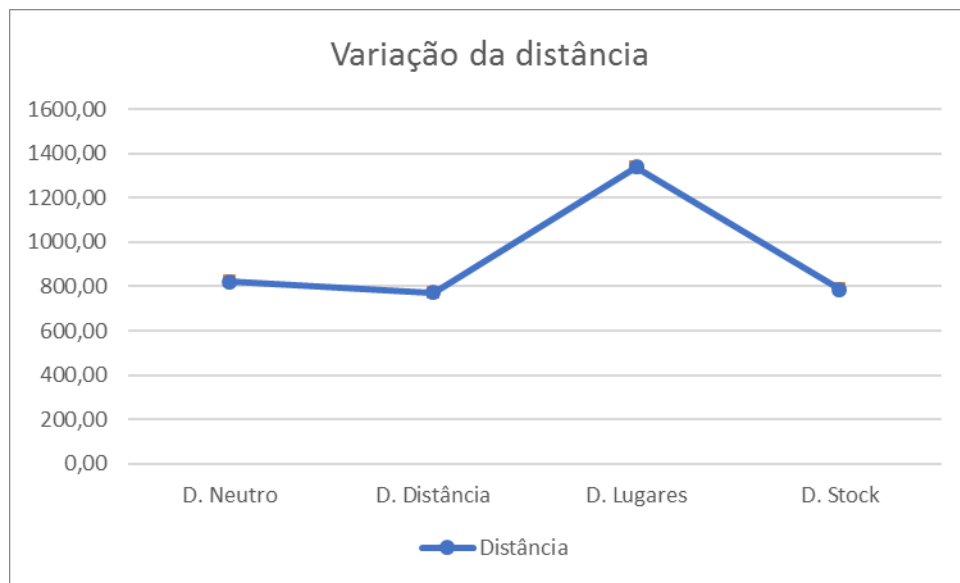


Figura 25- Variação da Distância

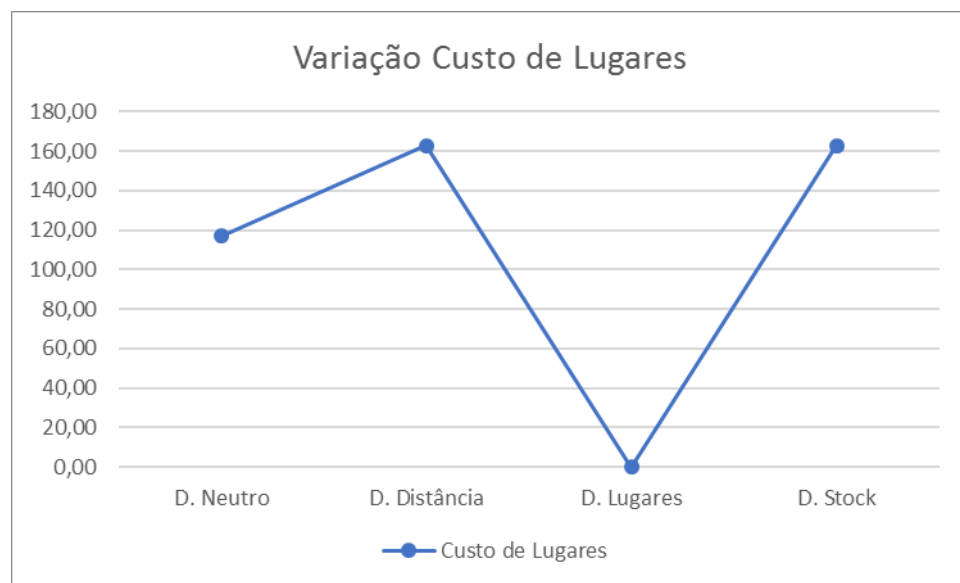


Figura 26- Variação do Custo dos Lugares

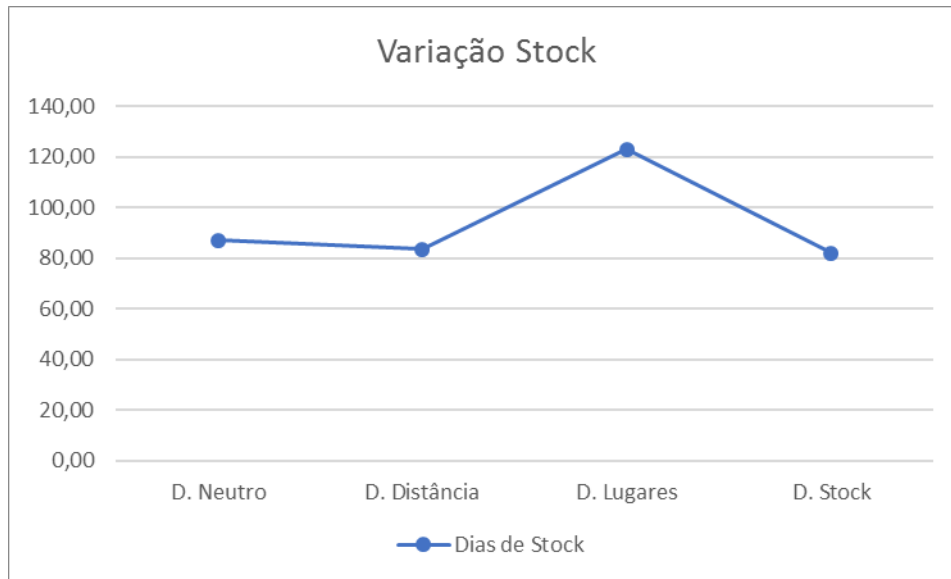


Figura 27- Variação dos dias de Stock

Comparando os valores dos três critérios individualmente, repara-se que os valores não têm grande variação, com a exceção de quando é atribuído um peso maior ao custo dos lugares. Isto é justificável, porque para minimizar esse custo, envolve ter mais produto em armazém aumentando assim os dias de stock, e aumentando também a distância percorrida pelos empilhadores para carregar e descarregar esses locais.

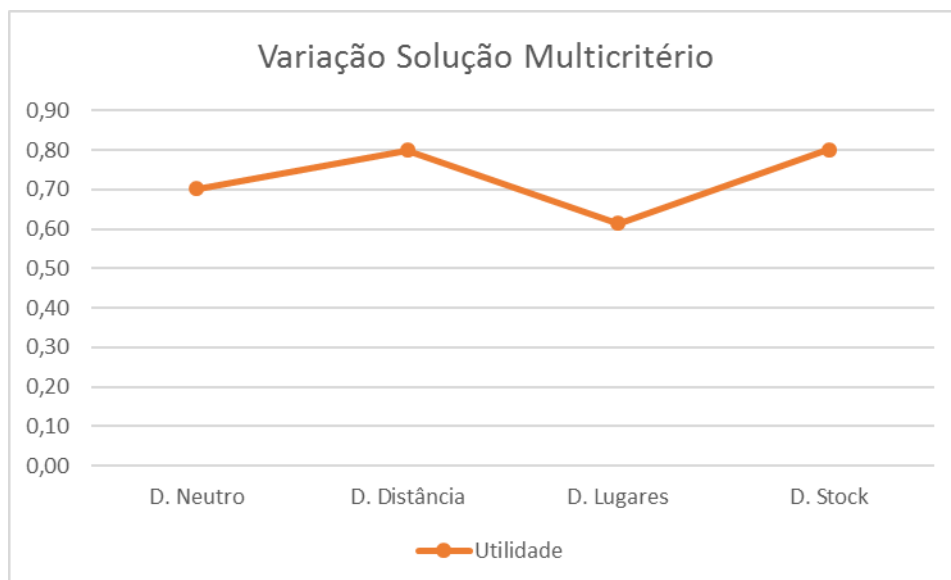


Figura 28- Variação das Solução final

Comparando os resultados das soluções multicritério, nota-se que a utilidade é mais baixa no perfil do custo dos lugares, precisamente pelas razões proferidas anteriormente. Ao minimizar esse critério, afeta-se diretamente os outros dois critérios. Enquanto que ao

minimizar os critérios de distância ou de dias de stock, é possível arranjar soluções que conciliem os objetivos dos dois critérios, havendo na mesma variação nas soluções individuais, mas resultando numa utilidade semelhante. Essas variações individuais não são tão acentuadas como quando se compara ao perfil de custo dos lugares, obtendo assim melhor resultados na solução final.

Sendo que o objetivo de fazer análise de sensibilidade, é ajudar a perceber as relações das variáveis de entrada com o resultado final, temos então, baseado nestes quatro perfis, o impacto do agente de decisão no resultado final. Havendo um maior impacto nas soluções quando se altera o peso associado ao custo dos lugares.

5.4- Análise comparativa com situação atual

Após análise de sensibilidade e dos resultados obtidos no Cenário 1, foi efetuada uma análise no armazém de modo a registar os locais atuais dos produtos estudados para se efetuar uma comparação entre o estado atual da organização do layout do armazém com a solução obtida no primeiro cenário. Os locais atuais dos produtos podem então ser visualizados no Anexo XVII, bem como a distância necessária a percorrer diariamente para satisfazer a procura. Sendo assim, com a disposição atual no armazém, percorre-se em média diariamente cerca de 34 338 metros para satisfazer a procura destes produtos. Enquanto que com a melhor solução obtida na simulação do modelo matemático, apenas é necessário percorrer em média 18 876 metros para satisfazer essa mesma procura. Isto resulta numa melhoria de 45 % ou de 15 462 metros por dia, que perfaz uma redução 4 020 quilómetros percorridos ao final de um ano. E supondo que os empilhadores se deslocam a 10km/h, que é a velocidade máxima legal permitida, serão poupadas então em média 402 horas de serviço ao final de um ano.

Atual / dia	Modelo / dia	Melhoria / dia	
34 338 m	18 876 m	15 462 m	45%
Melhoria / ano		10 km/h	
4 020 km		402 horas	

Figura 29- Comparação com estado atual do armazém

Calculando o custo, em euros, do estado atual no armazém para satisfazer a procura anual face às distâncias percorridas, tem-se que, com o layout atual, se gasta anualmente 76 904,50€ para satisfazer as operações relativas à movimentação destes produtos dentro do armazém. Por outro lado, a solução do modelo proposto nesta dissertação, apenas terá um custo de

41041,05€ anual, perfazendo assim uma redução de 35 863,45€ em custos associados à movimentação dos produtos em armazém.

Custo anual	
Situação Atual	Modelo
76 904,50 €	41 041,05 €
Redução	
35 863,45 €	

Figura 30- Comparação de Custos

Capítulo 6

Conclusões e Trabalhos Futuros

Este trabalho propôs um modelo matemático para a resolução de problemas de disposição de produtos e nível de enchimento dentro de armazém utilizando uma metodologia de otimização multicritério, com base em programação linear, reduzindo assim o custo associado às operações inerentes dos processos de armazenagem.

Os cenários apresentados são uma adaptação de um problema real de uma empresa de fabrico de ração animal, onde o armazém representa um importante papel na cadeia de abastecimento da fábrica, onde as decisões de alocação devem ser tomadas de forma sustentável considerando aspetos económicos.

Na revisão bibliográfica, foi possível uma melhor compreensão na importância e na necessidade na otimização dos processos existentes em armazém, por se tratarem muitas vezes de processos que não adicionam valor ao produto para o cliente, devendo assim, ser estudados para que os custos associados a esses processos sejam mínimos.

Para a definição do problema a tratar, foram encontradas algumas dificuldades, devido à falta de dados relativos ao armazém e dos produtos que nele se armazenam. Mas apesar disto, os problemas foram contornados, efetuando várias visitas ao armazém para registar todos os produtos que passam por lá e definir as áreas e capacidades de armazenagem. Após isto, foi realizado um levantamento e uma análise ABC sobre a rotatividade dos produtos no ano de 2016, perfazendo um total de 268 referências, sendo que 54 produtos correspondiam a produtos considerados A, dos quais foram alvo de estudo nesta dissertação. De seguida, foi feito o levantamento dos dados relativos ao armazém, onde foi necessário dividi-lo por zonas e retirar as distâncias percorridas para carga e descarga para essas mesmas zonas e a sua capacidade.

A modelagem proposta teve em consideração todas as necessidades e restrições resultantes das movimentações de produtos em armazém face à distância percorrida para satisfazer as

operações, a quantidade de cada produto em armazém, e o nível de enchimento, de modo a rentabilizar todo o espaço disponível. A modelação proposta foi baseada em programação linear com uma metodologia de otimização multicritério, permitindo atribuir prioridades conforme os interesses do decisor de forma a atingir os objetivos pretendidos.

Um dos pontos fortes de se utilizar programação linear é que é um método simples de decisão, permitindo uma abordagem simples e eficaz para a resolução de problemas de pequena e média dimensão, que pode facilmente ser ajustado para resolver problemas com características diferentes. Pode, ainda, ser resolvido no Microsoft Excel, que é um software simples e utilizado por bastantes empresas, não necessitando de softwares dedicados à resolução deste tipo de problemas, sendo assim uma solução capaz de providenciar excelentes resultados dando prioridade aos parâmetros e resultados obtidos e não à modelação matemática.

Os resultados obtidos do modelo PImcOLE mostram que a abordagem multicritério, tem a facilidade de se adequar aos objetivos que se pretender otimizar, obtendo resultados superiores na junção dos vários atributos considerados em comparação com as abordagens monocritério.

Tal como se verificou na comparação da situação atual do armazém, com a solução proposta do modelo, é possível à empresa reduzir em cerca de 35 863,45€, só em custos associados à movimentação de produtos em armazém. Os custos associados à não alocação de produtos em locais não foi aqui contabilizada porque não existe espaço fixo para os produtos em questão, logo, não seria possível calcular os espaços que ficaram por utilizar. Outro problema na análise de sensibilidade foi a dificuldade em calcular o custo dos dias de stock devido à falta de dados dos custos envolvidos no fabrico dos produtos e por considerar que a procura é linear. Devido a isto, o valor de custo de stock em armazém seria incoerente, porque independentemente da soma de dias de stock que se tivesse em armazém, o custo seria sempre o mesmo.

Apesar disto, a metodologia apresentada nesta dissertação está a ser implementada na empresa, e passará a ser utilizada sazonalmente em vez de anualmente de forma a conseguir ainda melhores resultados. Para além disto, a empresa empregará este mesmo modelo noutras áreas de armazenagem existentes na fábrica como no armazém de matéria prima e nos silos existentes para armazenar as rações a granel.

Como recomendações de trabalhos futuros, realça-se a transformação deste modelo para ser resolvido como uma metodologia de programação não-linear. Assim, seria possível resolver o sistema com maior precisão com base nos custos envolvidos na armazenagem. Seria possível atribuir custos não-lineares, por exemplo, poderia ser dado um custo exponencial quanto maior fosse o número de dias de stock de um produto, em vez de um custo linear tal como apresenta o modelo desenvolvido. Poderia também ser adicionado ao sistema novos atributos ou restrições para manter produtos com a mesma referência, juntos uns dos outros, em vez do mesmo produto se encontrar em dois lugares distintos do armazém. Outro aspeto interessante

a adicionar, que não teria muita utilidade na NANTA, mas poderia ser uma mais valia numa empresa que não vendesse apenas um tipo de produto, seria o agrupamento por famílias de produtos de características semelhantes tal como é apresentado de forma análoga no trabalho de Campos [5], para um problema de armazenagem de produtos acabados de uma siderúrgica.

Referências

- [1] Dharmapriya, U. S. S., & Kulatunga, A. K. (2011, January). New strategy for warehouse optimization-lean warehousing. In *Proceedings of the 2011 International Conference on Industrial Engineering and Operations Management* (pp. 513-519).
- [2] Ballou, R. H. (1999). *Business Logistics Management: Planning, Organizing and Controlling the Supply Chain. 4th edition.*
- [3] Guerriero, F., Musmanno, R., Pisacane, O., & Rende, F. (2013). A mathematical model for the Multi-Levels Product Allocation Problem in a warehouse with compatibility constraints. *Applied Mathematical Modelling*, 37(6), 4385-4398.
- [4] Gomes, H., da Silva, L. M., Sousa, A., & Peixoto, M. G. (2015). O problema de designação de locais de armazenagem: aplicação em uma empresa do setor de agronegócio. *Gepros: Gestão da Produção, Operações e Sistemas*, 10(3), 127.
- [5] Campos, M. S. (2009). Modelagem matemática aplicada a problemas na armazenagem de produtos acabados de uma siderúrgica.
- [6] Fontalvo, M. O., Maza, V. C., & Miranda, P. (2017). A Meta-Heuristic Approach to a Strategic Mixed Inventory-Location Model: Formulation and Application. *Transportation Research Procedia*, 25, 729-746.
- [7] Queirolo, F., Tonelli, F., Schenone, M., Nan, P., Zunino, I., & Savona, S. A. C. S. (2002). Warehouse layout design: minimizing travel time with a genetic and simulative approach—methodology and case study. In *Proceedings 14th European Simulation Symposium* (pp. 1-5).
- [8] Nutreco. Available at: <http://www.nutreco.pt> [Accessed 23 Jun. 2017].
- [9] NANTA. Available at: <http://www.nanta.pt> [Accessed 23 Jun. 2017].
- [10] Vitasek, K. (August 2013). Supply Chain Management Terms and Glossary. Published on pages of CSCMP (Council of Supply Chain Management Professionals).

- [11] Carvalho, J. C. et al. (2012). Logística e Gestão da Cadeia de Abastecimento. Lisboa: Sílabo
- [12] B.C.V. 1986. "Gestão de Stocks."
- [13] Morais, M. J. S. (2014). Melhoria dos procedimentos de um armazém da indústria da refrigeração.
- [14] Mota, C.R.Z. et al. (2011). Estudo sobre a Ferramenta Curva ABC em uma Empresa de Distribuição. In *VIII Congresso Virtual Brasileiro - Administração, Convibra*
- [15] Reichhart, A., & Holweg, M. (2007). Lean distribution: concepts, contributions, conflicts. *International journal of production research*, 45(16), 3699-3722.
- [16] Harrison, A., & Van Hoek, R. I. (2008). *Logistics management and strategy: competing through the supply chain*. Pearson Education.
- [17] Moniz, S. (2015), Lecture T10- Desingning lean Systems. Operations Management, FEUP
- [18] Hines, P., & Rich, N. (1997). The seven value stream mapping tools. *International journal of operations & production management*, 17(1), 46-64.
- [19] Falkowski, P., & Kitowski, P. (2013). The 5S methodology as a tool for improving organization of production. *PhD Interdisciplinary Journal*, 4, 127-133.
- [20] Schulze, M. A. (1998). Linear programming for optimization. *Perceptive Scientific Instruments, Inc*.
- [21] Steuer, R. (1986). Multiple criteria optimization: theory, computation and application, John Wiley & Sons.
- [22] Giacon, J. C. R. (2012). *Seleção de fornecedores por análise de decisão multicritério e otimização combinatória considerando aspectos de logística e sustentabilidade* (Doctoral dissertation, Universidade de São Paulo).
- [23] Edwards, W., & Barron, F. H. (1994). SMARTS and SMARTER: Improved simple methods for multiattribute utility measurement. *Organizational behavior and human decision processes*, 60(3), 306-325.
- [24] Lopes, Y. G., & De Almeida, A. T. (2009). Multicriteria approach for service units location: proposal of method SMARTER application. *Sistemas & Gestão*, 3(2), 114-128.
- [25] Holland, J. H. (1992). *Adaptation in natural and artificial systems: an introductory analysis with applications to biology, control, and artificial intelligence*. MIT press.
- [26] Pinto, R., Gonçalves, J., Cardoso, H. L., Oliveira, E., Gonçalves, G., & Carvalho, B. (2016, December). A Facility Layout Planner Tool Based on Genetic Algorithms. In *Computational Intelligence (SSCI), 2016 IEEE Symposium Series on* (pp. 1-8). IEEE.

- [27] Mason, A. J. (2012). OpenSolver-An Open Source Add-in to Solve Linear and Integer Programmes in Excel. In *Operations Research Proceedings 2011* (pp. 401-406). Springer Berlin Heidelberg.
- [28] COIN-OR: Computational Infrastructure for Operations Research. Available at: <http://www.coin-or.org/> [Accessed 23 Jun. 2017]
- [29] COIN-OR Linear Programming Solver. Available at: <https://projects.coin-or.org/Clp> [Accessed 23 Jun. 2017]
- [30] Interior Point OPTimizer: Ipopt. Available at: <https://projects.coin-or.org/Ipopt> [Accessed 23 Jun. 2017]
- [31] COIN-OR Branch-and-Cut MIP Solver. Available at: <https://projects.coin-or.org/Cbc> [Accessed 23 Jun. 2017]
- [32] Branch-Cut-Price Framework. Available at: <https://projects.coin-or.org/Bcp> [Accessed 23 Jun. 2017]
- [33] Saltelli, A., Ratto, M., Andres, T., Campolongo, F., Cariboni, J., Gatelli, D., ... & Tarantola, S. (2008). *Global sensitivity analysis: the primer*. John Wiley & Sons.
- [34] Winston, W. L., & Goldberg, J. B. (2004). *Operations research: applications and algorithms* (Vol. 3). Boston: Duxbury press.
- [35] FlexSim Simulation Software. Available at: <http://www.flexsim.com> [Accessed 23 Jun. 2017]

Anexos

Anexo I - Análise ABC dos produtos

REF	Produto	Total (Kg)	Percentual	Acumulado	ABC
1550G30	CUNI TRANSICAO	1 947 240,00	3,981%	3,981%	A
3492G30	COELHOS OURO	1 909 680,00	3,904%	7,885%	A
3455G30	FRANGOS OURO (115 GR)	1 839 300,00	3,760%	11,645%	A
4383M30	FRANGOS OURO MIG (115)	1 557 330,00	3,184%	14,829%	A
4704G30	MULTIPIG 2	1 518 030,00	3,103%	17,932%	A
3482125	NANTA GRITE	1 269 120,00	2,595%	20,527%	A
3438G25	GALAROS	1 087 620,00	2,223%	22,750%	A
3437G30	AVIUNIC/115	999 060,00	2,042%	24,793%	A
3477G25	POEDEIRAS RURAL (120)	912 570,00	1,866%	26,658%	A
1549G25	CUNILAP	745 410,00	1,524%	28,182%	A
4670G30	BOVICARNE 16	740 550,00	1,514%	29,696%	A
3440G30	POEDEIRAS OURO	737 250,00	1,507%	31,203%	A
1579G30	NOVALAC STARTER	658 740,00	1,347%	32,550%	A
1841G25	Activity Classic	655 530,00	1,340%	33,890%	A
1543X25	CAPOEIRA MIX	635 520,00	1,299%	35,189%	A
1582G30	NOVALAC RECRIA	634 380,00	1,297%	36,486%	A
4513M30	PM2	612 390,00	1,252%	37,738%	A
4521G30	OVILACTAL BEIRAS	611 040,00	1,249%	38,987%	A
1030M30	RECRIA OURO (FABRICOR)	594 390,00	1,215%	40,203%	A
3982G30	CUNI SAFE	580 410,00	1,187%	41,389%	A
3497M30	PINTOS OURO (104)	574 920,00	1,175%	42,564%	A
3421G30	PORCINANTA 2 (815)	563 130,00	1,151%	43,716%	A
3439M25	FRANGUINHOS	554 250,00	1,133%	44,849%	A
4523G30	OVILACTAL ORDENHA	524 100,00	1,071%	45,920%	A
4703G30	MULTIPIG 1	510 990,00	1,045%	46,965%	A
3492GAV	COELHOS OURO	501 610,00	1,025%	47,990%	A
3440M30	POEDEIRAS OURO	469 230,00	0,959%	48,950%	A
4803G30	BOVICARNE 14	468 390,00	0,958%	49,907%	A
1631T30	RUMINANTA 90	438 540,00	0,897%	50,804%	A
4544G30	TM VL 3001	428 880,00	0,877%	51,680%	A
3477GAV	POEDEIRAS RURAL (120)	425 115,00	0,869%	52,550%	A
1549GAV	CUNILAP	407 410,00	0,833%	53,382%	A
1580U30	NOVALAC STARTER TXT	367 230,00	0,751%	54,133%	A
1104G30	NANTACORDEIRO 2	362 730,00	0,742%	54,875%	A
4455G30	DL 3022	356 910,00	0,730%	55,604%	A
4401G30	OVILACTAL 520	355 260,00	0,726%	56,331%	A
4700G30	MULTIBIFE 1	353 910,00	0,724%	57,054%	A
3440GAV	POEDEIRAS OURO	351 945,00	0,719%	57,774%	A
3460G30	NANTABIFE SUPER	328 980,00	0,673%	58,446%	A
1436G30	KEMPEN GRASS	325 740,00	0,666%	59,112%	A
1548G30	CUNILACTAL MATER	323 460,00	0,661%	59,773%	A
3455GAV	FRANGOS OURO (115 GR)	318 810,00	0,652%	60,425%	A
4702G30	MULTIBIFE 2	317 610,00	0,649%	61,074%	A
1562G30	BOVICARNE ENGORDA	292 980,00	0,599%	61,673%	A
3497MAV	PINTOS OURO (104)	283 945,00	0,580%	62,254%	A
1564G30	BOVICARNE ACABAMENTO	274 110,00	0,560%	62,814%	A
1613G30	OVILACTAL TOP	269 910,00	0,552%	63,366%	A
4950T30	RUMITACO	264 840,00	0,541%	63,907%	A
3492G05	COELHOS OURO	263 715,00	0,539%	64,447%	A
3459G30	NANTABIFE	263 280,00	0,538%	64,985%	A
1313G30	BROILER 2ª FASE	262 230,00	0,536%	65,521%	A
1492X30	CUNIMIX	261 180,00	0,534%	66,055%	A
1166G30	CUNILACTAL SUPER	260 370,00	0,532%	66,587%	A

1493X30	CASEIRINHOS	243 000,00	0,497%	67,084%	A
3477G05	POEDEIRAS RURAL (120)	241 815,00	0,494%	67,578%	B
4764G30	TM BC GIDACARNES	240 780,00	0,492%	68,071%	B
4383MAV	FRANGOS OURO MIG (115)	237 925,00	0,486%	68,557%	B
1808G30	CERERECRIA	236 460,00	0,483%	69,040%	B
3455G05	FRANGOS OURO (115 GR)	231 545,00	0,473%	69,514%	B
4741G30	CUNIVITA FIBRA	231 270,00	0,473%	69,987%	B
1577G30	BOVILAC 22	230 400,00	0,471%	70,458%	B
4568H30	PREADAPTACOR M3	228 810,00	0,468%	70,925%	B
1845G25	Breeding Mare and foal	217 560,00	0,445%	71,370%	B
34821AV	NANTA GRITE	216 355,00	0,442%	71,812%	B
1630T30	RUMINANTA 2000	215 490,00	0,441%	72,253%	B
1313M30	BROILER 2ª FASE	213 060,00	0,436%	72,688%	B
4447G30	DL 3023	203 460,00	0,416%	73,104%	B
3437GAV	AVIUNIC/115	201 585,00	0,412%	73,517%	B
1124G30	BOVICRE 45	200 520,00	0,410%	73,926%	B
3438GAV	GALAROS	196 125,00	0,401%	74,327%	B
1549G05	CUNILAP	194 705,00	0,398%	74,725%	B
3497M05	PINTOS OURO (104)	193 405,00	0,395%	75,121%	B
4557G30	CAPRILACTAL SUPER 20	186 690,00	0,382%	75,503%	B
3423M30	NANTA RECRIA	182 040,00	0,372%	75,875%	B
1583G30	NOVALAC SECAS	180 570,00	0,369%	76,244%	B
1127G30	BOVITER-N	179 460,00	0,367%	76,611%	B
3518X25	CAPOEIRA MIX SG	176 520,00	0,361%	76,972%	B
4975G30	DL GR FRANCISCO SANTOS	175 950,00	0,360%	77,331%	B
3501H30	FRANGOS OURO FR (115)	175 020,00	0,358%	77,689%	B
4822G30	CAPRI SUL	171 390,00	0,350%	78,039%	B
4939G30	CUNIVITA FIBRA COX	170 640,00	0,349%	78,388%	B
1408G30	NANTACORDEIRO INICIACAO 1	168 420,00	0,344%	78,733%	B
4543G30	BOVINANTA EXT	163 440,00	0,334%	79,067%	B
4867G30	TM BC CARNE CFF	163 080,00	0,333%	79,400%	B
1546G30	NANTAPORC 10	163 020,00	0,333%	79,733%	B
4674G30	NANTACORDEIRO CRESCIMENTO	160 080,00	0,327%	80,061%	B
3477H25	POEDEIRAS RURAL (120)	159 750,00	0,327%	80,387%	B
3439MAV	FRANGUINHOS	152 820,00	0,312%	80,700%	B
1215G30	NANTAPORC CC	152 190,00	0,311%	81,011%	B
1084G30	NANTA REP	151 110,00	0,309%	81,320%	B
4629X30	TM OL BEIRA ALTA	149 520,00	0,306%	81,625%	B
1842U25	Activity Classic Mix	148 650,00	0,304%	81,929%	B
3422G30	PORCINANTA 1 (801)	143 790,00	0,294%	82,223%	B
4705G30	MULTIPIG 3	142 620,00	0,292%	82,515%	B
1195G30	NANTAPORC 60	142 200,00	0,291%	82,806%	B
4952G30	DL JOSE TERROSO	141 990,00	0,290%	83,096%	B
4818G30	OVILACTAL MP	140 460,00	0,287%	83,383%	B
1480G30	CUNIVITA	139 680,00	0,286%	83,668%	B
4513M05	PM2	139 100,00	0,284%	83,953%	B
1257G30	Nantacor Cebo Ligeiro Esp	135 630,00	0,277%	84,230%	B
3421H30	PORCINANTA 2 (815)	131 220,00	0,268%	84,498%	B
3997G30	Nantacor CLE M3	130 170,00	0,266%	84,765%	B
3482105	NANTA GRITE	128 950,00	0,264%	85,028%	B
1085G30	NANTALAIT	128 790,00	0,263%	85,291%	B
1125G30	BOVICRE SUPER	125 220,00	0,256%	85,547%	B
4973T30	RUMITACO 2000	122 940,00	0,251%	85,799%	B
4215G30	DL GR SEMINARIO	121 200,00	0,248%	86,047%	B
1567T30	CAMPINANTA 2000	121 170,00	0,248%	86,294%	B
1578G30	BOVILAC 23	121 050,00	0,247%	86,542%	B
4516M30	POLLOS 1	118 110,00	0,241%	86,783%	B
4673G30	OVILACTAL BEIRAS 20	117 990,00	0,241%	87,024%	B
1075G30	INICIAPORC	117 420,00	0,240%	87,264%	B
4462G30	CUNI TRANSICAO ROB	117 240,00	0,240%	87,504%	B

3426G30	BOVINANTA SUPER	117 180,00	0,240%	87,744%	B
3485G30	NOVALAC TOP 1823	116 460,00	0,238%	87,982%	B
3436G30	PERUS UNIC	113 730,00	0,233%	88,214%	B
1581G30	NOVALAC RECRIA PLUS	111 210,00	0,227%	88,442%	B
1670G30	INOGEST PLUS	104 580,00	0,214%	88,655%	B
4456G30	DL 3021	104 490,00	0,214%	88,869%	B
4534G30	OVILACTAL AZEITAO BIC	102 840,00	0,210%	89,079%	B
3993G30	OVILACTAL 1500	101 430,00	0,207%	89,287%	B
1035G30	PERDIZES CRESCIMENTO	101 250,00	0,207%	89,494%	B
4525G30	NUTRILEITE ESPECIAL	100 110,00	0,205%	89,698%	B
1574G30	BOVICARNE 13	99 510,00	0,203%	89,902%	B
3477HAV	POEDEIRAS RURAL (120)	94 285,00	0,193%	90,094%	B
4383M05	FRANGOS OURO MIG (115)	92 405,00	0,189%	90,283%	B
1492X05	CUNIMIX	91 565,00	0,187%	90,471%	B
1188G30	NANTAPORC 30	90 300,00	0,185%	90,655%	B
4682G30	CUNI F	89 700,00	0,183%	90,839%	B
4937G30	LABEL 2	89 610,00	0,183%	91,022%	B
1030G30	RECRIA OURO (FABRICOR)	87 330,00	0,179%	91,200%	B
4677G30	DL DOMINGOS ARANTES	86 460,00	0,177%	91,377%	B
3495G30	BOVINANTA 1	86 250,00	0,176%	91,553%	B
4477G30	DL ARMANDO VIDAL	83 640,00	0,171%	91,724%	B
3437G05	AVIUNIC/115	83 370,00	0,170%	91,895%	C
3982GAV	CUNI SAFE	78 180,00	0,160%	92,055%	C
51551AV	MILHO IMPORTACAO	76 610,00	0,157%	92,211%	C
4990G30	DL GR MJ SA COSTA	75 690,00	0,155%	92,366%	C
4601G30	BOVICARNE AA	75 630,00	0,155%	92,521%	C
1030MAV	RECRIA OURO (FABRICOR)	75 480,00	0,154%	92,675%	C
3432G30	NOVALAC MILHO	72 840,00	0,149%	92,824%	C
4893G30	TM BC CARVALHO E FILHO	72 480,00	0,148%	92,972%	C
1481G30	PERDIZES POSTURA	71 100,00	0,145%	93,117%	C
1302M30	BROILER 1ª FASE	70 410,00	0,144%	93,261%	C
1843G25	Dynamic 15	66 420,00	0,136%	93,397%	C
1202G30	NANTAPORC 100	65 580,00	0,134%	93,531%	C
3440H30	POEDEIRAS OURO	64 950,00	0,133%	93,664%	C
3525G30	DL CORUJEIRA	64 860,00	0,133%	93,796%	C
1034M30	PERDIZES INICIACAO	63 600,00	0,130%	93,927%	C
4512M30	PM1	63 270,00	0,129%	94,056%	C
1142G30	NANTA VITELO	60 060,00	0,123%	94,179%	C
3501HAV	FRANGOS OURO FR (115)	59 580,00	0,122%	94,300%	C
4867M30	TM BC CARNE CFF	59 520,00	0,122%	94,422%	C
3416G30	SEMEA GRANULADA	59 100,00	0,121%	94,543%	C
4516MAV	POLLOS 1	58 815,00	0,120%	94,663%	C
3440G05	POEDEIRAS OURO	56 035,00	0,115%	94,778%	C
1030M05	RECRIA OURO (FABRICOR)	55 275,00	0,113%	94,891%	C
4354G30	DL GR SERRA DA NAVE	54 360,00	0,111%	95,002%	C
1123G30	BOVISTRESS	53 940,00	0,110%	95,112%	C
1169G30	CUNIENGORDA RETIRADA	53 100,00	0,109%	95,221%	C
4947G30	TM OL ENERGIA	53 010,00	0,108%	95,329%	C
4813X30	MIX OV RURAL FUTURO	52 800,00	0,108%	95,437%	C
1083G30	NANTAUNIC	52 110,00	0,107%	95,544%	C
3438G05	GALAROS	51 165,00	0,105%	95,648%	C
4727X30	DL MIX 250	50 220,00	0,103%	95,751%	C
4912H30	MULTIBISARO	48 990,00	0,100%	95,851%	C
3439M05	FRANGUINHOS	47 665,00	0,097%	95,948%	C
4504X30	DL GANDARA 3	47 550,00	0,097%	96,046%	C
1546G05	NANTAPORC 10	46 935,00	0,096%	96,142%	C
4670H30	BOVICARNE 16	46 710,00	0,095%	96,237%	C
3440HAV	POEDEIRAS OURO	44 240,00	0,090%	96,327%	C
4938G30	GESTICOR ADAPTACION	43 740,00	0,089%	96,417%	C
3439G25	FRANGUINHOS	42 450,00	0,087%	96,504%	C

1492XAV	CUNIMIX	42 090,00	0,086%	96,590%	C
1036G30	PERDIZES MANUTENCAO	41 820,00	0,085%	96,675%	C
3592G30	DL AMC1	41 370,00	0,085%	96,760%	C
4901G30	DL GR ANTONIO LEAL	40 350,00	0,082%	96,842%	C
3477H05	POEDEIRAS RURAL (120)	39 945,00	0,082%	96,924%	C
3539M30	DL A.P. FELGUEIRAS	39 030,00	0,080%	97,004%	C
4956H30	TM BC REI DO GADO	37 680,00	0,077%	97,081%	C
1543X05	CAPOEIRA MIX	37 675,00	0,077%	97,158%	C
4476G30	DL S.M. GANDARA	37 530,00	0,077%	97,235%	C
3436G05	PERUS UNIC	34 900,00	0,071%	97,306%	C
4961G30	RETIRADA COX	34 830,00	0,071%	97,377%	C
3440MAV	POEDEIRAS OURO	34 600,00	0,071%	97,448%	C
3440M05	POEDEIRAS OURO	34 400,00	0,070%	97,518%	C
4956G30	TM BC REI DO GADO	34 200,00	0,070%	97,588%	C
5155105	MILHO IMPORTACAO	33 565,00	0,069%	97,657%	C
4410G30	DL DOMINGOS FIGUEIREDO	32 190,00	0,066%	97,722%	C
1515G30	Capri Complet Especial	32 040,00	0,066%	97,788%	C
4910M30	AV1	31 260,00	0,064%	97,852%	C
1576G30	BOVILAC	29 520,00	0,060%	97,912%	C
1568G30	TOUROS BRAVOS	29 310,00	0,060%	97,972%	C
4969M30	CODORNIZES 1ª FASE	29 130,00	0,060%	98,032%	C
5185130	TRIGO IMPORTACAO	28 530,00	0,058%	98,090%	C
4706X30	TM CL NUNO PINTO	26 550,00	0,054%	98,144%	C
4867H30	TM BC CARNE CFF	26 400,00	0,054%	98,198%	C
3417H30	PORCINANTA 3 (816)	25 560,00	0,052%	98,251%	C
1563G30	BOVICARNE 2A	25 440,00	0,052%	98,303%	C
1106G30	NANTACORDEIRO RETIRADA 3	25 320,00	0,052%	98,354%	C
3865M30	DL CAVAGRI	24 750,00	0,051%	98,405%	C
3436M30	PERUS UNIC	24 630,00	0,050%	98,455%	C
1493X05	CASEIRINHOS	24 570,00	0,050%	98,505%	C
1564H30	BOVICARNE ACABAMENTO	24 420,00	0,050%	98,555%	C
1584G30	NOVALAC TRANSICAO	23 880,00	0,049%	98,604%	C
3576G30	TM BC DAO AGRO	23 790,00	0,049%	98,653%	C
3982G05	CUNI SAFE	23 400,00	0,048%	98,701%	C
3436M05	PERUS UNIC	22 970,00	0,047%	98,748%	C
4459H30	TM BC ACABAMNT NOVILHOS	22 620,00	0,046%	98,794%	C
1622G30	CAPRILACTAL SUPER	21 840,00	0,045%	98,839%	C
4970M30	CODORNIZES 2ª FASE	20 430,00	0,042%	98,880%	C
1543XAV	CAPOEIRA MIX	20 330,00	0,042%	98,922%	C
1512G30	CAPRI COMPLET	20 310,00	0,042%	98,963%	C
4937M30	LABEL 2	20 010,00	0,041%	99,004%	C
4706G30	TM CL NUNO PINTO	19 830,00	0,041%	99,045%	C
1844G25	Breeding Junior	18 930,00	0,039%	99,084%	C
1255G30	BOVISEC	18 450,00	0,038%	99,121%	C
4475X30	DL MIX S.MARTINHO GANDARA	18 300,00	0,037%	99,159%	C
4752G30	TM BC MIRANOVILHOS	18 240,00	0,037%	99,196%	C
1131G30	NANTA DESMAME	18 180,00	0,037%	99,233%	C
1576H30	BOVILAC	17 670,00	0,036%	99,269%	C
1552GAV	CUNIBABY	17 350,00	0,035%	99,305%	C
1104GAV	NANTACORDEIRO 2	17 265,00	0,035%	99,340%	C
3529H30	POEDEIRAS 1	16 740,00	0,034%	99,374%	C
4670M30	BOVICARNE 16	15 750,00	0,032%	99,406%	C
3440H05	POEDEIRAS OURO	15 620,00	0,032%	99,438%	C
3434G05	AVES DE CAÇA	15 615,00	0,032%	99,470%	C
4493G30	DL MARTINS BEDUIDO	15 180,00	0,031%	99,501%	C
4704H30	MULTIPIG 2	13 170,00	0,027%	99,528%	C
3501H05	FRANGOS OURO FR (115)	12 730,00	0,026%	99,554%	C
4435M30	DL HUGO JACINTO	12 090,00	0,025%	99,579%	C
1030G05	RECRIA OURO (FABRICOR)	12 075,00	0,025%	99,604%	C
1124H30	BOVICRE 45	12 000,00	0,025%	99,628%	C

Otimização de layout de armazém e nível de enchimento 85

4700H30	MULTIBIFE 1	11 670,00	0,024%	99,652%	C
4153G30	OVICOMPLET	11 670,00	0,024%	99,676%	C
4885X30	TM OL PR	11 070,00	0,023%	99,699%	C
4429H30	NANTACOR PRE INICIACAO	10 800,00	0,022%	99,721%	C
4971M30	CODORNIZES REPRODUTORAS	10 320,00	0,021%	99,742%	C
3494G30	BOVINANTA 2	9 900,00	0,020%	99,762%	C
3494H30	BOVINANTA 2	9 750,00	0,020%	99,782%	C
4803H30	BOVICARNE 14	8 880,00	0,018%	99,800%	C
1030GAV	RECRIA OURO (FABRICOR)	8 020,00	0,016%	99,816%	C
1083H30	NANTAUNIC	7 890,00	0,016%	99,833%	C
30M4903	FRANGAS SOLO 1ª FASE	6 150,00	0,013%	99,845%	C
4641G30	NANTACOR ADAPTACAO	5 970,00	0,012%	99,857%	C
30G1243	CUNIREX	5 430,00	0,011%	99,868%	C
3613G25	SOMICELL	5 325,00	0,011%	99,879%	C
3424X30	NANTAPORC MIX	5 220,00	0,011%	99,890%	C
1877G30	CUNILACTAL START	4 950,00	0,010%	99,900%	C
4457H30	TM BC CRESCIMNT NOVILHOS	4 350,00	0,009%	99,909%	C
30M3547	POEDEIRAS 2	3 960,00	0,008%	99,925%	C
3518XAV	CAPOEIRA MIX SG	3 780,00	0,008%	99,925%	C
3518X05	CAPOEIRA MIX SG	3 780,00	0,008%	99,933%	C
30H3547	POEDEIRAS 2	3 690,00	0,008%	99,940%	C
4967H30	BISARO CRUZADO	3 240,00	0,007%	99,947%	C
4752H30	TM BC MIRANOVILHOS	3 150,00	0,006%	99,953%	C
30H1003	A-3 (8 - 17 SEMANAS)	2 940,00	0,006%	99,959%	C
1546GAV	NANTAPORC 10	2 860,00	0,006%	99,965%	C
3974G30	DL GR NANTA CFF	2 700,00	0,006%	99,971%	C
4966H30	BISARO PURO	2 580,00	0,005%	99,976%	C
3434GAV	AVES DE CAÇA	2 125,00	0,004%	99,980%	C
3495H30	BOVINANTA 1	1 890,00	0,004%	99,984%	C
4164H30	TM BC CEREAIS	1 830,00	0,004%	99,988%	C
3436GAV	PERUS UNIC	1 820,00	0,004%	99,992%	C
4995H30	CODORNIZES STARTER	1 590,00	0,003%	99,995%	C
3436MAV	PERUS UNIC	1 455,00	0,003%	99,998%	C
4459G30	TM BC ACABAMNT NOVILHOS	900,00	0,002%	100,000%	C
1552G05	CUNIBABY	200,00	0,000%	100,000%	C

Anexo II - Distâncias percorridas

Distâncias (metros)				Distâncias (metros)			
Zonas	Carga	Descarga	Total	Zonas	Carga	Descarga	Total
1-1	73	120,8	193,8	9-1	7,75	29	36,75
1-2	71,5	119,3	190,8	9-2	9,25	27,5	36,75
1-3	70	117,8	187,8	9-3	10,75	26	36,75
1-4	68,5	116,3	184,8	9-4	12,25	24,5	36,75
1-5	67	114,8	181,8	9-5	13,75	23	36,75
1-6	65,5	113,3	178,8	10-1	9,25	46	55,25
1-7	64	111,8	175,8	10-2	10,75	47,5	58,25
1-8	62,5	110,3	172,8	10-3	12,25	49	61,25
1-9	61	108,8	169,8	10-4	13,75	49,55	63,3
1-10	59,5	107,3	166,8	11-1	2,75	39,5	42,25
1-11	58	105,8	163,8	11-2	4,25	41	45,25
1-12	56,5	104,3	160,8	11-3	5,75	42,5	48,25
1-13	55	102,8	157,8	11-4	7,25	44	51,25
1-14	53,5	101,3	154,8	11-5	8,75	45,5	54,25
1-15	52	99,8	151,8	11-6	10,25	47	57,25
1-16	50,5	98,3	148,8	11-7	11,75	48,5	60,25
1-17	49	96,8	145,8	11-8	13,25	48,35	61,6
1-18	47,5	95,3	142,8	11-9	14,75	46,85	61,6
1-19	46	93,8	139,8	11-10	16,25	45,35	61,6
1-20	44,5	92,3	136,8	11-11	17,75	43,85	61,6
1-21	43	90,8	133,8	11-12	19,25	42,35	61,6
1-22	41,5	89,3	130,8	12-1	19,75	17,25	37
1-23	40	87,8	127,8	12-2	21,25	15,75	37
1-24	38,5	86,3	124,8	12-3	22,75	14,25	37
1-25	37	84,8	121,8	12-4	24,25	12,75	37
1-26	35,5	83,3	118,8	12-5	25,75	11,25	37
1-27	34	81,8	115,8	12-6	27,25	10,25	37,5
1-28	32,5	80,3	112,8	12-7	28,75	11,75	40,5
1-29	31	78,8	109,8	12-8	30,25	13,25	43,5
1-30	29,5	77,3	106,8	12-9	31,75	14,75	46,5
2-1	68,5	116,3	184,8	12-10	33,25	16,25	49,5
2-2	67	114,8	181,8	12-11	34,75	17,75	52,5
2-3	65,5	113,3	178,8	12-12	36,25	19,25	55,5
2-4	64	111,8	175,8	13-1	23,55	40,55	64,1
2-5	62,5	110,3	172,8	13-2	22,55	39,05	61,6
2-6	61	108,8	169,8	13-3	24,05	37,55	61,6
2-7	59,5	107,3	166,8	13-4	25,55	36,05	61,6
2-8	58	105,8	163,8	13-5	27,05	34,55	61,6
2-9	56,5	104,3	160,8	13-6	28,55	33,05	61,6
2-10	55	102,8	157,8	13-7	30,05	31,55	61,6
2-11	53,5	101,3	154,8	13-8	31,55	30,05	61,6
3-1	52	99,8	151,8	13-9	33,05	28,55	61,6
3-2	50,5	98,3	148,8	13-10	34,55	27,05	61,6
4-1	44,9	92,7	137,6	13-11	36,05	25,55	61,6

4-2	43,4	91,15	134,55		13-12	37,55	24,05	61,6
4-3	41,9	89,6	131,5		13-13	39,05	22,55	61,6
4-4	40,4	88,05	128,45		13-14	40,55	23,55	64,1
4-5	38,9	86,5	125,4					
4-6	37,4	84,95	122,35					
4-7	35,9	83,4	119,3					
4-8	34,4	81,85	116,25					
4-9	32,9	80,3	113,2					
5-1	22,5	70,25	92,75					
5-2	21	68,75	89,75					
5-3	19,5	67,25	86,75					
5-4	18	65,75	83,75					
6-1	40,5	81,3	121,8					
6-2	39	79,8	118,8					
6-3	37,5	78,3	115,8					
6-4	36	76,8	112,8					
6-5	34,5	75,3	109,8					
6-6	33	73,8	106,8					
6-7	31,5	72,3	103,8					
6-8	30	70,8	100,8					
6-9	28,5	69,3	97,8					
6-10	27	67,8	94,8					
6-11	25,5	66,3	91,8					
7-1	13	51	64					
7-2	11,5	49,5	61					
7-3	10	48	58					
7-4	8,5	46,5	55					
7-5	7	45	52					
7-6	5,5	43,5	49					
7-7	4	42	46					
8-1	10	44,2	54,2					
8-2	8,5	42,7	51,2					
8-3	7	41,2	48,2					
8-4	5,5	39,7	45,2					
8-5	7,25	38,2	45,45					
8-6	8,75	36,7	45,45					
8-7	10,25	35,2	45,45					

Anexo III - Cenário 1- Zona Sacos: Monocritério - Distância

Zona 9

Zona 9-1	GALAROS
Zona9-2	CASEIRINHOS
Zona 9-3	AVIUNIC/115
Zona9-4	NANTA GRITE
Zona 9-5	POEDEIRAS RURAL (120)

Zona 10

Zona 10-1	PM2
Zona 10-2	RECRIA OURO (FABRICOR)
Zona 10-3	PORCINANTA 2 (815)
Zona 10-4	BROILER 2ª FASE

Zona 11

Zona 11-1	POEDEIRAS OURO
Zona 11-2	4EQS CLUB - Activity Classic
Zona 11-3	NOVALAC RECRIA
Zona 11-4	CUNI SAFE
Zona 11-5	NANTACORDEIRO 2
Zona 11-6	OVILACTAL 520
Zona 11-7	MULTIBIFE 1
Zona 11-8	KEMPEN GRASS
Zona 11-9	NANTABIFE SUPER
Zona 11-10	MULTIBIFE 2
Zona 11-11	CUNILACTAL MATER
Zona 11-12	BOVICARNE ENGORDA

Zona 12

Zona 12-1	FRANGOS OURO (115 GR)
Zona 12-2	MULTIPIG 2
Zona 12-3	COELHOS OURO
Zona 12-4	FRANGOS OURO MIG (115)
Zona 12-5	CUNI TRANSICAO
Zona 12-6	CUNILAP
Zona 12-7	BOVICARNE 16
Zona 12-8	NOVALAC STARTER
Zona 12-9	CAPOEIRA MIX
Zona 12-10	OVILACTAL BEIRAS
Zona 12-11	PINTOS OURO (104)
Zona 12-12	DL 3022

Zona 13

Zona 13-1	CUNILACTAL SUPER
Zona 13-2	NANTABIFE
Zona 13-3	OVILACTAL TOP
Zona 13-4	BOVICARNE ACABAMENTO
Zona 13-5	OVILACTAL ORDENHA
Zona 13-6	TM VL 3001
Zona 13-7	MULTIPIG 1
Zona 13-8	RUMINANTA 90
Zona 13-9	BOVICARNE 14
Zona 13-10	RUMITACO
Zona 13-11	NOVALAC STARTER TXT
Zona 13-12	POEDEIRAS OURO
Zona 13-13	FRANGUINHOS
Zona 13-14	CUNIMIX

REF	Produto	n - dias K				Custos Lugares				Dias de Stock	Diferença	Dias de Stock	Cj total	Cj médio	paletes por dia	distância percorrida diariamente
		771750		2233,55		utilizado		diferença								
		25	0,3	2,5	0,3	2,5	2233,55	2233,55								
QT	Min Toneladas	Max Toneladas	toneladas	Imax	Imin	Trmax	Trmin									
1550G30	CUNI TRANSICAO	24	14 897,86	124 148,80	18 000	2,40	37	37,0	10	740,0						
3492G30	COELHOS OURO	24	14 610,49	121 754,11	18 000	2,45	37	37,0	10	740,0						
3455G30	FRANGOS OURO (115 GR)	24	14 072,03	117 266,94	18 000	2,54	37	37,0	10	740,0						
4383M30	FRANGOS OURO MIG (115)	24	11 914,75	99 289,58	18 000	3,01	37	37,0	8	592,0						
4704G30	MULTIPIG 2	24	11 614,08	96 783,96	18 000	3,08	37	37,0	8	592,0						
3482125	NANTA GRITE	15	9 709,73	80 914,38	11 250	2,30	36,75	36,8	7	514,5						
3438G25	GALAROS	15	8 321,11	69 342,62	11 250	2,69	36,75	36,8	6	441,0						
3437G30	AVIUNIC/115	15	7 643,56	63 696,36	11 250	2,93	36,75	36,8	6	441,0						
3477G25	POEIRAS RURAL (120)	15	6 981,85	58 182,08	11 250	3,21	36,75	36,8	5	367,5						
1549G25	CUNILAP	24	5 702,95	47 524,58	18 000	6,28	37,5	37,5	4	300,0						
4670G30	BOVICARNE 16	24	5 665,77	47 214,72	18 000	6,32	40,5	40,5	4	324,0						
3440G30	POEIRAS OURO	24	5 640,52	47 004,32	18 000	6,35	42,25	42,3	4	338,0						
1579G30	NOVALAC STARTER	24	5 039,86	41 998,82	18 000	7,10	43,5	43,5	4	348,0						
1841G25	4EQS CLUB - Activity Classic	24	5 015,30	41 794,16	18 000	7,14	45,25	45,3	4	362,0						
1543X25	CAPOEIRA MIX	24	4 862,21	40 518,40	18 000	7,36	46,5	46,5	4	372,0						
1582G30	NOVALAC RECRIA	24	4 853,49	40 445,72	18 000	7,38	48,25	48,3	4	386,0						
4513M30	PM2	21	4 685,25	39 043,71	15 750	6,69	55,25	55,3	4	442,0						
4521G30	OVI LACTAL BEIRAS	24	4 674,92	38 957,64	18 000	7,66	49,5	49,5	4	396,0						
1030M30	RECRIA OURO (FABRICOR)	21	4 547,53	37 896,10	15 750	6,89	58,25	58,3	4	466,0						
3982G30	CUNI SAFE	24	4 440,57	37 004,79	18 000	8,06	51,25	51,3	3	307,5						
3497M30	PINTOS OURO (104)	24	4 398,57	36 654,77	18 000	8,14	52,5	52,5	3	315,0						
3421G30	PORCINANTA 2 (815)	21	4 308,37	35 903,08	15 750	7,27	61,25	61,3	3	367,5						
3439M25	FRANGUINHOS	21	4 240,43	35 336,92	15 750	7,39	61,6	61,6	3	369,6						
4523G30	OVI LACTAL ORDENHA	21	4 009,76	33 414,67	15 750	7,81	61,6	61,6	3	369,6						
4703G30	MULTIPIG 1	21	3 909,46	32 578,83	15 750	8,01	61,6	61,6	3	369,6						
3440M30	POEIRAS OURO	21	3 589,96	29 916,36	15 750	8,73	61,6	61,6	3	369,6						
4803G30	BOVICARNE 14	21	3 583,54	29 862,81	15 750	8,74	61,6	61,6	3	369,6						
1631T30	RUMINANTA 90	21	3 355,16	27 959,68	15 750	9,34	61,6	61,6	3	369,6						
4544G30	TM VL 3001	21	3 281,26	27 343,80	15 750	9,55	61,6	61,6	3	369,6						
1580U30	NOVALAC STARTER TXT	21	2 809,59	23 413,22	15 750	11,15	61,6	61,6	2	246,4						
4455G30	NANTACORBEIRO 2	24	2 775,16	23 126,32	18 000	12,90	54,25	54,3	2	217,0						
4401G30	OVI LACTAL 520	24	2 730,63	22 755,26	18 000	13,11	55,5	55,5	2	222,0						
4700G30	MULTIBIFE 1	24	2 718,01	22 650,06	18 000	13,17	57,25	57,3	2	229,0						
3460G30	NANTABIFE SUPER	24	2 707,68	22 563,99	18 000	13,22	60,25	60,3	2	241,0						
1436G30	KEMPEN GRASS	24	2 516,95	20 974,54	18 000	14,23	61,6	61,6	2	246,4						
1548G30	CUNI LACTAL WATER	24	2 492,16	20 767,97	18 000	14,37	61,6	61,6	2	246,4						
4702G30	MULTIBIFE 2	24	2 474,71	20 622,61	18 000	14,47	61,6	61,6	2	246,4						
1562G30	BOVICARNE ENGORDA	24	2 429,96	20 249,64	18 000	14,74	61,6	61,6	2	246,4						
1564G30	BOVICARNE ACABAMENTO	21	2 241,52	18 679,32	15 750	15,97	61,6	61,6	2	246,4						
1613G30	OVI LACTAL TOP	21	2 065,02	17 208,46	15 750	15,17	61,6	61,6	2	246,4						
4950T30	RUMITACO	21	2 026,23	16 885,22	15 750	15,46	61,6	61,6	2	246,4						
3459G30	NANTABIFE	21	2 014,29	16 785,76	15 750	15,55	61,6	61,6	2	246,4						
1313G30	BROILER 2ª FASE	21	2 006,26	16 718,81	15 750	15,62	63,3	63,3	2	253,2						
1492X30	CUNIMIX	21	1 998,22	16 651,87	15 750	15,68	64,1	64,1	2	256,4						
1166G30	CUNI LACTAL SUPER	21	1 992,03	16 600,23	15 750	15,73	64,1	64,1	2	256,4						
1493X30	CASEIRINHOS	15	1 859,13	15 492,78	11 250	12,04	36,75	36,8	2	147,0						
1 029	231 525,00	771 750	434,35	2 466,45	176	2466,45	16765,2	16765,2								

Anexo IV - Cenário 1- Zona Sacos: Monocritério - Dias de Stock

Zona 9

Zona 9-1	NANTABIFE
Zona9-2	CUNILACTAL SUPER
Zona 9-3	CUNIMIX
Zona9-4	BROILER 2ª FASE
Zona 9-5	CASEIRINHOS

Zona 10

Zona 10-1	MULTIPIG 1
Zona 10-2	CUNILACTAL MATER
Zona 10-3	NANTABIFE SUPER
Zona 10-4	POEDEIRAS OURO

Zona 11

Zona 11-1	PM2
Zona 11-2	FRANGOS OURO MIG (115)
Zona 11-3	NANTA GRITE
Zona 11-4	RECRIA OURO (FABRICOR)
Zona 11-5	FRANGUINHOS
Zona 11-6	AVIUNIC/115
Zona 11-7	PINTOS OURO (104)
Zona 11-8	CUNI TRANSICAO
Zona 11-9	OVILACTAL BEIRAS
Zona 11-10	COELHOS OURO
Zona 11-11	POEDEIRAS OURO
Zona 11-12	NOVALAC STARTER

Zona 12

Zona 12-1	4EQS CLUB - Activity Classic
Zona 12-2	MULTIPIG 2
Zona 12-3	CUNI SAFE
Zona 12-4	OVILACTAL ORDENHA
Zona 12-5	NOVALAC RECRIA
Zona 12-6	CAPOEIRA MIX
Zona 12-7	CUNILAP
Zona 12-8	POEDEIRAS RURAL (120)
Zona 12-9	BOVICARNE 16
Zona 12-10	FRANGOS OURO (115 GR)
Zona 12-11	PORCINANTA 2 (815)
Zona 12-12	GALAROS

Zona 13

Zona 13-1	BOVICARNE ACABAMENTO
Zona 13-2	RUMITACO
Zona 13-3	KEMPEN GRASS
Zona 13-4	BOVICARNE 14
Zona 13-5	MULTIBIFE 1
Zona 13-6	BOVICARNE ENGORDA
Zona 13-7	RUMINANTA 90
Zona 13-8	TM VL 3001
Zona 13-9	NOVALAC STARTER TXT
Zona 13-10	NANTACORDEIRO 2
Zona 13-11	DL 3022
Zona 13-12	OVILACTAL TOP
Zona 13-13	OVILACTAL 520
Zona 13-14	MULTIBIFE 2

REF	Produto	n - dias K		Custos Lugares		Dias de Stock	Cj total	Cj médio	Diario	paletes por dia	distancia percorrida diariamente	
		771750	2233,55	total	utilizado							diferença
		25	2233,55	-	2233,55							-
QT	Mín Toneladas	Max Toneladas	toneladas	Dias de Stock	Cj total	Cj médio	Diario	paletes por dia	distancia percorrida diariamente			
24	14 897,86	124 148,80	18 000	2,40	61,6	61,6	10	10	1232,0			
1550G30	CUNI TRANSICAO	24	14 897,86	124 148,80	18 000	2,40	61,6	61,6	10	1232,0		
3492G30	COELHOS OURO	24	14 610,49	121 754,11	18 000	2,45	61,6	61,6	10	1232,0		
3455G30	FRANGOS OURO (115 GR)	24	14 072,03	117 266,94	18 000	2,54	49,5	49,5	10	990,0		
4383M30	FRANGOS OURO MIG (115)	24	11 914,75	99 289,58	18 000	3,01	45,25	45,3	8	724,0		
4704G30	MULTIPIG 2	24	11 614,08	96 783,96	18 000	3,08	37	37,0	8	592,0		
3482125	NANTA GRITE	24	9 709,73	80 914,38	18 000	3,69	48,25	48,3	7	675,5		
3438G25	GALAROS	24	8 321,11	69 342,62	18 000	4,30	55,5	55,5	6	666,0		
3437G30	AVIUNIC/115	24	7 643,56	63 696,36	18 000	4,68	57,25	57,3	6	687,0		
3477G25	POEIRAS RURAL (120)	24	6 981,85	58 182,08	18 000	5,13	43,5	43,5	5	435,0		
1549G25	CUNILAP	24	5 702,95	47 524,58	18 000	6,28	40,5	40,5	4	324,0		
4670G30	BOVICARNE 16	24	5 665,77	47 214,72	18 000	6,32	46,5	46,5	4	372,0		
3440G30	POEIRAS OURO	24	5 640,52	47 004,32	18 000	6,35	61,6	61,6	4	492,8		
1579G30	NOVALAC STARTER	24	5 039,86	41 998,82	18 000	7,10	61,6	61,6	4	492,8		
1841G25	4EQS CLUB - Activity Classic	24	5 015,30	41 794,16	18 000	7,14	37	37,0	4	296,0		
1543X25	CAPOEIRA MIX	24	4 862,21	40 518,40	18 000	7,36	37,5	37,5	4	300,0		
1582G30	NOVALAC RECRIA	24	4 853,49	40 445,72	18 000	7,38	37,0	37,0	4	296,0		
4513M30	PM2	24	4 685,25	39 043,71	18 000	7,64	42,25	42,3	4	338,0		
4521G30	OVI LACTAL BEIRAS	24	4 674,92	38 957,64	18 000	7,66	61,6	61,6	4	492,8		
1030M30	RECRIA OURO (FABRICOR)	24	4 547,53	37 896,10	18 000	7,87	51,25	51,3	4	410,0		
3982G30	CUNI SAFE	24	4 440,57	37 004,79	18 000	8,06	37	37,0	3	222,0		
3497M30	PINTOS OURO (104)	24	4 398,57	36 654,77	18 000	8,14	60,25	60,3	3	361,5		
3421G30	PORCINANTA 2 (815)	24	4 308,37	35 903,08	18 000	8,31	52,5	52,5	3	315,0		
3439M25	FRANGUINHOS	24	4 240,43	35 336,92	18 000	8,44	54,25	54,3	3	325,5		
4523G30	OVI LACTAL ORDENHA	24	4 009,76	33 414,67	18 000	8,93	37	37,0	3	222,0		
4703G30	MULTIPIG 1	21	3 909,46	32 578,83	15 750	8,01	55,25	55,3	3	331,5		
3440M30	POEIRAS OURO	21	3 589,96	29 916,36	15 750	8,73	63,3	63,3	3	379,8		
4803G30	BOVICARNE 14	21	3 583,54	29 862,81	15 750	8,74	61,6	61,6	3	369,6		
1631T30	RUMINANTA 90	21	3 355,16	27 959,68	15 750	9,34	61,6	61,6	3	369,6		
4544G30	TM VL 3001	21	3 281,26	27 343,80	15 750	9,55	61,6	61,6	3	369,6		
1580U30	NOVALAC STARTER TXT	21	2 809,59	23 413,22	15 750	11,15	61,6	61,6	2	246,4		
1104G30	NANTA CORDEIRO 2	21	2 775,16	23 126,32	15 750	11,29	61,6	61,6	2	246,4		
4455G30	DL 3022	21	2 730,63	22 755,26	15 750	11,47	61,6	61,6	2	246,4		
4401G30	OVI LACTAL 520	21	2 718,01	22 650,06	15 750	11,53	61,6	61,6	2	246,4		
4700G30	MULTIBIFE 1	21	2 707,68	22 563,99	15 750	11,57	61,6	61,6	2	246,4		
3460G30	NANTABIFE SUPER	21	2 516,95	20 974,54	15 750	12,45	61,6	61,6	2	245,0		
1436G30	KEMPEN GRASS	21	2 492,16	20 767,97	15 750	12,57	61,6	61,6	2	246,4		
1548G30	CUNILACTAL MATER	21	2 474,71	20 622,61	15 750	12,66	58,25	58,3	2	233,0		
4702G30	MULTIBIFE 2	21	2 429,96	20 249,64	15 750	12,89	64,1	64,1	2	256,4		
1562G30	BOVICARNE ENGORDA	21	2 241,52	18 679,32	15 750	13,98	61,6	61,6	2	246,4		
1564G30	BOVICARNE ACABAMENTO	21	2 097,15	17 476,24	15 750	14,94	64,1	64,1	2	256,4		
1613G30	OVI LACTAL TOP	21	2 065,02	17 208,46	15 750	15,17	61,6	61,6	2	246,4		
4950T30	RUMITACO	21	2 026,23	16 885,22	15 750	15,46	61,6	61,6	2	246,4		
3459G30	NANTABIFE	15	2 014,29	16 785,76	11 250	11,11	36,75	36,8	2	147,0		
1313G30	BROILER 2ª FASE	15	2 006,26	16 718,81	11 250	11,15	36,75	36,8	2	147,0		
1492X30	CUNIMIX	15	1 998,22	16 651,87	11 250	11,20	36,75	36,8	2	147,0		
1166G30	CUNILACTAL SUPER	15	1 992,03	16 600,23	11 250	11,23	36,75	36,8	2	147,0		
1493X30	CASEIRINHOS	15	1 859,13	15 492,78	11 250	12,04	36,75	36,8	2	147,0		
1 029	231 525,00	771 750	412,52	2 466,45	176	246,45	18257,4					

Anexo V - Cenário 1- Zona Sacos: Multicritério - Pesos iguais

Zona 9

Zona 9-1	CUNILACTAL SUPER
Zona9-2	NANTABIFE
Zona 9-3	CASEIRINHOS
Zona9-4	BROILER 2ª FASE
Zona 9-5	CUNIMIX

Zona 10

Zona 10-1	MULTIPIG 1
Zona 10-2	POEDEIRAS OURO
Zona 10-3	BOVICARNE 14
Zona 10-4	BOVICARNE ACABAMENTO

Zona 11

Zona 11-1	AVIUNIC/115
Zona 11-2	CUNILAP
Zona 11-3	POEDEIRAS OURO
Zona 11-4	4EQS CLUB - Activity Classic
Zona 11-5	NOVALAC RECRIA
Zona 11-6	OVILACTAL BEIRAS
Zona 11-7	RECRIA OURO (FABRICOR)
Zona 11-8	OVILACTAL ORDENHA
Zona 11-9	FRANGUINHOS
Zona 11-10	PORCINANTA 2 (815)
Zona 11-11	PINTOS OURO (104)
Zona 11-12	CUNI SAFE

Zona 12

Zona 12-1	FRANGOS OURO (115 GR)
Zona 12-2	COELHOS OURO
Zona 12-3	FRANGOS OURO MIG (115)
Zona 12-4	MULTIPIG 2
Zona 12-5	CUNI TRANSICAO
Zona 12-6	NANTA GRITE
Zona 12-7	GALAROS
Zona 12-8	POEDEIRAS RURAL (120)
Zona 12-9	BOVICARNE 16
Zona 12-10	NOVALAC STARTER
Zona 12-11	CAPOEIRA MIX
Zona 12-12	PM2

Zona 13

Zona 13-1	RUMITACO
Zona 13-2	BOVICARNE ENGORDA
Zona 13-3	CUNILACTAL MATER
Zona 13-4	MULTIBIFE 2
Zona 13-5	MULTIBIFE 1
Zona 13-6	NANTABIFE SUPER
Zona 13-7	TM VL 3001
Zona 13-8	OVILACTAL 520
Zona 13-9	KEMPEN GRASS
Zona 13-10	RUMINANTA 90
Zona 13-11	NANTACORDEIRO 2
Zona 13-12	DL 3022
Zona 13-13	NOVALAC STARTER TXT
Zona 13-14	OVILACTAL TOP

REF	Produto	n - dias K		Custos Lugares		utilizado		diferença		Diaro	paletes por dia	distância percorrida diariamente
		25	771750	total	2233,55	total	2233,55	-	-			
1550G30	CUNI TRANSICAO	24	14897,86	124 148,80	18 000	2,40	37	37,0	10	740,0		
3492G30	COELHOS OURO	24	14610,49	121 754,11	18 000	2,45	37	37,0	10	740,0		
3455G30	FRANGOS OURO (115 GR)	24	14072,03	117 266,94	18 000	2,54	37	37,0	10	740,0		
4383M80	FRANGOS OURO MIG (115)	24	11914,75	99 289,58	18 000	3,01	37	37,0	8	592,0		
4704G30	MULTIPIG 2	24	11614,08	96 783,96	18 000	3,08	37	37,0	8	592,0		
3482125	NANTA GRITE	24	9709,73	80 914,38	18 000	3,69	37,5	37,5	7	525,0		
3438G25	GALAROS	24	8321,11	69 342,62	18 000	4,30	40,5	40,5	6	486,0		
3437G30	AVIUNIC115	24	7643,56	63 696,36	18 000	4,68	42,25	42,3	6	507,0		
3477G25	POEIRAS RURAL (120)	24	6981,85	58 182,08	18 000	5,13	43,5	43,5	5	435,0		
1549G25	CUNILAP	24	5702,95	47 524,58	18 000	6,28	45,25	45,3	4	362,0		
4670G30	BOVICARNE 16	24	5665,77	47 214,72	18 000	6,32	46,5	46,5	4	372,0		
3440G30	POEIRAS OURO	24	5640,52	47 004,32	18 000	6,35	48,25	48,3	4	386,0		
1579G30	NOVALAC STARTER	24	5039,86	41 998,82	18 000	7,10	49,5	49,5	4	396,0		
1841G25	4EOS CLUB - Activity Classic	24	5015,30	41 794,16	18 000	7,14	51,25	51,3	4	410,0		
1543X25	CAPOEIRA MIX	24	4862,21	40 518,40	18 000	7,36	52,5	52,5	4	420,0		
1582G30	NOVALAC RECRIA	24	4853,49	40 445,72	18 000	7,38	54,25	54,3	4	434,0		
4513M80	PM2	24	4685,25	39 043,71	18 000	7,64	55,5	55,5	4	444,0		
4521G30	OVI LACTAL BEIRAS	24	4674,92	38 957,64	18 000	7,66	57,25	57,3	4	458,0		
1030M30	RECRIA OURO (FABRICOR)	24	4547,53	37 896,10	18 000	7,87	60,25	60,3	4	482,0		
3982G30	CUNI SAFE	24	4440,57	37 004,79	18 000	8,06	61,6	61,6	3	369,6		
3497M80	PINTOS OURO (104)	24	4398,57	36 654,77	18 000	8,14	61,6	61,6	3	369,6		
3421G30	PORCINANTA 2 (815)	24	4308,37	35 903,08	18 000	8,31	61,6	61,6	3	369,6		
3439M25	FRANGUINHOS	24	4240,43	35 336,92	18 000	8,44	61,6	61,6	3	369,6		
4523G30	OVI LACTAL ORDENHA	24	4009,76	33 414,67	18 000	8,93	61,6	61,6	3	369,6		
4703G30	MULTIPIG 1	21	3909,46	32 578,83	15 750	8,01	55,25	55,3	3	331,5		
3440M30	POEIRAS OURO	21	3589,96	29 916,36	15 750	8,73	58,25	58,3	3	349,5		
4803G30	BOVICARNE 14	21	3583,54	29 862,81	15 750	8,74	61,25	61,3	3	367,5		
1631T30	RUMINANTA 90	21	3355,16	27 959,68	15 750	9,34	61,6	61,6	3	369,6		
4544G30	TM VL 3001	21	3281,26	27 343,80	15 750	9,55	61,6	61,6	3	369,6		
1580U30	NOVALAC STARTER TXT	21	2809,59	23 413,22	15 750	11,15	61,6	61,6	2	246,4		
1104G30	NANTACORDEIRO 2	21	2775,16	23 126,32	15 750	11,29	61,6	61,6	2	246,4		
4455G30	DL 3022	21	2730,63	22 755,26	15 750	11,47	61,6	61,6	2	246,4		
4401G30	OVI LACTAL 520	21	2718,01	22 650,06	15 750	11,53	61,6	61,6	2	246,4		
4700G30	MULTIBIFE 1	21	2707,68	22 563,99	15 750	11,57	61,6	61,6	2	246,4		
3460G30	NANTABIFE SUPER	21	2516,95	20 974,54	15 750	12,45	61,6	61,6	2	246,4		
1436G30	KEMPEN GRASS	21	2492,16	20 767,97	15 750	12,57	61,6	61,6	2	246,4		
1548G30	CUNILACTAL MATER	21	2474,71	20 622,61	15 750	12,66	61,6	61,6	2	246,4		
4702G30	MULTIBIFE 2	21	2429,96	20 249,64	15 750	12,89	61,6	61,6	2	246,4		
1562G30	BOVICARNE ENGORDA	21	2241,52	18 679,32	15 750	13,98	61,6	61,6	2	246,4		
1564G30	BOVICARNE ACABAMENTO	21	2097,15	17 476,24	15 750	14,94	63,3	63,3	2	253,2		
1613G30	OVI LACTAL TOP	21	2065,02	17 208,46	15 750	15,17	64,1	64,1	2	256,4		
4950T30	RUMITACO	21	2026,23	16 885,22	15 750	15,46	64,1	64,1	2	256,4		
3459G30	NANTABIFE	15	2014,29	16 785,76	11 250	11,11	36,75	36,8	2	147,0		
1313G30	BROILER 2ª FASE	15	2006,26	16 718,81	11 250	11,15	36,75	36,8	2	147,0		
1492X30	CUNIMIX	15	1998,22	16 651,87	11 250	11,20	36,75	36,8	2	147,0		
1166G30	CUNILACTAL SUPER	15	1992,03	16 600,23	11 250	11,23	36,75	36,8	2	147,0		
1493X30	CASEIRINHOS	15	1859,13	15 492,78	11 250	12,04	36,75	36,8	2	147,0		
1029	231525,00				771 750	412,52	2 466,45	2466,45	176	17121,7		

Anexo VI - Cenário 1- Zona Sacos: Multicritério - ROC weights

Zona 9

Zona 9-1	CASEIRINHOS
Zona9-2	BOVICARNE 16
Zona 9-3	AVIUNIC/115
Zona9-4	CUNILAP
Zona 9-5	GALAROS

Zona 10

Zona 10-1	FRANGUINHOS
Zona 10-2	NOVALAC STARTER TXT
Zona 10-3	NANTACORDEIRO 2
Zona 10-4	BROILER 2ª FASE

Zona 11

Zona 11-1	POEDEIRAS OURO
Zona 11-2	4EQS CLUB - Activity Classic
Zona 11-3	NOVALAC RECRIA
Zona 11-4	OVILACTAL BEIRAS
Zona 11-5	CUNI SAFE
Zona 11-6	PORCINANTA 2 (815)
Zona 11-7	OVILACTAL ORDENHA
Zona 11-8	TM VL 3001
Zona 11-9	RUMINANTA 90
Zona 11-10	BOVICARNE 14
Zona 11-11	MULTIPIG 1
Zona 11-12	POEDEIRAS OURO

Zona 12

Zona 12-1	MULTIPIG 2
Zona 12-2	COELHOS OURO
Zona 12-3	FRANGOS OURO (115 GR)
Zona 12-4	FRANGOS OURO MIG (115)
Zona 12-5	CUNI TRANSICAO
Zona 12-6	NANTA GRITE
Zona 12-7	POEDEIRAS RURAL (120)
Zona 12-8	NOVALAC STARTER
Zona 12-9	CAPOEIRA MIX
Zona 12-10	PM2
Zona 12-11	RECRIA OURO (FABRICOR)
Zona 12-12	PINTOS OURO (104)

Zona 13

Zona 13-1	CUNIMIX
Zona 13-2	OVILACTAL TOP
Zona 13-3	NANTABIFE SUPER
Zona 13-4	NANTABIFE
Zona 13-5	BOVICARNE ENGORDA
Zona 13-6	RUMITACO
Zona 13-7	BOVICARNE ACABAMENTO
Zona 13-8	MULTIBIFE 1
Zona 13-9	MULTIBIFE 2
Zona 13-10	OVILACTAL 520
Zona 13-11	CUNILACTAL MATER
Zona 13-12	KEMPEN GRASS
Zona 13-13	DL 3022
Zona 13-14	CUNILACTAL SUPER

REF	Produto	QT	Custos Lugares				Diferença	utilizado		Diferença	Diario	distancia percorrida diariamente
			K	total	2233,55	2.234		771750	771750			
n - dias												
25			771750	771750	2233,55	2.234						
			0,3	2,5								
			Min Toneladas	Max Toneladas	toneladas	Si	Cj total	Cj médio	paletes por dia			
1550G30	CUNI TRANSICAO	24	14 897,86	124 148,80	18 000		2,40	37	37,0	10	740,0	
3492G30	COELHOS OURO	24	14 610,49	121 754,11	18 000		2,45	37	37,0	10	740,0	
3455G30	FRANGOS OURO (115 GR)	24	14 072,03	117 266,94	18 000		2,54	37	37,0	10	740,0	
4383M30	FRANGOS OURO MIG (115)	24	11 914,75	99 289,58	18 000		3,01	37	37,0	8	592,0	
4704G30	MULTIPIG 2	24	11 614,08	96 783,96	18 000		3,08	37	37,0	8	592,0	
3482125	NANTA GRITE	24	9 709,73	80 914,38	18 000		3,69	37,5	37,5	7	525,0	
3438G25	GALAROS	15	8 321,11	69 342,62	11 250		2,93	36,75	36,8	6	441,0	
3437G30	AVIUNIC/115	15	7 643,56	63 696,36	11 250		2,93	36,75	36,8	6	441,0	
3477G25	POEDEIRAS RURAL (120)	24	6 981,85	58 182,08	18 000		5,13	40,5	40,5	5	405,0	
1549G25	CUNILAP	15	5 702,95	47 524,58	11 250		3,92	36,75	36,8	4	294,0	
4670G30	BOVICARNE 16	15	5 665,77	47 214,72	11 250		3,95	36,75	36,8	4	294,0	
3440G30	POEDEIRAS OURO	24	5 640,52	47 004,32	18 000		6,35	42,25	42,3	4	338,0	
1579G30	NOVALAC STARTER	24	5 039,86	41 998,82	18 000		7,10	43,5	43,5	4	348,0	
1841G25	4EQS CLUB - Activity Classic	24	5 015,30	41 794,16	18 000		7,14	45,25	45,3	4	362,0	
1543X25	CAPOEIRA MIX	24	4 862,21	40 518,40	18 000		7,36	46,5	46,5	4	372,0	
1582G30	NOVALAC RECRIA	24	4 853,49	40 445,72	18 000		7,38	48,25	48,3	4	386,0	
4513M30	PM2	24	4 685,25	39 043,71	18 000		7,64	49,5	49,5	4	396,0	
4521G30	OVI LACTAL BEIRAS	24	4 674,92	38 957,64	18 000		7,66	51,25	51,3	4	410,0	
1030M30	RECRIA OURO (FABRICOR)	24	4 547,53	37 896,10	18 000		7,87	52,5	52,5	4	420,0	
3982G30	CUNI SAFE	24	4 440,57	37 004,79	18 000		8,06	54,25	54,3	3	325,5	
3497M30	PINTOS OURO (104)	24	4 398,57	36 654,77	18 000		8,14	55,5	55,5	3	333,0	
3421G30	PORCINANTA 2 (815)	24	4 308,37	35 903,08	18 000		8,31	57,25	57,3	3	343,5	
3439M25	FRANGUINHOS	21	4 240,43	35 336,92	15 750		7,39	55,25	55,3	3	331,5	
4523G30	OVI LACTAL ORDENHA	24	4 009,76	33 414,67	18 000		8,93	60,25	60,3	3	361,5	
4703G30	MULTIPIG 1	24	3 909,46	32 578,83	18 000		9,16	61,6	61,6	3	369,6	
3440M30	POEDEIRAS OURO	24	3 589,96	29 916,36	18 000		9,97	61,6	61,6	3	369,6	
4803G30	BOVICARNE 14	24	3 583,54	29 862,81	18 000		9,99	61,6	61,6	3	369,6	
1631T30	RUMINANTA 90	24	3 355,16	27 959,68	18 000		10,67	61,6	61,6	3	369,6	
4544G30	TM VL 3001	24	3 281,26	27 343,80	18 000		10,91	61,6	61,6	3	369,6	
1580U30	NOVALAC STARTER TXT	21	2 809,59	23 413,22	15 750		11,15	58,25	58,3	2	233,0	
1104G30	NANTACORDEIRO 2	21	2 775,16	23 126,32	15 750		11,29	61,25	61,3	2	245,0	
4455G30	DL 3022	21	2 730,63	22 755,26	15 750		11,47	61,6	61,6	2	246,4	
4401G30	OVI LACTAL 520	21	2 718,01	22 650,06	15 750		11,53	61,6	61,6	2	246,4	
4700G30	MULTIBIFE 1	21	2 707,68	22 563,99	15 750		11,57	61,6	61,6	2	246,4	
3460G30	NANTABIFE SUPER	21	2 516,95	20 974,54	15 750		12,45	61,6	61,6	2	246,4	
1436G30	KEMPEN GRASS	21	2 492,16	20 767,97	15 750		12,57	61,6	61,6	2	246,4	
1548G30	CUNILACTAL MATER	21	2 474,71	20 622,61	15 750		12,66	61,6	61,6	2	246,4	
4702G30	MULTIBIFE 2	21	2 429,96	20 249,64	15 750		12,89	61,6	61,6	2	246,4	
1562G30	BOVICARNE ENGORDA	21	2 241,52	18 679,32	15 750		13,98	61,6	61,6	2	246,4	
1564G30	BOVICARNE ACABAMENTO	21	2 097,15	17 476,24	15 750		14,94	61,6	61,6	2	246,4	
1613G30	OVI LACTAL TOP	21	2 065,02	17 208,46	15 750		15,17	61,6	61,6	2	246,4	
4950T30	RUMITACO	21	2 026,23	16 885,22	15 750		15,46	61,6	61,6	2	246,4	
3459G30	NANTABIFE	21	2 014,29	16 785,76	15 750		15,55	61,6	61,6	2	246,4	
1313G30	BROLER 2ª FASE	21	2 006,26	16 718,81	15 750		15,62	63,3	63,3	2	253,2	
1492X30	CUNIMIX	21	1 998,22	16 651,87	15 750		15,68	64,1	64,1	2	256,4	
1166G30	CUNILACTAL SUPER	21	1 992,03	16 600,23	15 750		15,73	64,1	64,1	2	256,4	
1493X30	CASERINHOS	15	1 859,13	15 492,78	11 250		12,04	36,75	36,8	2	147,0	
1 029			231 525,00	771 750	427,59	2 466,45	2466,45	176	16726,8			

Anexo VII - Cenário 1- Zona Saquetas: Monocritério - Distância

REF	Produto	n-dias	K	Tmin	Tmax	Custos Lugares		Qt	Mn Toneladas	Max Toneladas	toneladas	Dias de Stock	Cj total	Cj médio	paletes por dia	diária percorrida diariamente
						total	diferença									
25		126000	0,5	2	679,85	517,05	163									
3492GAV	COELHOS OURO (G)	18	12380,3	49521,3	13500	9,82	46	46	3	276						
3477GAV	POEDEIRAS RURAL (120)	18	10492,3	41969,4	13500	11,59	49	49	3	294						
1549GAV	CUNILAP	18	10055,4	40221,5	13500	12,09	52	52	3	312						
3440GAV	POEDEIRAS OURO	12	8686,4	34745,7	9000	9,33	90,65	45,325	2	181,3						
3455GAV	FRANGOS OURO (115 GR)	12	7868,6	31474,5	9000	10,30	90,9	45,45	2	181,8						
3497MAV	PINTOS OURO (104)	12	7008,1	28032,4	9000	11,57	99,4	49,7	2	198,8						
3492G05	COELHOS OURO (AV)	18	6508,8	26035,2	13500	18,68	55	55	2	220						
108		65000	81000,00	83,40	482,95	342,48	17,00	1663,9								

Zona 7	Zona 8
Zona 7-1	Zona 8-1
Zona 7-2	Zona 8-2
Zona 7-3	Zona 8-3
Zona 7-4	Zona 8-4
Zona 7-5	Zona 8-5
Zona 7-6	Zona 8-6
Zona 7-7	Zona 8-7

#N/D
 #N/D
 #N/D
 COELHOS OURO (AV)
 CUNILAP
 POEDEIRAS RURAL (120)
 COELHOS OURO (G)

#N/D
 PINTOS OURO (104)
 PINTOS OURO (104)
 POEDEIRAS OURO
 FRANGOS OURO (115 GR)
 FRANGOS OURO (115 GR)
 POEDEIRAS OURO

Anexo VIII - Cenário 1- Zona Saquetas: Monocritério - Custo dos Lugares

REF	Produto	QT	Min Toneladas	Max Toneladas	Toneladas	Dias de Stock	Custos Lugares		Diferença	Diário
							utilizado	total		
3492GAV	COELHOS OURO (G)	24	12380,3	49521,3	18000	13,10	106,2	53,1	3	318,6
3477GAV	POEDEIRAS RURAL (120)	36	10492,3	41969,4	27000	23,18	107	53,5	3	321
1549GAV	CUNILAP	30	10055,4	40221,5	22500	20,16	139,65	46,55	3	279,3
3440GAV	POEDEIRAS OURO	18	8686,4	34745,7	13500	14,00	64	64	2	256
3455GAV	FRANGOS OURO (115 GR)	24	7868,6	31474,5	18000	20,61	97,45	48,725	2	194,9
3497MAV	PINTOS OURO (104)	12	7008,1	28032,4	9000	11,57	96,65	48,325	2	193,3
3492G05	COELHOS OURO (AV)	24	6508,8	26035,2	18000	24,91	109,2	54,6	2	218,4
168	63000	126000,00	127,53	720,15	368,80	17,00	1781,5			

Zona 7	Zona 8
Zona 7-1	Zona 8-1
Zona 7-2	Zona 8-2
Zona 7-3	Zona 8-3
Zona 7-4	Zona 8-4
Zona 7-5	Zona 8-5
Zona 7-6	Zona 8-6
Zona 7-7	Zona 8-7

POEDEIRAS OURO
COELHOS OURO (G)
POEDEIRAS RURAL (120)
COELHOS OURO (AV)
FRANGOS OURO (115 GR)
POEDEIRAS RURAL (120)
CUNILAP

COELHOS OURO (AV)
PINTOS OURO (104)
CUNILAP
COELHOS OURO (G)
PINTOS OURO (104)
CUNILAP
FRANGOS OURO (115 GR)

Anexo IX - Cenário 1- Zona Saquetas: Monocritério - Dias de Stock

REF	Produto	Custos			Lugares utilizados	Diferença	Diário	
		n-dias	K	total			Cj médio	paletes por dia
3492GAV	COELHOS OURO (G)	25	126000	679,85	511,05	169	52	312
3477GAV	POEDEIRAS RURAL (120)	18	10492,3	13500	9,82	52	52	366
1549GAV	CUNILAP	18	10055,4	13500	11,59	61	61	276
3440GAV	POEDEIRAS OURO	18	8686,4	13500	12,09	46	46	196
3455GAV	FRANGOS OURO (115 GR)	12	7868,6	9000	14,00	49	49	193,3
3497MAV	PINTOS OURO (104)	12	7008,1	9000	11,57	90,65	45,325	181,3
3492G05	COELHOS OURO (AV)	12	6508,8	9000	12,46	93,65	46,825	187,3
108			63000	81000,00	81,84	488,95	348,48	1711,9

Zona 7	Zona 8
Zona 7-1	Zona 8-1
Zona 7-2	Zona 8-2
Zona 7-3	Zona 8-3
Zona 7-4	Zona 8-4
Zona 7-5	Zona 8-5
Zona 7-6	Zona 8-6
Zona 7-7	Zona 8-7

#N/D
FRANGOS OURO (115 GR)
COELHOS OURO (AV)
PINTOS OURO (104)
PINTOS OURO (104)
COELHOS OURO (AV)
FRANGOS OURO (115 GR)

#N/D
POEDEIRAS RURAL (120)
#N/D
#N/D
COELHOS OURO (G)
POEDEIRAS OURO
CUNILAP

Anexo X - Cenário 1- Zona Saquetas: Multicritério - Pesos iguais

REF	Produto	n-dias	K	Custos Lugares		Tmin	Tmax	QT	Min Toneladas	Max Toneladas	toneladas	Dias de Stock	Cj total	Cj médio	paletes por dia	distancia percorrida diariamente
				total	utilizado											
25		126000		679,85	562,85	117										
			0,5			2										
3492GAV	COELHOS OURO (G)	18	12380,3	49521,3	13500	9,82	136,1	45,366667	3	272,2						
3477GAV	POEIRAS RURAL (120)	18	10492,3	41969,4	13500	11,59	46	46	3	276						
1549GAV	CUNILAP	18	10055,4	40221,5	13500	12,09	49	49	3	294						
3440GAV	POEIRAS OURO	18	8686,4	34745,7	13500	14,00	52	52	2	208						
3455GAV	FRANGOS OURO (115 GR)	18	7868,6	31474,5	13500	15,46	55	55	2	220						
3497MAV	PINTOS OURO (104)	12	7008,1	28032,4	9000	11,57	93,65	46,825	2	187,3						
3492G05	COELHOS OURO (AV)	12	6508,8	26035,2	9000	12,46	105,4	52,7	2	210,8						
114			63000	85500,00		86,99	537,15	346,89	17,00	1668,3						

Zona 7	Zona 8
Zona 7-1	Zona 8-1
Zona 7-2	Zona 8-2
Zona 7-3	Zona 8-3
Zona 7-4	Zona 8-4
Zona 7-5	Zona 8-5
Zona 7-6	Zona 8-6
Zona 7-7	Zona 8-7

#N/D
#N/D
#N/D
FRANGOS OURO (115 GR)
POEIRAS OURO
CUNILAP
POEIRAS RURAL (120)

COELHOS OURO (AV)
COELHOS OURO (AV)
PINTOS OURO (104)
COELHOS OURO (G)
PINTOS OURO (104)
COELHOS OURO (G)
COELHOS OURO (G)

Anexo XI - Cenário 1- Zona Saquetas: Multicritério - ROC Weights

REF	Produto	K			Custos Lugares			Diário		
		QT	Min Toneladas	Max Toneladas	total	utilizado	diferença	Cj total	Cj médio	paletes por dia
3492GAV	COELHOS OURO (G)	18	12380,3	49521,3	13500	9,82	136,1	45,366667	3	272,2
3477GAV	POEDEIRAS RURAL (120)	18	10492,3	41969,4	13500	11,59	46	46	3	276
1549GAV	CUNILAP	18	10055,4	40221,5	13500	12,09	49	49	3	294
3440GAV	POEDEIRAS OURO	12	8686,4	34745,7	9000	9,33	93,65	46,825	2	187,3
3455GAV	FRANGOS OURO (115 GR)	12	7868,6	31474,5	9000	10,30	105,4	52,7	2	210,8
3497MAV	PINTOS OURO (104)	18	7008,1	28032,4	13500	17,35	52	52	2	208
3492G05	COELHOS OURO (AV)	18	6508,8	26035,2	13500	18,68	55	55	2	220
114			63000		85500,00	89,19	537,15	346,89	17,00	1668,3

Zona 7	Zona 8
Zona 7-1	FRANGOS OURO (115 GR)
Zona 7-2	FRANGOS OURO (115 GR)
Zona 7-3	POEDEIRAS OURO
Zona 7-4	COELHOS OURO (G)
Zona 7-5	POEDEIRAS OURO
Zona 7-6	COELHOS OURO (G)
Zona 7-7	COELHOS OURO (G)

Anexo XII - Cenário 2: Monocritério - Distância

Zona 7		Zona 8		Zona 13	
Zona 7-1	PINTOS OURO (104)	Zona 8-1	CUNILAP (AV)	Zona 13-1	#N/D
Zona 7-2	BOVICARNE ENGORDA	Zona 8-2	BOVICARNE 14	Zona 13-2	CUNILAP (AV)
Zona 7-3	PORCINANTA 2 (815)	Zona 8-3	COELHOS OURO (AV)	Zona 13-3	MULTIPIG 1
Zona 7-4	PORCINANTA 2 (815)	Zona 8-4	MULTIPIG 2	Zona 13-4	OVILACTAL BEIRAS
Zona 7-5	OVILACTAL BEIRAS	Zona 8-5	MULTIPIG 1	Zona 13-5	OVILACTAL TOP
Zona 7-6	PM2	Zona 8-6	NANTA GRITE	Zona 13-6	KEMPEN GRASS
Zona 7-7	4EQS CLUB - Activity Classic	Zona 8-7	MULTIPIG 1	Zona 13-7	NANTABIFE
Zona 9		Zona 10		Zona 13-8	CASEIRINHOS
Zona 9-1	MULTIPIG 2	Zona 10-1	PM2	Zona 13-9	#N/D
Zona 9-2	CUNI TRANSICAO	Zona 10-2	4EQS CLUB - Activity Classic	Zona 13-10	CUNIMIX
Zona 9-3	CUNI TRANSICAO	Zona 10-3	CUNILAP (AV)	Zona 13-11	#N/D
Zona 9-4	CUNI TRANSICAO	Zona 10-4	BOVICARNE 14	Zona 13-12	#N/D
Zona 9-5	FRANGOS OURO (115 GR)	Zona 11		Zona 13-13	#N/D
Zona 11		Zona 12		Zona 13-14	#N/D
Zona 11-1	FRANGOS OURO (115 GR)	Zona 12-1	FRANGOS OURO (115 GR)		
Zona 11-2	MULTIPIG 2	Zona 12-2	FRANGOS OURO (115 GR)		
Zona 11-3	NANTA GRITE	Zona 12-3	CUNI TRANSICAO		
Zona 11-4	CUNILAP	Zona 12-4	CUNI TRANSICAO		
Zona 11-5	4EQS CLUB - Activity Classic	Zona 12-5	CUNI TRANSICAO		
Zona 11-6	BOVICARNE 14	Zona 12-6	FRANGOS OURO (115 GR)		
Zona 11-7	NOVALAC STARTER TXT	Zona 12-7	MULTIPIG 2		
Zona 11-8	#N/D	Zona 12-8	MULTIPIG 2		
Zona 11-9	OVILACTAL 520	Zona 12-9	NANTA GRITE		
Zona 11-10	#N/D	Zona 12-10	NANTA GRITE		
Zona 11-11	#N/D	Zona 12-11	BOVICARNE 16		
Zona 11-12	#N/D	Zona 12-12	COELHOS OURO (AV)		

REF	Produto	n - dias K				Custos Lugares				Dias de Stock	Cj total	Cj médio	Diario	paletes por dia	distancia percorrida diariamente
		total		utilizado		total		diferença							
		897750	2913,4	2497,7	416	2913,4	2497,7	416							
25		897750	2913,4	2497,7	416										
		Tmin	Tmax												
		0,75	1,5												
REF	Produto	QT	Min Toneladas	Max Toneladas	toneladas	Dias de Stock	Cj total	Cj médio	Diario	paletes por dia	distancia percorrida diariamente				
1550G30	CUNI TRANSICAO	117	87 100,92	174 201,85	87 750	11,72	221,25	36,9	10	10	737,5				
3455G30	FRANGOS OURO (115 GR)	111	82 272,72	164 545,44	83 250	11,77	190,5	38,1	10	10	762,0				
4704G30	MULTIPIG 2	93	67 902,17	135 804,33	69 750	11,95	211,2	42,2	8	8	675,8				
3482I25	NANTA GRITE	78	56 768,31	113 536,62	58 500	11,98	189,7	47,4	7	7	664,0				
1549G25	CUNILAP	45	33 342,53	66 685,05	33 750	11,77	106,5	53,3	4	4	426,0				
4670G30	BOVICARNE 16	45	33 125,14	66 250,27	33 750	11,85	110,75	55,4	4	4	443,0				
1841G25	4EQS CLUB - Activty Classic	42	29 322,15	58 644,31	31 500	12,49	100,25	50,1	4	4	401,0				
4513M30	PM2	39	27 392,48	54 784,96	29 250	12,42	110,25	55,1	4	4	441,0				
4521G30	OVI LACTAL BEIRAS	39	27 332,10	54 664,19	29 250	12,45	113,6	56,8	4	4	454,4				
3421G30	PORCINANTA 2 (815)	36	25 189,06	50 378,12	27 000	12,47	113	56,5	3	3	339,0				
4703G30	MULTIPIG 1	33	22 856,81	45 713,63	24 750	12,59	152,5	50,8	3	3	305,0				
3492GAV	COELHOS OURO (AV)	30	22 437,24	44 874,48	22 500	11,66	103,7	51,9	3	3	311,1				
4803G30	BOVICARNE 14	30	20 951,30	41 902,59	22 500	12,49	108,45	54,2	3	3	325,4				
1549GAV	CUNILAP (AV)	27	18 223,63	36 447,27	20 250	12,92	115,8	57,9	3	3	347,4				
1580U30	NOVALAC STARTER TXT	24	16 426,36	32 852,73	18 000	12,74	60,25	60,3	2	2	241,0				
4401G30	OVI LACTAL 520	24	15 890,94	31 781,88	18 000	13,17	61,6	61,6	2	2	246,4				
1436G30	KEMPEN GRASS	21	14 570,50	29 140,99	15 750	12,57	61,6	61,6	2	2	246,4				
1562G30	BOVICARNE ENGORDA	18	13 105,13	26 210,26	13 500	11,98	61	61,0	2	2	244,0				
3497MAV	PINTOS OURO (104)	18	12 700,99	25 401,98	13 500	12,36	64	64,0	2	2	256,0				
1613G30	OVI LACTAL TOP	21	12 073,20	24 146,39	15 750	15,17	61,6	61,6	2	2	246,4				
3459G30	NANTABIFE	21	11 776,63	23 553,27	15 750	15,55	61,6	61,6	2	2	246,4				
1492X30	CUNIMIX	21	11 682,70	23 365,40	15 750	15,68	61,6	61,6	2	2	246,4				
1493X30	CASEIRINHOS	21	10 869,50	21 739,00	15 750	16,85	61,6	61,6	2	2	246,4				
954		673 312,50	715 500	296,62	2 502,30	1261,47333	88	8851,94							

Anexo XIII - Cenário 2: Monocritério - Custo de Lugares

Zona 7	
Zona 7-1	MULTIPIG 2
Zona 7-2	CUNI TRANSICAO
Zona 7-3	CUNILAP
Zona 7-4	BOVICARNE 14
Zona 7-5	CUNI TRANSICAO
Zona 7-6	CUNILAP (AV)
Zona 7-7	4EQS CLUB - Activity Classic

Zona 9	
Zona 9-1	CUNILAP
Zona9-2	MULTIPIG 1
Zona 9-3	COELHOS OURO (AV)
Zona9-4	CUNI TRANSICAO
Zona 9-5	BOVICARNE ENGORDA

Zona 11	
Zona 11-1	CUNI TRANSICAO
Zona 11-2	COELHOS OURO (AV)
Zona 11-3	PM2
Zona 11-4	NANTA GRITE
Zona 11-5	NANTA GRITE
Zona 11-6	MULTIPIG 2
Zona 11-7	MULTIPIG 2
Zona 11-8	PM2
Zona 11-9	OVILACTAL 520
Zona 11-10	CUNIMIX
Zona 11-11	FRANGOS OURO (115 GR)
Zona 11-12	NOVALAC STARTER TXT

Zona 8	
Zona 8-1	FRANGOS OURO (115 GR)
Zona 8-2	CUNI TRANSICAO
Zona 8-3	OVILACTAL 520
Zona 8-4	CUNI TRANSICAO
Zona 8-5	BOVICARNE ENGORDA
Zona 8-6	CUNILAP
Zona 8-7	4EQS CLUB - Activity Classic

Zona 10	
Zona 10-1	CUNILAP (AV)
Zona 10-2	4EQS CLUB - Activity Classic
Zona 10-3	FRANGOS OURO (115 GR)
Zona 10-4	CUNI TRANSICAO

Zona 12	
Zona 12-1	NANTABIFE
Zona 12-2	FRANGOS OURO (115 GR)
Zona 12-3	FRANGOS OURO (115 GR)
Zona 12-4	BOVICARNE 16
Zona 12-5	OVILACTAL TOP
Zona 12-6	OVILACTAL BEIRAS
Zona 12-7	CUNILAP
Zona 12-8	CUNI TRANSICAO
Zona 12-9	NANTA GRITE
Zona 12-10	OVILACTAL BEIRAS
Zona 12-11	PORCINANTA 2 (815)
Zona 12-12	PINTOS OURO (104)

Zona 13	
Zona 13-1	BOVICARNE 16
Zona 13-2	OVILACTAL BEIRAS
Zona 13-3	FRANGOS OURO (115 GR)
Zona 13-4	CASEIRINHOS
Zona 13-5	MULTIPIG 2
Zona 13-6	PM2
Zona 13-7	4EQS CLUB - Activity Classic
Zona 13-8	CUNI TRANSICAO
Zona 13-9	NANTA GRITE
Zona 13-10	KEMPEN GRASS
Zona 13-11	PORCINANTA 2 (815)
Zona 13-12	BOVICARNE 14
Zona 13-13	MULTIPIG 1
Zona 13-14	FRANGOS OURO (115 GR)

		Custos Lugares				total		utilizado		diferença	
n - dias K		897750		2913,4		2913,4		-			
25		Tmin		Tmax							
		0,75		1,5							
REF	Produto	QT	Min Toneladas	Max Toneladas	toneladas	Dias de Stock	Cj total	Cj médio	paletes por dia	distancia percorrida diariamente	
1550G30	CUNI TRANSICAO	132	87 100,92	174 201,85	99 000	13,22	393,5	49,2	10	983,8	
3455G30	FRANGOS OURO (115 GR)	120	82 272,72	164 545,44	90 000	12,72	315,5	52,6	10	1051,7	
4704G30	MULTIPIG 2	108	67 902,17	135 804,33	81 000	13,87	301,35	60,3	8	964,3	
3482125	NANTA GRITE	93	56 768,31	113 536,62	69 750	14,29	213,6	53,4	7	747,6	
1549G25	CUNILAP	63	33 342,53	66 685,05	47 250	16,48	180,7	45,2	4	361,4	
4670G30	BOVICARNE 16	66	33 125,14	66 250,27	49 500	17,38	164,4	54,8	4	438,4	
1841G25	4EQS CLUB - Activity Classic	45	29 322,15	58 644,31	33 750	13,39	153,05	51,0	4	408,1	
4513M30	PM2	69	27 392,48	54 784,96	51 750	21,97	171,45	57,2	4	457,2	
4521G30	OVI LACTAL BEIRAS	69	27 332,10	54 664,19	51 750	22,02	148,6	49,5	4	396,3	
3421G30	PORCINANTA 2 (815)	66	25 189,06	50 378,12	49 500	22,85	169,35	56,5	3	338,7	
4703G30	MULTIPIG 1	36	22 856,81	45 713,63	27 000	13,74	98,35	49,2	3	295,1	
3492GAV	COELHOS OURO (AV)	39	22 437,24	44 874,48	29 250	15,16	82	41,0	3	246,0	
4803G30	BOVICARNE 14	39	20 951,30	41 902,59	29 250	16,24	116,6	58,3	3	349,8	
1549GAV	CUNILAP (AV)	39	18 223,63	36 447,27	29 250	18,67	110,25	55,1	3	330,8	
1580U30	NOVALAC STARTER TXT	24	16 426,36	32 852,73	18 000	12,74	61,6	61,6	2	246,4	
4401G30	OVI LACTAL 520	30	15 890,94	31 781,88	22 500	16,47	109,8	54,9	2	219,6	
1436G30	KEMPEN GRASS	21	14 570,50	29 140,99	15 750	12,57	61,6	61,6	2	246,4	
1562G30	BOVICARNE ENGORDA	21	13 105,13	26 210,26	15 750	13,98	82,2	41,1	2	164,4	
3497MAV	PINTOS OURO (104)	24	12 700,99	25 401,98	18 000	16,48	55,5	55,5	2	222,0	
1613G30	OVI LACTAL TOP	24	12 073,20	24 146,39	18 000	17,34	37	37,0	2	148,0	
3459G30	NANTABIFE	24	11 776,63	23 553,27	18 000	17,78	37	37,0	2	148,0	
1492X30	CUNIMIX	24	11 682,70	23 365,40	18 000	17,92	61,6	61,6	2	246,4	
1493X30	CASEIRINHOS	21	10 869,50	21 739,00	15 750	16,85	61,6	61,6	2	246,4	
1 197			673 312,50		897 750	374,12	3 186,60	1205,06583	88	9256,636667	

Anexo XIV - Cenário 2: Monocritério - Dias de Stock

Zona 7

Zona 7-1	PINTOS OURO (104)
Zona 7-2	OVILACTAL BEIRAS
Zona 7-3	BOVICARNE ENGORDA
Zona 7-4	CUNIMIX
Zona 7-5	#N/D
Zona 7-6	OVILACTAL TOP
Zona 7-7	MULTIPIG 1

Zona 9

Zona 9-1	NANTA GRITE
Zona 9-2	PM2
Zona 9-3	PORCINANTA 2 (815)
Zona 9-4	MULTIPIG 1
Zona 9-5	CASEIRINHOS

Zona 11

Zona 11-1	BOVICARNE 16
Zona 11-2	#N/D
Zona 11-3	#N/D
Zona 11-4	CUNI TRANSICAO
Zona 11-5	NANTA GRITE
Zona 11-6	PM2
Zona 11-7	NOVALAC STARTER TXT
Zona 11-8	#N/D
Zona 11-9	FRANGOS OURO (115 GR)
Zona 11-10	BOVICARNE 14
Zona 11-11	MULTIPIG 2
Zona 11-12	FRANGOS OURO (115 GR)

Zona 8

Zona 8-1	NANTABIFE
Zona 8-2	NANTABIFE
Zona 8-3	CUNILAP (AV)
Zona 8-4	COELHOS OURO (AV)
Zona 8-5	NANTABIFE
Zona 8-6	BOVICARNE 14
Zona 8-7	CUNILAP

Zona 10

Zona 10-1	OVILACTAL TOP
Zona 10-2	MULTIPIG 1
Zona 10-3	NANTABIFE
Zona 10-4	NANTABIFE

Zona 12

Zona 12-1	#N/D
Zona 12-2	CUNI TRANSICAO
Zona 12-3	NANTA GRITE
Zona 12-4	MULTIPIG 2
Zona 12-5	#N/D
Zona 12-6	#N/D
Zona 12-7	COELHOS OURO (AV)
Zona 12-8	CUNI TRANSICAO
Zona 12-9	OVILACTAL 520
Zona 12-10	CUNI TRANSICAO
Zona 12-11	MULTIPIG 2
Zona 12-12	#N/D

Zona 13

Zona 13-1	MULTIPIG 2
Zona 13-2	FRANGOS OURO (115 GR)
Zona 13-3	#N/D
Zona 13-4	CUNILAP
Zona 13-5	OVILACTAL BEIRAS
Zona 13-6	4EQS CLUB - Activity Classic
Zona 13-7	PORCINANTA 2 (815)
Zona 13-8	4EQS CLUB - Activity Classic
Zona 13-9	CUNILAP (AV)
Zona 13-10	BOVICARNE 16
Zona 13-11	FRANGOS OURO (115 GR)
Zona 13-12	KEMPEN GRASS
Zona 13-13	NANTA GRITE
Zona 13-14	CUNILAP

REF	Produto	QT	Min Toneladas	Max Toneladas	toneladas	Dias de Stock	Cj total	Cj médio	paletes por dia	distancia percorrida diariamente	Custos Lugares		
											total	utilizado	diferença
1550G30	CUNI TRANSICAO	117	87 100,92	174 201,85	87 750	11,72	242,5	48,5	10	970,0	2913,4	2367,65	546
3455G30	FRANGOS OURO (115 GR)	111	82 272,72	164 545,44	83 250	11,77	304,65	60,9	10	1218,6			
4704G30	MUL.TIPIG 2	93	67 902,17	135 804,33	69 750	11,95	215,2	53,8	8	860,8			
3482125	NANTA GRITE	84	56 768,31	113 536,62	63 000	12,91	189,6	47,4	7	663,6			
1549G25	CUNILAP	48	33 342,53	66 685,05	36 000	12,56	171,15	57,1	4	456,4			
4670G30	BOVICARNE 16	45	33 125,14	66 250,27	33 750	11,85	103,85	51,9	4	415,4			
1841G25	4EQS CLUB - Activity Classic	42	29 322,15	58 644,31	31 500	12,49	123,2	61,6	4	492,8			
4513M30	PM2	39	27 392,48	54 784,96	29 250	12,42	94	47,0	4	376,0			
4521G30	OVLACTAL BEIRAS	39	27 332,10	54 664,19	29 250	12,45	122,6	61,3	4	490,4			
3421G30	PORCINANTA 2 (815)	36	25 189,06	50 378,12	27 000	12,47	98,35	49,2	3	295,1			
4703G30	MUL.TIPIG 1	33	22 856,81	45 713,63	24 750	12,59	82,75	41,4	3	248,3			
3492GAV	COELHOS OURO (AV)	30	22 437,24	44 874,48	22 500	11,66	85,7	42,9	3	257,1			
4803G30	BOVICARNE 14	30	20 951,30	41 902,59	22 500	12,49	107,05	53,5	3	321,2			
1549GAV	CUNILAP (AV)	27	18 223,63	36 447,27	20 250	12,92	109,8	54,9	3	329,4			
1580U30	NOVALAC STARTER TXT	24	16 426,36	32 852,73	18 000	12,74	60,25	60,3	2	241,0			
4401G30	OVLACTAL 520	24	15 890,94	31 781,88	18 000	13,17	46,5	46,5	2	186,0			
1436G30	KEMPEN GRASS	21	14 570,50	29 140,99	15 750	12,57	61,6	61,6	2	246,4			
1562G30	BOVICARNE ENGORDA	18	13 105,13	26 210,26	13 500	11,98	58	58,0	2	232,0			
3497MAV	PINTOS OURO (104)	18	12 700,99	25 401,98	13 500	12,36	64	64,0	2	256,0			
1613G30	OVLACTAL TOP	18	12 073,20	24 146,39	13 500	13,00	49	49,0	2	196,0			
3459G30	NANTABIFE	18	11 776,63	23 553,27	13 500	13,33	150,85	50,3	2	201,1			
1492X30	CUNIMIX	18	11 682,70	23 365,40	13 500	13,44	55	55,0	2	220,0			
1493X30	CASEIRINHOS	15	10 869,50	21 739,00	11 250	12,04	36,75	36,8	2	147,0			
948			673 312,50		711 000	286,88	2 632,35	1212,71333	88	9320,483333			

n - dias K 25
 897750
 Tmin 0,75
 Tmax 1,5

Anexo XV - Cenário 2: Multicritério - Pesos Iguais

Zona 7

Zona 7-1	CUNIMIX
Zona 7-2	NANTABIFE
Zona 7-3	OVILACTAL TOP
Zona 7-4	BOVICARNE ENGORDA
Zona 7-5	OVILACTAL BEIRAS
Zona 7-6	PM2
Zona 7-7	MULTIPIG 2

Zona 9

Zona 9-1	CUNI TRANSICAO
Zona 9-2	CUNI TRANSICAO
Zona 9-3	FRANGOS OURO (115 GR)
Zona 9-4	CUNI TRANSICAO
Zona 9-5	CASEIRINHOS

Zona 11

Zona 11-1	MULTIPIG 2
Zona 11-2	MULTIPIG 2
Zona 11-3	NANTA GRITE
Zona 11-4	CUNILAP
Zona 11-5	COELHOS OURO (AV)
Zona 11-6	NOVALAC STARTER TXT
Zona 11-7	OVILACTAL 520
Zona 11-8	#N/D
Zona 11-9	#N/D
Zona 11-10	#N/D
Zona 11-11	#N/D
Zona 11-12	#N/D

Zona 8

Zona 8-1	CUNILAP (AV)
Zona 8-2	BOVICARNE 14
Zona 8-3	COELHOS OURO (AV)
Zona 8-4	MULTIPIG 2
Zona 8-5	MULTIPIG 1
Zona 8-6	NANTA GRITE
Zona 8-7	MULTIPIG 1

Zona 10

Zona 10-1	PM2
Zona 10-2	MULTIPIG 2
Zona 10-3	CUNILAP (AV)
Zona 10-4	BOVICARNE 14

Zona 12

Zona 12-1	CUNI TRANSICAO
Zona 12-2	CUNI TRANSICAO
Zona 12-3	CUNI TRANSICAO
Zona 12-4	FRANGOS OURO (115 GR)
Zona 12-5	FRANGOS OURO (115 GR)
Zona 12-6	FRANGOS OURO (115 GR)
Zona 12-7	FRANGOS OURO (115 GR)
Zona 12-8	MULTIPIG 2
Zona 12-9	NANTA GRITE
Zona 12-10	NANTA GRITE
Zona 12-11	BOVICARNE 16
Zona 12-12	BOVICARNE 14

Zona 13

Zona 13-1	#N/D
Zona 13-2	PORCINANTA 2 (815)
Zona 13-3	#N/D
Zona 13-4	#N/D
Zona 13-5	CUNILAP (AV)
Zona 13-6	KEMPEN GRASS
Zona 13-7	4EQS CLUB - Activity Classic
Zona 13-8	PORCINANTA 2 (815)
Zona 13-9	PM2
Zona 13-10	PINTOS OURO (104)
Zona 13-11	MULTIPIG 1
Zona 13-12	OVILACTAL BEIRAS
Zona 13-13	#N/D
Zona 13-14	#N/D

REF	Produto	n - dias K			Custos Lugares			Diferença		
		25	897750	2913,4	total	utilizado	diferença	416		
		QT	Min Toneladas	Max Toneladas	toneladas	Dias de Stock	Cj total	Cj médio	paletes por dia	distancia percorrida diariamente
			Tmin	Tmax					Diario	
			0,75	1,5						
1550G30	CUNI TRANSICAO	117	87 100,92	174 201,85	87 750	11,72	221,25	36,9	10	737,5
3455G30	FRANGOS OURO (115 GR)	111	82 272,72	164 545,44	83 250	11,77	188,75	37,8	10	755,0
4704G30	MULTIPIG 2	96	67 902,17	135 804,33	72 000	12,33	222,2	44,4	8	711,0
3482125	NANTA GRITE	78	56 768,31	113 536,62	58 500	11,98	189,7	47,4	7	664,0
1549G25	CUNILAP	45	33 342,53	66 685,05	33 750	11,77	106,5	53,3	4	426,0
4670G30	BOVICARNE 16	45	33 125,14	66 250,27	33 750	11,85	110,75	55,4	4	443,0
1841G25	4EQS CLUB - Activity Classic	42	29 322,15	58 644,31	31 500	12,49	122,85	61,4	4	491,4
4513M30	PM2	39	27 392,48	54 784,96	29 250	12,42	110,6	55,3	4	442,4
4521G30	OVI LACTAL BEIRAS	39	27 332,10	54 664,19	29 250	12,45	113,6	56,8	4	454,4
3421G30	PORCINANTA 2 (815)	42	25 189,06	50 378,12	31 500	14,54	123,2	61,6	3	369,6
4703G30	MULTIPIG 1	33	22 856,81	45 713,63	24 750	12,59	152,5	50,8	3	305,0
3492GAV	COELHOS OURO (AV)	30	22 437,24	44 874,48	22 500	11,66	102,45	51,2	3	307,4
4803G30	BOVICARNE 14	30	20 951,30	41 902,59	22 500	12,49	106,7	53,4	3	320,1
1549GAV	CUNILAP (AV)	27	18 223,63	36 447,27	20 250	12,92	115,8	57,9	3	347,4
1580U30	NOVALAC STARTER TXT	24	16 426,36	32 852,73	18 000	12,74	57,25	57,3	2	229,0
4401G30	OVI LACTAL 520	24	15 890,94	31 781,88	18 000	13,17	60,25	60,3	2	241,0
1436G30	KEMPEN GRASS	21	14 570,50	29 140,99	15 750	12,57	61,6	61,6	2	246,4
1562G30	BOVICARNE ENGORDA	18	13 105,13	26 210,26	13 500	11,98	55	55,0	2	220,0
3497MAV	PINTOS OURO (104)	21	12 700,99	25 401,98	15 750	14,42	61,6	61,6	2	246,4
1613G30	OVI LACTAL TOP	18	12 073,20	24 146,39	13 500	13,00	58	58,0	2	232,0
3459G30	NANTABIFE	18	11 776,63	23 553,27	13 500	13,33	61	61,0	2	244,0
1492X30	CUNIMIX	18	11 682,70	23 365,40	13 500	13,44	64	64,0	2	256,0
1493X30	CASEIRINHOS	15	10 869,50	21 739,00	11 250	12,04	36,75	36,8	2	147,0
951			673 312,50		713 250	289,70	2 502,30	1238,99833	88	8835,94

Anexo XVI - Cenário 2: Multicritério - ROC Weights

Zona 7

Zona 7-1	CASEIRINHOS
Zona 7-2	CUNIMIX
Zona 7-3	NANTABIFE
Zona 7-4	PORCINANTA 2 (815)
Zona 7-5	PORCINANTA 2 (815)
Zona 7-6	OVILACTAL BEIRAS
Zona 7-7	PM2

Zona 9

Zona 9-1	MULTIPIG 2
Zona 9-2	CUNI TRANSICAO
Zona 9-3	FRANGOS OURO (115 GR)
Zona 9-4	CUNI TRANSICAO
Zona 9-5	CUNI TRANSICAO

Zona 11

Zona 11-1	FRANGOS OURO (115 GR)
Zona 11-2	NANTA GRITE
Zona 11-3	NANTA GRITE
Zona 11-4	CUNILAP
Zona 11-5	COELHOS OURO (AV)
Zona 11-6	NOVALAC STARTER TXT
Zona 11-7	#N/D
Zona 11-8	OVILACTAL 520
Zona 11-9	#N/D
Zona 11-10	#N/D
Zona 11-11	#N/D
Zona 11-12	#N/D

Zona 8

Zona 8-1	CUNILAP (AV)
Zona 8-2	BOVICARNE 14
Zona 8-3	COELHOS OURO (AV)
Zona 8-4	MULTIPIG 2
Zona 8-5	MULTIPIG 1
Zona 8-6	NANTA GRITE
Zona 8-7	MULTIPIG 1

Zona 10

Zona 10-1	OVILACTAL BEIRAS
Zona 10-2	PM2
Zona 10-3	CUNILAP (AV)
Zona 10-4	BOVICARNE 14

Zona 12

Zona 12-1	FRANGOS OURO (115 GR)
Zona 12-2	FRANGOS OURO (115 GR)
Zona 12-3	CUNI TRANSICAO
Zona 12-4	CUNI TRANSICAO
Zona 12-5	CUNI TRANSICAO
Zona 12-6	FRANGOS OURO (115 GR)
Zona 12-7	MULTIPIG 2
Zona 12-8	MULTIPIG 2
Zona 12-9	MULTIPIG 2
Zona 12-10	NANTA GRITE
Zona 12-11	BOVICARNE 16
Zona 12-12	BOVICARNE 14

Zona 13

Zona 13-1	#N/D
Zona 13-2	PINTOS OURO (104)
Zona 13-3	4EQS CLUB - Activity Classic
Zona 13-4	MULTIPIG 1
Zona 13-5	#N/D
Zona 13-6	#N/D
Zona 13-7	BOVICARNE ENGORDA
Zona 13-8	OVILACTAL TOP
Zona 13-9	KEMPEN GRASS
Zona 13-10	#N/D
Zona 13-11	PM2
Zona 13-12	OVILACTAL BEIRAS
Zona 13-13	CUNILAP (AV)
Zona 13-14	#N/D

REF	Produto	n - dias K				Custos Lugares				Diferença	Diario	distancia percorrida diariamente	
		QT	Min Toneladas	Max Toneladas	Tmax	total	utilizado	2496,35	417				Cj total
1550G30	CUNI TRANSICAO	117	87 100,92	174 201,85	1,5	897750	2913,4	2496,35	417	221,25	36,9	10	737,5
3455G30	FRANGOS OURO (115 GR)	111	82 272,72	164 545,44						190,5	38,1	10	762,0
4704G30	MULTIPIG 2	93	67 902,17	135 804,33						212,45	42,5	8	679,8
3482125	NANTA GRITE	78	56 768,31	113 536,62						188,45	47,1	7	659,6
1549G25	CUNILAP	45	33 342,53	66 685,05						106,5	53,3	4	426,0
4670G30	BOVICARNE 16	45	33 125,14	66 250,27						110,75	55,4	4	443,0
1841G25	4EQS CLUB - Activity Classic	42	29 322,15	58 644,31						122,85	61,4	4	491,4
4513M80	PM2	39	27 392,48	54 784,96						107,6	53,8	4	430,4
4521G30	OVLACTAL BEIRAS	36	27 332,10	54 664,19						110,6	55,3	4	442,4
3421G30	PORCINANTA 2 (815)	36	25 189,06	50 378,12						107	53,5	3	321,0
4703G30	MULTIPIG 1	33	22 856,81	45 713,63						152,5	50,8	3	305,0
3492GAV	COELHOS OURO (AV)	30	22 437,24	44 874,48						102,45	51,2	3	307,4
4803G30	BOVICARNE 14	30	20 951,30	41 902,59						106,7	53,4	3	320,1
1549GAV	CUNILAP (AV)	27	18 223,63	36 447,27						115,8	57,9	3	347,4
1580U30	NOVALAC STARTER TXT	24	16 426,36	32 852,73						57,25	57,3	2	229,0
4401G30	OVLACTAL 520	21	14 570,50	29 140,99						61,6	61,6	2	246,4
1436G30	KEMPEN GRASS	21	13 105,13	26 210,26						61,6	61,6	2	246,4
1562G30	BOVICARNE ENGORDA	21	12 700,99	25 401,98						61,6	61,6	2	246,4
3497MAV	PINTOS OURO (104)	21	12 073,20	24 146,39						61,6	61,6	2	246,4
1613G30	OVLACTAL TOP	18	11 776,63	23 553,27						58	58,0	2	232,0
3459G30	NANTABIFE	18	11 682,70	23 365,40						61	61,0	2	244,0
1492X30	CUNIMIX	18	10 869,50	21 739,00						64	64,0	2	256,0
1493X30	CASEIRINHOS	18	10 869,50	21 739,00						64	64,0	2	256,0
951		673 312,50	293,80	713 250		2 503,65	1258,78583	88	8865,965				

Anexo XVII - Localização Atual dos produtos

REF	Producto	Total (Kg)	Diário	Diário		Distância	Total diário
				Paletes	Zona		
1550G30	CUNI TRANSICAO	1 947 240,00	7 489,38	10	2-8	163,80	3 276,00
3492G30	COELHOS OURO	1 909 680,00	7 344,92	10	11-10	61,60	1 232,00
3455G30	FRANGOS OURO (115 GR)	1 839 300,00	7 074,23	10	11-1	42,25	845,00
4383M30	FRANGOS OURO MIG (115)	1 557 330,00	5 989,73	8	11-9	61,60	985,60
4704G30	MULTIPIG 2	1 518 030,00	5 838,58	8	10-3	61,25	980,00
3482125	NANTA GRITE	1 269 120,00	4 881,23	7	13-2	61,60	862,40
3438G25	GALAROS	1 087 620,00	4 183,15	6	1-4	184,80	2 217,60
3437G30	AVIUNIC/115	999 060,00	3 842,54	6	13-5	61,60	739,20
3477G25	POEDEIRAS RURAL (120)	912 570,00	3 509,88	5	11-3	48,25	482,50
1549G25	CUNILAP	745 410,00	2 866,96	4	10-1	55,25	442,00
4670G30	BOVICARNE 16	740 550,00	2 848,27	4	13-4	61,60	492,80
3440G30	POEDEIRAS OURO	737 250,00	2 835,58	4	4-5	125,40	1 003,20
1579G30	NOVALAC STARTER	658 740,00	2 533,62	4	2-5	172,80	1 382,40
1841G25	4EQS CLUB - Activity Classic	655 530,00	2 521,27	4	1-21	133,80	1 070,40
1543X25	CAPOEIRA MIX	635 520,00	2 444,31	4	2-7	166,80	1 334,40
1582G30	NOVALAC RECRIA	634 380,00	2 439,92	4	11-4	51,25	410,00
4513M30	PM2	612 390,00	2 355,35	4	2-10	157,80	1 262,40
4521G30	OVILACTAL BEIRAS	611 040,00	2 350,15	4	2-9	160,80	1 286,40
1030M30	RECRIA OURO (FABRICOR)	594 390,00	2 286,12	4	13-13	61,60	492,80
3982G30	CUNI SAFE	580 410,00	2 232,35	3	13-7	61,60	369,60
3497M30	PINTOS OURO (104)	574 920,00	2 211,23	3	11-12	61,60	369,60
3421G30	PORCINANTA 2 (815)	563 130,00	2 165,88	3	13-3	61,60	369,60
3439M25	FRANGUINHOS	554 250,00	2 131,73	3	12-6	37,50	225,00
4523G30	OVILACTAL ORDENHA	524 100,00	2 015,77	3	11-7	60,25	361,50
4703G30	MULTIPIG 1	510 990,00	1 965,35	3	4-4	128,45	770,70
3492GAV	COELHOS OURO	501 610,00	1 929,27	3	7-2	61,00	366,00
3440M30	POEDEIRAS OURO	469 230,00	1 804,73	3	10-4	63,30	379,80
4803G30	BOVICARNE 14	468 390,00	1 801,50	3	2-4	175,80	1 054,80
1631T30	RUMINANTA 90	438 540,00	1 686,69	3	13-1	64,10	384,60
4544G30	TM VL 3001	428 880,00	1 649,54	3	11-2	45,25	271,50
3477GAV	POEDEIRAS RURAL (120)	425 115,00	1 635,06	3	7-3	58,00	348,00
1549GAV	CUNILAP	407 410,00	1 566,96	3	7-6	49,00	294,00
1580U30	NOVALAC STARTER TXT	367 230,00	1 412,42	2	12-5	37,00	148,00
1104G30	NANTACORDEIRO 2	362 730,00	1 395,12	2	4-6	122,35	489,40
4455G30	DL 3022	356 910,00	1 372,73	2	10-2	58,25	233,00
4401G30	OVILACTAL 520	355 260,00	1 366,38	2	12-4	37,00	148,00
4700G30	MULTIBIFE 1	353 910,00	1 361,19	2	11-5	54,25	217,00
3440GAV	POEDEIRAS OURO	351 945,00	1 353,63	2	7-7	46,00	184,00
3460G30	NANTABIFE SUPER	328 980,00	1 265,31	2	1-14	154,80	619,20
1436G30	KEMPEN GRASS	325 740,00	1 252,85	2	12-10	49,50	198,00
1548G30	CUNILACTAL MATER	323 460,00	1 244,08	2	12-3	37,00	148,00
3455GAV	FRANGOS OURO (115 GR)	318 810,00	1 226,19	2	7-5	52,00	208,00
4702G30	MULTIBIFE 2	317 610,00	1 221,58	2	11-8	61,60	246,40
1562G30	BOVICARNE ENGORDA	292 980,00	1 126,85	2	2-6	169,80	679,20
3497MAV	PINTOS OURO (104)	283 945,00	1 092,10	2	7-4	55,00	220,00
1564G30	BOVICARNE ACABAMENTO	274 110,00	1 054,27	2	2-1	184,80	739,20
1613G30	OVILACTAL TOP	269 910,00	1 038,12	2	4-7	119,30	477,20
4950T30	RUMITACO	264 840,00	1 018,62	2	11-6	57,25	229,00
3492G05	COELHOS OURO	263 715,00	1 014,29	2	6-4	112,80	451,20
3459G30	NANTABIFE	263 280,00	1 012,62	2	1-27	115,80	463,20
1313G30	BROILER 2ª FASE	262 230,00	1 008,58	2	13-6	61,60	246,40
1492X30	CUNIMIX	261 180,00	1 004,54	2	1-19	139,80	559,20
1166G30	CUNILACTAL SUPER	260 370,00	1 001,42	2	1-15	151,80	607,20
1493X30	CASEIRINHOS	243 000,00	934,62	2	4-8	116,25	465,00

34337,60

