

**UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ
COORDENAÇÃO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO
CURSO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO**

CAMILA CRISTINE VOGEL

**SIMULAÇÃO E ESTUDO DA ERGONOMIA FÍSICA DO
PROCESSO INDUSTRIAL DE PALETIZAÇÃO DE CAIXAS
DE LEITE UHT**

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

MEDIANEIRA

2011

CAMILA CRISTINE VOGEL

**SIMULAÇÃO E ESTUDO DA ERGONOMIA FÍSICA DO
PROCESSO INDUSTRIAL DE PALETIZAÇÃO DE CAIXAS
DE LEITE UHT**

Trabalho de conclusão de curso apresentado ao Curso de Graduação, em Engenharia de Produção, da Universidade Tecnológica Federal do Paraná - UTFPR, Campus Medianeira, como requisito parcial à obtenção do título de Bacharel em Engenharia de Produção.

Orientadora: Prof. Dr. Carla A. P. Schmidt
Co-Orientador: Prof. Dr. José Airton A. dos Santos

MEDIANEIRA

2011

UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ
COORDENAÇÃO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO
CURSO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO

TERMO DE APROVAÇÃO

**SIMULAÇÃO E ESTUDO DA ERGONOMIA FÍSICA DO PROCESSO INDUSTRIAL
DE PALETIZAÇÃO DE CAIXAS DE LEITE UHT**

Por

CAMILA CRISTINE VOGEL

Este trabalho de conclusão de curso foi apresentado no dia 05 de dezembro de 2011 como requisito parcial para a obtenção do título de Bacharel em Engenharia de Produção, da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Campus Medianeira. O candidato foi arguido pela Banca Examinadora composta pelos professores abaixo assinados. Após deliberação, a Banca Examinadora considerou o trabalho

Prof. Dr. Carla A. P. Schmidt
Universidade Tecnológica Federal do Paraná
(Orientadora)

Prof. Dr. José Airton dos Santos
Universidade Tecnológica Federal do Paraná
(Co-orientador)

Prof. Dr. André Luis da Silva
Universidade Tecnológica Federal do Paraná

Prof. Dr. Vânia Lionço
Universidade Tecnológica Federal do Paraná

A Deus, nosso Senhor; aos meus pais Walter (*in memoriam*) e Bernadete, pela dedicação, compreensão e incentivo ao estudo; ao meu irmão Gabriel pelo amor e alegria que transmite.

AGRADECIMENTOS

A Deus, pela vida e saúde que me permite seguir em frente e trilhar meu caminho.

A minha família, pelo amor e compreensão, vocês são os verdadeiros motivos de eu enfrentar as batalhas do dia-a-dia.

Ao meu namorado, Josias Cristiano Fogaça, pelo carinho e confiança depositada em meu trabalho.

A minha orientadora, Prof. Dr. Carla A. P. Schmidt, pelo apoio, dedicação e incentivo para realização deste trabalho.

Ao meu professor co-orientador, Prof. Dr. José Airton dos Santos, pelo esforço e ajuda prestada, sempre buscando o melhor resultado.

Ao professor Dr. André Luis da Silva, pela disposição e colaboração para o enriquecimento do estudo realizado.

Aos meus colegas e amigos de Curso, pela força transmitida nos momentos bons e ruins destes cinco anos juntos.

Aos professores, pela dedicação e vontade de formar profissionais capacitados para o mercado de trabalho e para a vida.

A empresa e seus profissionais, pela confiança e colaboração na concessão de informações valiosas para a realização deste estudo.

A todos que, com boa intenção, colaboraram para a realização e finalização deste trabalho.

“A nossa maior glória não reside no fato de nunca cairmos, mas sim em levantarmo-nos sempre depois de cada queda.”

Confúcio

VOGEL, Camila Cristine. **SIMULAÇÃO E ESTUDO DA ERGONOMIA FÍSICA DO PROCESSO INDUSTRIAL DE PALETIZAÇÃO DE CAIXAS DE LEITE UHT**. 2011. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharel em Engenharia de Produção) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná.

RESUMO

Atualmente, as empresas estão buscando novas técnicas, metodologias e teorias que as ajude a obter melhores resultados. No setor de produção, existem muitos estudos que tentam melhorar a produtividade dos sistemas, otimizando os processos. Uma das técnicas disponíveis é a simulação, que possibilita fazer alterações no sistema de forma virtual. Com muita facilidade e agilidade é possível criar novos layouts, utilizar novos equipamentos, entre várias outras possibilidades de alterações, sem grandes investimentos, visualizando os resultados na tela do computador. No entanto, uma empresa não pode apenas se preocupar em ser a mais produtiva, deve também estar atenta as necessidades dos seus colaboradores. Um aspecto importante é a ergonomia física que está relacionada com as características da anatomia humana, antropometria, fisiologia e biomecânica em sua relação com a atividade física. Os tópicos relevantes incluem o estudo da postura no trabalho, manuseio de materiais, movimentos repetitivos, distúrbios musculoesqueléticos relacionados ao trabalho, projeto de posto de trabalho, segurança e saúde. Estes conceitos foram utilizados para analisar o processo industrial de paletização de caixas de leite UHT de uma empresa do ramo lácteo e propor melhorias nos aspectos produtivos e de saúde e segurança dos trabalhadores. Para isso, observou-se o processo, identificando as variáveis e coletando os dados necessários. Para a simulação, foi preciso tratar os dados estatisticamente, construir o modelo no *software* ARENA[®] e validar os resultados com os reais. Também foi possível criar novos cenários de caráter comparativo. No estudo da ergonomia física foi aplicada a equação de NIOSH na atividade de montagem dos paletes realizada pelos auxiliares de empacotadeira, pois nesta acontece o levantamento das caixas de leite com aproximadamente 12,2 kg para os paletes e que podem causar problemas musculares. Os resultados mostraram que o processo está bem planejado, pois não foi possível identificar filas significativas entre as etapas, apenas a taxa de ocupação dos auxiliares de empacotadeira está alta, com média de 88% durante 8 horas de trabalho. Isto pode ser melhorado através da redução da carga horária dedicada a esta função, podendo acontecer o revezamento de funcionários. Como esperado, a atividade analisada ergonomicamente apresentou alto risco com índice de levantamento de 4,89, sendo que a partir de 1 já é prejudicial. Simulando que a duração da atividade fosse menor, obteve-se índice de 2,98, ainda fora do ideal. Assim, a solução foi propor melhorias através da implantação de equipamentos que auxiliem o trabalho e que sejam economicamente viáveis. Neste caso, acredita-se que a mesa pantográfica seja a opção mais acertada.

Palavras-chave: *Software* ARENA[®]. Equação de NIOSH. Engenharia de Produção. Agroindústria.

VOGEL, Camila Cristine. **SIMULATION AND STUDY OF PHYSICAL ERGONOMICS IN THE INDUSTRIAL PROCESS OF PALLETIZING OF UHT MILK BOXES.**2011. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharel em Engenharia de Produção) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná.

ABSTRACT

Currently, companies are looking for new techniques, methodologies and theories to help them achieve better results. In the manufacturing sector, there are many studies that attempt to improve the productivity of systems, optimizing processes. One of the techniques available is simulation, which allows making changes to the system in a virtual way. Too easy and fast you can create new layouts, using new equipment, among many other possibilities for changes without large investments, viewing the results on the computer screen. However, a company can not just worry about being more productive, must also be attentive to the needs of its employees. An important aspect is physical ergonomics is related to the characteristics of the human anatomy, anthropometry, physiology and biomechanics in relation to physical activity. Relevant topics include the study of working postures, materials handling, repetitive movements, work-related musculoskeletal disorders, workplace design, health and safety. These concepts were used to analyze the manufacturing process of palletizing boxes of UHT milk from a dairy company in the business and propose improvements in the productive aspects and health and safety of workers. For this, we observed the process, identifying the variables and collecting the necessary data. For the simulation, it was necessary to treat the data statistically, build the model in ARENA[®] software and validate the results with the real. It was also possible to create new scenarios of character comparison. In the study of physical ergonomics was applied to the NIOSH equation for the activity carried out by mounting the auxiliary pallet packer, this happens because the lifting of milk cartons with approximately 12.2 kg for pallet and can cause muscle problems. The results showed that the process is well planned, it was not possible to identify significant queues between steps, only the occupancy rate of the auxiliary packer is high, averaging 88% for 8 hours. This can be improved by reducing the hours dedicated to this function, the relay can happen to employees. As expected, the activity analyzed ergonomically presented with high-risk survey index of 4.89, and from a longer harmful. Simulating the duration of the activity was lower, we obtained a rate of 2.98, still out of the ideal. Thus, the solution was to propose improvements through the deployment of equipment that helps the work and that are economically viable. In this case, it is believed that the pantographic table is the option wiser.

Keywords: ARENA[®] software. NIOSH equation. Production Engineering. Agribusiness.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 – Fluxograma do processo produtivo do leite UHT	21
Figura 2 – Palete Padrão PBR	24
Figura 3 – Processos de decisão com modelos de simulação	26
Figura 4 – <i>Software</i> ARENA®	32
Figura 5 – Análise Ergonômica dos Postos de Trabalho.....	36
Figura 6 – Formas de classificação da pesquisa científica.....	40
Figura 7 – Passos em um estudo envolvendo modelagem e simulação.....	43
Figura 8 – Fluxograma do processo de beneficiamento de leite UHT	47
Figura 9 – Layout do processo de paletização	48
Figura 10 – Fluxograma do Processo de Paletização	49
Figura 11 – Histograma dos tempos de construção dos paletes.....	50
Figura 12 – Modelo de Simulação.....	51
Figura 13 – Número de paletes por cenário	52
Figura 14 – Robô paletizador - Marca Torfresma, Modelo RPT 100TS.....	62
Figura 15 – Robô paletizador – Marca Magnoflux, Modelo P160i.....	62
Figura 16 – Posições de funcionamento da Mesa Pantográfica.....	63

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Quantidade de leite cru, resfriado ou não produzido no Brasil em 2010 .	19
Tabela 2 – Capacidade de levantamento repetitivo de pesos para mulheres e homens para três distâncias em relação ao corpo e três alturas diferentes.....	37
Tabela 3 – Distribuições Estatísticas obtidas dos dados de tempo coletados durante o processo de paletização das caixas de leite UHT	50
Tabela 4 – Comparação entre números de paletes pelo sistema real e simulado	52
Tabela 5 – Número de paletes produzidos em cada um dos três cenários simulados	52
Tabela 6 – Porcentagem de utilização dos auxiliares de empacotadeira nos dois cenários simulados.....	53
Tabela 7 – Dados coletados através de medições e observações no posto de trabalho	54
Tabela 8 – Cálculo da frequência de levantamento por minuto e por níveis do palete	55
Tabela 9 – Cálculo da frequência de levantamento por minuto e por níveis do palete (Cenário 2)	58
Tabela 10 – Resultados da aplicação da equação de NIOSH para os cenários analisados	61

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Histórico da Simulação Computacional	29
Quadro 2 – Resumo da gravidade ergonômica por atividade	54
Quadro 3 – Formulário para Análise da Tarefa de Levantamento (Tarefa Simples) .	56
Quadro 4 – Formulário para Análise da Tarefa de Levantamento (Tarefa Complexa)	57
Quadro 5 – Formulário para Análise da Tarefa de Levantamento (Tarefa Simples) – (Cenário 2)	59
Quadro 6 – Formulário para Análise da Tarefa de Levantamento (Tarefa Complexa) – (Cenário 2)	60
Quadro 7 – Fragmento do Formulário para Análise da Tarefa de Levantamento (Tarefa Complexa) – (Cenário 1).....	64

LISTA DE SIGLAS

ABERGO	Associação Brasileira de Ergonomia
ABLV	Associação Brasileira da Indústria de Leite Longa Vida
ABRAS	Associação Brasileira de Supermercados
AET	Análise Ergonômica do Trabalho
ANAHT	Associação dos Produtores de Madeira e Embalagens com Tratamento Térmico
cm	Centímetro
CRM	Customer Relationship Management
DORT	Distúrbios Osteomusculares Relacionados ao Trabalho
EUA	Estados Unidos da América
FAO	Food Agriculture Organization
GPSS	General Purpose Simulation System
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
IEA	Associação Internacional de Ergonomia
IL	Índice de Levantamento
ILC	Índice de Levantamento Composto
ILIF	Índice de Levantamento Independente da Frequência
ILTS	Índice de Levantamento para Tarefa Simples
kg	Quilograma
LER	Lesões por Esforços Repetitivos
levs/min	Levantamentos/minutos
LPR	Limite de Peso Recomendado
LPRIF	Limite de Peso Recomendado Independente da Frequência
LPRTS	Limite de Peso Recomendado para Tarefa Simples
NIOSH	National Institute for Occupational Safety and Health
NTEFP	Nexo Técnico Fator Epidemiológico
PBR	Palete Padrão Brasil
PC	Peso da Carga
PO	Pesquisa Operacional
SEAB	Secretaria da Agricultura e do Abastecimento do Paraná
SOBRAPO	Sociedade Brasileira de Pesquisa Operacional
UHT	Ultra High Temperature

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	14
1.1 OBJETIVO GERAL.....	15
1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	15
2 REVISÃO DA LITERATURA	17
2.1 LEITE	17
2.1.1 Produção de Leite	18
2.1.2 Processamento do Leite.....	20
2.1.3 Leite UHT	20
2.1.4 Paletização.....	22
2.2 PESQUISA OPERACIONAL	24
2.2.1 Modelagem.....	25
2.2.2 Simulação.....	27
2.2.2.1 Histórico da Simulação Computacional	28
2.2.2.2 Principais conceitos.....	29
2.2.2.3 Vantagens e desvantagens	30
2.2.2.4 <i>Software</i> ARENA®	31
2.2.3 Ergonomia	33
2.2.3.1 Análise ergonômica dos postos de trabalho.....	35
2.2.3.2 Levantamento de Cargas	36
2.2.3.3 Equação de levantamento de NIOSH.....	37
3 MATERIAIS E MÉTODOS	40
3.1 TIPOS DE PESQUISA	40
3.1.1 Natureza da pesquisa.....	41
3.1.2 Objetivos da pesquisa	41
3.1.3 Forma de abordar o problema.....	41
3.1.4 Procedimentos metodológicos a serem adotados na pesquisa.....	42
3.2 POPULAÇÃO AMOSTRA	43
3.3 COLETA DOS DADOS.....	44
3.4 ANÁLISE DOS DADOS	45
4 RESULTADOS E DISCUSSÕES	46
4.1 EMPRESA E PROCESSO PRODUTIVO	46

4.2 DESCRIÇÃO DO PROCESSO ANALISADO	47
4.3 SIMULAÇÃO	49
4.4 ESTUDO DA ERGONOMIA FÍSICA.....	53
4.5 PROPOSTAS DE MELHORIA	61
5 CONSIDERAÇÕES FINAIS	65
REFERÊNCIAS.....	66
ANEXOS.....	70

1 INTRODUÇÃO

Uma das primeiras fontes de alimentação dos mamíferos é o leite. A partir de seu nascimento o homem recebe o leite materno como fonte primária de sua alimentação, no decorrer de seu crescimento esta fonte é substituída gradativamente pelos produtos lácteos. Atualmente o Brasil apresenta-se como um grande produtor e também consumidor de produtos lácteos. O leite permanece até hoje como um importante componente da pirâmide alimentar por vários motivos, especialmente por ser muito nutritivo podendo fornecer grande quantidade de energia para o ser humano, sendo este apenas um de vários outros benefícios para a saúde. Além disso, não se pode esquecer que ele é um alimento tradicional e indispensável à mesa de todos os brasileiros.

A indústria beneficiadora do leite tem o papel de promover modificações no produto, padronizando suas características de acordo com a legislação vigente, de modo que este seja consumido com qualidade. Todavia a excelência do produto só pode ser alcançada quando existem produtores capacitados. Eles precisam saber da importância em relação aos cuidados com os animais, com o leite desde a alimentação, o momento da ordenha, o seu armazenamento e o transporte até a indústria.

A eficiência de uma indústria, nos dias atuais, é extremamente importante para sua sobrevivência. Assim, é preciso que o processo produtivo seja organizado de modo que as perdas sejam mínimas, tanto de tempo como de produto. Para obter este resultado, diversas técnicas, ferramentas e instrumentos são disponibilizados aos dirigentes desses processos, muitos deles envolvem a tecnologia de gestão da informação. No entanto, qualquer processo de mudança precisa ser precedido de uma avaliação técnica que avalie as vantagens ou problemas que poderão decorrer. Muitas dessas avaliações são realizadas mediante o uso de softwares de simulação.

Softwares de simulação são muito usados em grandes empresas, pois um “pequeno teste” pode custar muito e um erro pode levar a falência. A popularização destes *softwares* permitiu que pequenas empresas também pudessem obter vantagens com esta ferramenta tão valiosa. A simulação entra neste contexto com a tarefa de oportunizar o estudo do processo proporcionando a opção de modificação

do mesmo virtualmente, sem custo nenhum com equipamentos, pessoas e matéria-prima que seriam utilizados inicialmente apenas para testes.

No campo da engenharia de produção e sistemas o projeto e gerência de sistemas integrados de pessoas, materiais, equipamentos e ambientes, a ergonomia se mostra um importante componente na melhoria da produtividade, na qualidade do produto e na saúde das pessoas (MATEUS JUNIOR, 2009).

Da mesma forma o estudo das condições de trabalho são complementares a esse processo, tal como proposto no presente estudo. Sabe-se que a ocorrência de lesões musculares no trabalho causadas por esforços excessivos ou práticas inadequadas é crescente e causa preocupação, uma vez que pode afetar a eficiência da indústria e trazer complicações para a saúde dos trabalhadores. Buscando minimizar estes efeitos, utilizam-se ferramentas para avaliação ergonômica das atividades, para identificar e quantificar os problemas e propor mudanças favoráveis para os trabalhadores e para a empresa.

1.1 OBJETIVO GERAL

O objetivo deste estudo foi verificar a eficiência do processo de paletização do leite UHT e realizar um estudo da ergonomia física dessa atividade. Avaliando por meio de cálculos ergonômicos e simulação as possíveis melhorias, e o impacto das ações propostas sobre a produtividade visando assegurar a saúde e bem-estar dos trabalhadores.

1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Visando alcançar o objetivo geral foram definidos os seguintes objetivos específicos:

- a) Conhecer o processo produtivo em estudo através da observação *in loco*;
- b) Elaborar fluxograma identificando cada etapa do processo, quantidade de pessoas envolvidas e esforços realizados;

- c) Coletar dados através de contagens de tempos e medições;
- d) Implementar um modelo computacional do sistema atual;
- e) Analisar a ergonomia física do posto de trabalho onde acontece o levantamento de carga;
- f) Analisar os resultados obtidos no modelo atual com ambas as análises;
- g) Validar o modelo comparando os resultados obtidos na simulação e os resultados reais da empresa;
- h) Propor melhorias para a empresa e para seus funcionários.

2 REVISÃO DA LITERATURA

Para uma melhor análise, os assuntos abordados foram divididos em partes, onde se apresenta a teoria relativa ao produto, ao processo, à simulação e à ergonomia, envolvidos neste estudo.

2.1 LEITE

Mesmo com todos os avanços tecnológicos e científicos, o leite *in natura* continua sendo um dos alimentos mais nutritivos, sendo considerado o alimento natural mais próximo da perfeição (TECALIM, 2009).

Farias Júnior e Osório (2005) em pesquisa sobre o padrão alimentar de crianças menores de cinco anos no estado de Pernambuco apresentam um elevado consumo de leite de vaca, sendo um alimento consumido por 86,8% das crianças. A partir destes dados, acreditam os autores, que em todo o território nacional o alimento mais consumido nesta fase seja o leite de vaca.

De acordo com a Instrução Normativa nº 51 de 18 de setembro de 2002, “entende-se por leite, sem outra especificação, o produto oriundo da ordenha completa e ininterrupta, em condições de higiene, de vacas sadias, bem alimentadas e descansadas”.

O leite se apresenta como uma emulsão branca, ligeiramente amarelada, de odor suave e gosto adocicado. Alimento muito nutritivo é composto por proteínas, gordura, açúcar e água (BEHMER, 1991).

Para que seja comercializado, o leite precisa atender a algumas especificações ditadas pela legislação (Instrução Normativa nº 51 de 18 de setembro de 2002), variando de acordo com o tipo do leite, porém todos devem apresentar excelentes características microbiológicas, físico-químicas e organolépticas. Os cuidados devem ter início já nas propriedades rurais de modo que a higiene das instalações, dos manipuladores e dos animais, é de extrema importância no momento da ordenha, recomenda-se também que a exposição do leite a temperatura ambiente seja a mínima possível. Por ser um alimento altamente

perecível, qualquer alteração pode prejudicar a qualidade da matéria-prima e conseqüentemente do produto final.

2.1.1 Produção de Leite

Segundo Gomes (1991) a produção de leite no Brasil se mostrava crescente nas décadas de 60 e 70, juntamente com a economia do país. Porém isso não aconteceu na década posterior, a economia estagnou-se e a produção leiteira continuou crescendo, apresentando um quadro preocupante, pois grande produção sem demanda, exportação ou crescimento do consumo interno, acarreta em preços mais baixos.

Segundo dados da FAO – *Food Agriculture Organization* (2008) a produção mundial de leite aumentou 2,2% em 2008, totalizando 693 milhões de toneladas de leite. A estimativa era que em 2009 o crescimento fosse de 2,5% a mais, ou seja, 710 milhões de toneladas. Estes índices ditam um ritmo de crescimento muito mais lento do que nos últimos anos. A produção brasileira, em 2008, foi de 31,2 milhões de toneladas de leite. Em termos de equivalente-leite, em breve o Brasil poderá ser o segundo maior exportador da região sul-americana, ou até mesmo o maior, se a tendência atual continuar nos próximos anos.

Os dados do IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – demonstram que em 2010 a produção de leite no Brasil foi de 20,9 milhões de toneladas bem distribuída nos 12 meses do ano, apresentando leve oscilação na quantidade produzida devido períodos de safra (período úmido) e entressafra (período seco), conforme a Tabela 1.

Durante a década de 80 e início da década de 90, a maior parte da produção de leite do Brasil concentrava-se nas regiões Sudeste (50%) e Sul (23%). Entre os estados, Minas Gerais lidera a produção nacional, com 30%, ficando em segundo lugar São Paulo com 14% da produção (GOMES, 1991). Os números apresentados pelo IBGE em 2010 mostram que este cenário pouco se modificou, as regiões mais produtivas continuam sendo as mesmas, Minas Gerais continua o líder produtivo com 27% da produção nacional, seguido não mais por São Paulo, mas pelo Rio

Grande do Sul com os mesmos 14% que eram dos paulistas a mais de duas décadas. O Gráfico 1 mostra a distribuição da produção de leite no Brasil em 2010.

Tabela 1 – Quantidade de leite cru, resfriado ou não produzido no Brasil em 2010

Meses/2010	Produção de Leite (mil litros)
Janeiro	1.871.684
Fevereiro	1.624.706
Março	1.748.180
Abril	1.649.225
Maiο	1.627.338
Junho	1.613.597
Julho	1.744.588
Agosto	1.751.845
Setembro	1.675.995
Outubro	1.754.889
Novembro	1.849.412
Dezembro	1.952.892
Total	20.864.351

Fonte: IBGE (2010)

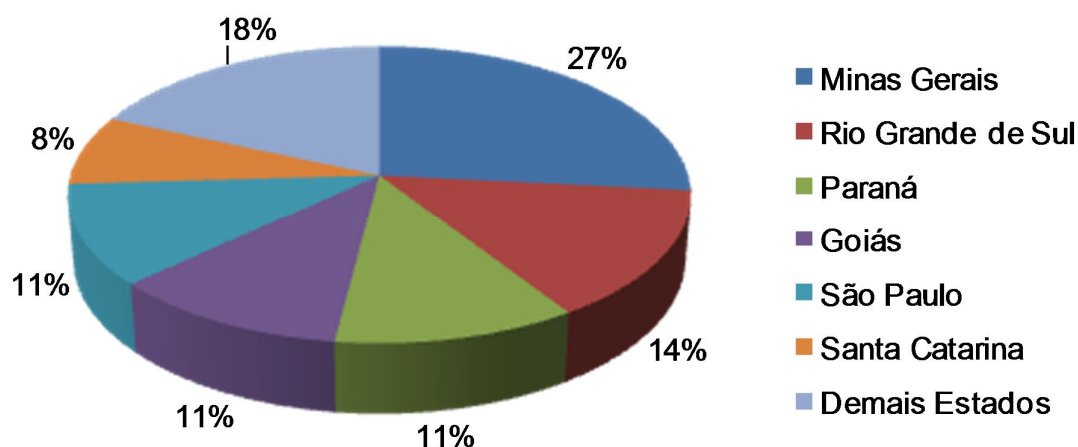


Gráfico 1 – Estados brasileiros que mais produziram leite em 2010

Fonte: IBGE (2010)

2.1.2 Processamento do Leite

Antes de iniciar o processo de beneficiamento do leite cru, a coleta e o seu transporte a granel, devem seguir algumas regras estabelecidas pela mesma normativa que estabelece a qualidade do leite. O processamento do mesmo exige um local adequado que siga as normas ditadas pela legislação específica (SEAB, 2004) e deve ser submetido à inspeção sanitária oficial regularmente. Este estabelecimento é conhecido como laticínio.

Neste local o leite é recebido, processado e a partir daí pode ter dois destinos: o envase para consumo direto (leite pasteurizado ou UHT) ou a fabricação de derivados lácteos. Ambos os casos exigem que a matéria-prima esteja dentro dos padrões de qualidade, caso contrário, ela é rejeitada.

2.1.3 Leite UHT

Entende-se por leite UHT (*Ultra High Temperature*) o leite homogeneizado que foi submetido, durante 2 a 4 segundos, a uma temperatura entre 130°C e 150°C, mediante um processo térmico de fluxo contínuo, imediatamente resfriado a uma temperatura inferior a 32°C e envasado sob condições assépticas em embalagens estéreis e hermeticamente fechadas (BRASIL, 1996). Poderão ser acrescentadas as expressões "longa vida" ou "homogeneizado".

As etapas para produção do leite UHT podem ser visualizadas através da Figura 1.

Segundo a ABLV – Associação Brasileira da Indústria de Leite Longa Vida (2009), o leite UHT está presente no mercado brasileiro desde 1972. Passou muitos anos ocupando uma pequena parcela do mercado consumidor do produto. Através da iniciativa de algumas empresas do setor, em 1994 a ABLV foi criada com intenção de reivindicar impostos mais baixos o que fez com que o produto ganhasse popularidade e espaço no mercado.

O Gráfico 2 apresenta o comportamento das vendas de leite longa vida comparado com o total de leite fluido. Já no Gráfico 3 pode-se evidenciar a evolução da produção, importação e exportação do leite longa vida de 1994 até 2009.

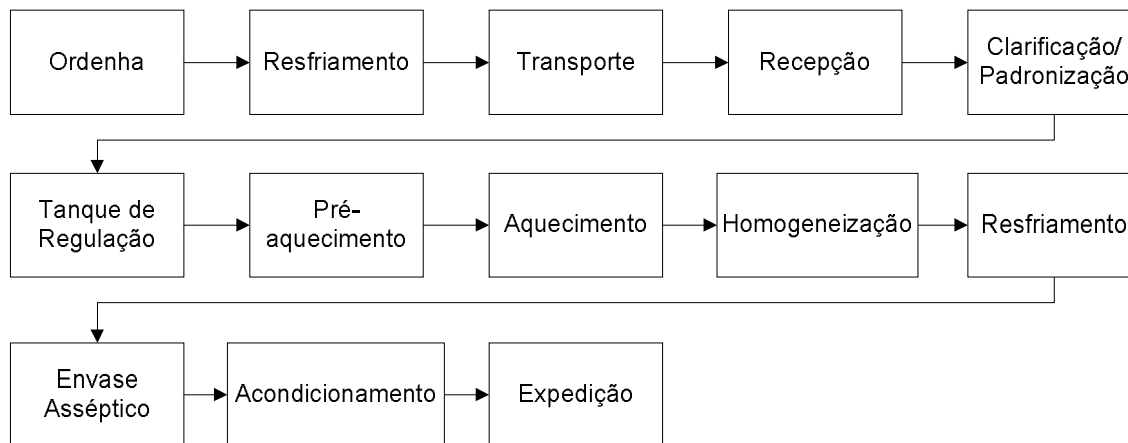


Figura 1 – Fluxograma do processo produtivo do leite UHT
 Fonte: Adaptado de RÉVILLION, Jean Philippe (2011)

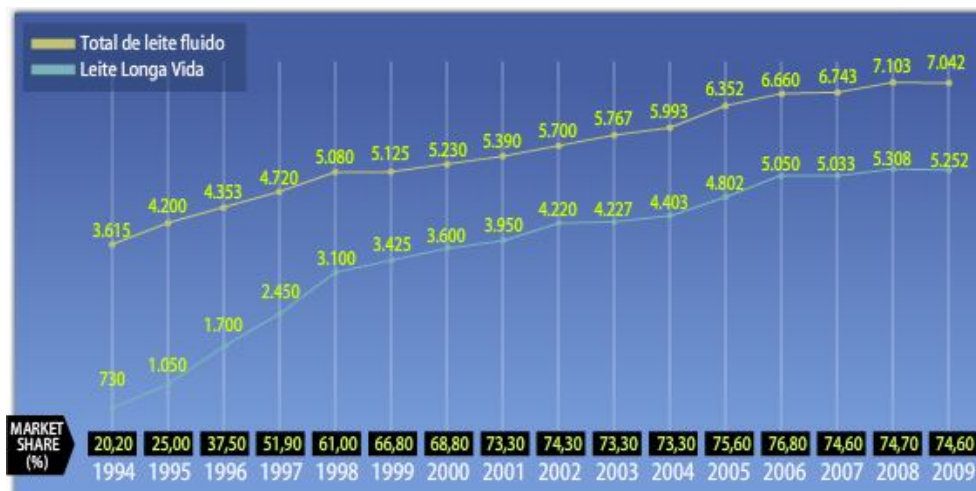


Gráfico 2 – Brasil - Mercado total de Leite Fluido e comportamento das vendas internas de Leite Longa Vida - em 1.000.000 de litros
 Fonte: ABLV, 2009.

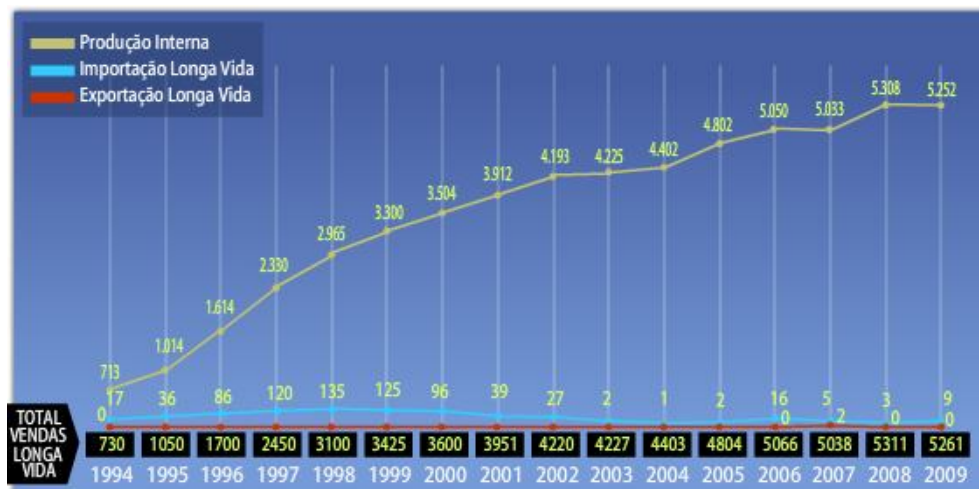


Gráfico 3 – Brasil - Mercado de Leite Longa Vida. Balanço: Produção, Importação, Exportação do Leite Longa Vida - em 1.000.000 de litros
Fonte: ABLV, 2009.

Através do Gráfico 3, observa-se que a produção de leite UHT do país apresentou crescimento em todo o período documentado, assim como o Gráfico 2 demonstra que o crescimento da produção acabou popularizando o seu consumo, aumentando as vendas do produto.

2.1.4 Paletização

A paletização vem sendo utilizada, com frequência cada vez maior, em indústrias que exigem manipulação rápida e estocagem racional de grandes quantidades de carga (ANDERSON, 2007). A indústria de leite UHT é um exemplo claro deste tipo de empresa, uma vez que os equipamentos trabalham com capacidade de milhares de litros por hora.

A ANAHT – Associação dos Produtores de Madeira e Embalagens com Tratamento Térmico (2011), apresenta as vantagens e desvantagens da paletização para as indústrias. As principais vantagens apresentadas são: Maior densidade de armazenagem, utilizando melhor os espaços verticais, descongestionando as áreas de movimentação; Padronização; Rastreabilidade de lotes e controle de validade; Possibilidade de automação; Aperfeiçoa interações entre as várias etapas da cadeia

de *Supply Chain* (Cadeia de Suprimentos); Permite posicionamento uniforme do estoque; Reduz os danos ao material e às embalagens; Reduz o tempo e o custo de inventário (contagem); Contribui para o aumento da acuracidade; Redução de custo de manuseio e movimentação; Redução de tempo, de transportes e, automaticamente, de custos; Rapidez nas operações de carga e descarga, possibilitando sua mecanização; Aumento da produtividade das operações logísticas; Economia de até 50% na movimentação de mercadorias; Redução de furtos.

Sendo que ainda segundo a ANAHT (2011), as principais desvantagens são: Não é utilizada para pequenos produtos ou produtos de baixo giro; A vida útil do palete pode ser baixa, dependendo do tipo da madeira e o modo de operação; Possíveis danos devido à movimentação inadequada; Dificulta inspeção aleatória no recebimento; Dependência de empilhadeiras ou carros porta-paletes; Custos de paletização e despaletização; Investimento em equipamentos adequados; Não padronização dos veículos de transporte; Custos dos paletes; Falta de flexibilidade devido a dimensões variadas.

A área de aplicação dos paletes tem aumentado muito nos últimos anos. Inicialmente, empregados na manipulação interna de armazéns e depósitos, hoje, acompanham a carga, da linha de produção à estocagem, embarque e distribuição. Para facilitar a utilização dos paletes, países como a Inglaterra e EUA padronizaram suas medidas, permitindo, assim, que estes viajassem em caminhões, vagões ferroviários e aviões cargueiros, além de embarcações marítimas (ANDERSON, 2007).

Procurando sanar algumas das desvantagens, a ABRAS (Associação Brasileira de Supermercados), juntamente com profissionais de diversas empresas e associações tecnicamente qualificadas, desenvolveu um palete padronizado tornando-se um sistema altamente confiável para atender toda a logística de movimentação e armazenamento de produtos pelos supermercados. As características peculiares do palete padrão PBR proporcionam uma ampla interação com os meios de transporte, compatibilização com os equipamentos de movimentação, melhor aproveitamento da madeira e preservação ambiental (ABRAS, 2011). A Figura 2 apresenta o palete padrão da PBR.



Figura 2 – Paleta Padrão PBR
Fonte: ABRAS, 2011

Segundo a ANAHT (2011), além do paleta PBR, existem outros tipos de paletes disponíveis como os de plástico, aço e alumínio. Estes possuem vantagens como baixa manutenção, impermeabilidade, vida útil elevada e aceitação de altas cargas, porém possuem custo muito elevado quando comparados com os paletes de madeira.

2.2 PESQUISA OPERACIONAL

O termo Pesquisa Operacional (P.O.) é atribuído ao superintendente A. P. Rowe da Estação de Pesquisa Manor Bawdsey, na Inglaterra. Quando comandava uma equipe que verificava as operações advindas de experimentos com interceptação de aviões inimigos através de radar, em 1938. A utilização da pesquisa operacional na área científica inicia-se como recursos militares na Segunda Guerra Mundial e prevalece até os dias atuais (ARENALES et al., 2007).

O êxito dessas aplicações conduziu o mundo acadêmico e empresarial a buscar as técnicas criadas em problemas de administração. Esse novo horizonte de análise de decisão fundamenta-se pelo uso de conhecimentos científicos por equipes interdisciplinares, com o objetivo de determinar a melhor utilização de recursos limitados. O enfoque multidisciplinar das aplicações de Pesquisa

Operacional proporcionou uma nova visão – a visão acadêmica – aos problemas de decisão das empresas (ANDRADE, 2007).

No Brasil a pesquisa operacional teve início na década de 60 com a realização do primeiro simpósio brasileiro de pesquisa operacional em 1968 e em seguida a fundação da SOBRAPO (Sociedade Brasileira de Pesquisa Operacional) (ARENALES et al.,2007).

Segundo Hillier e Lieberman (2010) a pesquisa operacional está ligada a “pesquisa sobre operações”, ou seja, é aplicada a problemas envolvendo como conduzir e coordenar operações em uma organização. Até os dias de hoje, a pesquisa operacional já foi aplicada nas mais diversas áreas como: produção e logística, incluindo indústrias de alimentação, automóveis, aviação, computadores, eletrônica, móveis, petróleo, telecomunicações, transportes; além de organizações de serviço (públicas e privadas), como: bancos, seguradores, hospitais, bibliotecas, turismo, energia etc.

De acordo com Arenales et al. (2007), a abordagem de resolução de um problema por meio de pesquisa operacional envolve várias fases, que são: a) A definição do problema, onde se define o escopo do problema em estudo; b) A construção do modelo, através de relações matemáticas ou lógicas de simulação; c) A solução do modelo, utilizando técnicas e algoritmos já conhecidos; d) A validação do modelo, responsável por verificar se o modelo gerado representa apropriadamente o problema e, e) A implantação da solução, visando traduzir os resultados obtidos no modelo em decisões.

2.2.1 Modelagem

Um modelo é uma simplificação da realidade. Para Andrade (2007) os modelos podem auxiliar na tomada de decisão, pois ajudam na visualização da estrutura do sistema real, representa as informações e suas inter-relações, auxilia na análise e avaliação do valor de cada alternativa, além de ser um instrumento de comunicação e discussão com outras pessoas.

A modelagem busca representar as situações do mundo real, proporcionando uma melhor visualização, planejamento e previsões das atividades.

Existem muitas dificuldades no momento da validação dos modelos, isto está ligado à veracidade introduzida na montagem dos mesmos (CAIXETA-FILHO, 2009).

Existem três tipos de modelos, são eles: modelos conceituais, modelos simbólicos ou matemáticos e modelos heurísticos. Os modelos matemáticos são a área da pesquisa operacional mais desenvolvida. Eles ainda podem ser subdivididos em: modelos de simulação e modelos de otimização. Estes últimos são mais utilizados para resolução de problemas onde o objetivo é achar a “solução ótima” do mesmo, emprega algoritmos para seu processamento. Os modelos de simulação, por sua vez, são flexíveis quanto às alternativas que podem ser utilizadas para resolução de um problema. Este modelo permite que o administrador crie e teste todas as opções que desejar, respondendo perguntas do tipo: “E se...?”, “O que acontecerá se...?” (ANDRADE, 2007). A Figura 3 representa este modelo.

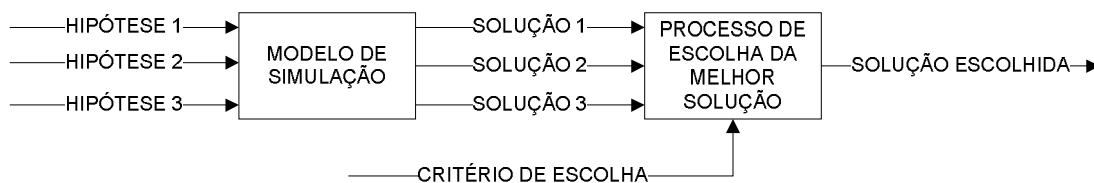


Figura 3 – Processos de decisão com modelos de simulação
Fonte: Andrade (2007)

A modelagem de sistemas produtivos pode envolver muitos processos diferentes, a resolução dos problemas envolve modificações de layout, ampliações de fábrica e troca de equipamentos, entre outras melhorias dentro do processo. A principal atenção deve ser dada ao surgimento de filas dentro dos processos, formando gargalos, que são os grandes problemas da empresas hoje.

Prado (2010) apresenta em seu livro “Usando ARENA em simulação” outras técnicas para possível resolução destes problemas, sendo elas a Teoria das Filas e a Simulação. A Teoria das Filas é um método analítico que aborda o assunto por meio de fórmulas matemáticas. Já a simulação utilizando o computador procura montar um modelo que melhor represente o sistema em estudo.

Os modelos e as aplicações são diferenciados, de maneira que cada um tem sua importância na área em que atua. A simulação apresenta-se como uma técnica

muito atrativa, pois possibilita a representação de sistemas através de modelos computacionais animados. De modo que se pode obter uma representação de fácil compreensão mesmo para pessoas que não possuam conhecimento amplo na área de pesquisa operacional, tornando o estudo mais atraente.

2.2.2 Simulação

Durante esta pesquisa pode-se perceber que a simulação foi muitas vezes definida pelos autores que discorrem sobre este assunto. A mais antiga encontrada é de Schriber (1974) apud Freitas Filho (2008) que afirma que a simulação implica na modelagem de um processo ou sistema que o modelo copie as respostas do sistema real ao longo do tempo. Nota-se que ele não cita a necessidade da utilização de computadores para simular, isto porque na época ainda eram utilizados modelos analógicos e físicos para estudar os sistemas.

Hoje, porém, a simulação é sinônimo de simulação computacional, pois a análise dos sistemas torna-se muito mais facilitada e precisa com o auxílio do computador. Para Pegden (1995) “simulação é o processo de projetar um modelo computacional de um sistema real e conduzir experimentos com este modelo com o propósito de entender seu comportamento e/ou avaliar estratégias para sua operação”.

Kelton (2007) afirma que a simulação refere-se a uma ampla coleção de métodos e aplicações para imitar o comportamento de sistemas reais, geralmente em um computador com *software* adequado. Na verdade, a "simulação" pode ser um termo muito geral, pois a ideia pode ser utilizada em muitos campos, indústrias e aplicações em geral.

Já segundo Prado (2010) “simulação é uma técnica de solução de um problema pela análise de um modelo que descreve o comportamento do sistema usando um computador digital”.

Diferentemente dos modelos de otimização que são resolvidos, os modelos de simulação são executados, de forma que a cada nova alteração ou indagação feita, pode-se obter novamente uma resposta. A maioria destes é do tipo entrada-

saída, isto é, são modelos interativos aos quais se fornecem dados de entrada, obtendo-se respostas específicas para estes (FREITAS FILHO, 2008).

A simulação engloba não apenas a construção do modelo, mas todo o método experimental que se segue, buscando descrever o comportamento do sistema, montando as teorias e hipóteses conforme as observações e utilizando o modelo para prever o comportamento futuro, isto é, os efeitos produzidos por alterações no sistema ou nos métodos empregados em sua operação.

Os campos onde se pode encontrar um sistema apto a ser simulado são muito grandes e variados, como por exemplo, em sistemas de produção, na logística, nos sistemas computacionais, nos sistemas administrativos, sistemas de prestações de serviços, entre tantos outros (PRADO, 2010; FREITAS FILHO, 2008).

2.2.2.1 Histórico da Simulação Computacional

A simulação computacional surgiu, obviamente, após o surgimento do computador, na década de 50. Até então, as simulações eram feitas através de fórmulas matemáticas, na tentativa de imitar o funcionamento do sistema real. Na época existiam poucas linguagens computacionais e todas eram semelhantes quanto à complexidade de programação, apenas os profissionais da área conseguiam programar e entender os resultados obtidos com tal programação (PRADO, 2010).

Na década de 60 a simulação pode ser facilitada graças às novas linguagens que foram criadas. Nesta época houve a criação do GPSS que se tornou uma linguagem muito conhecida devido à popularização dos computadores (PENNA, 2009). O Quadro 1 apresenta o histórico das linguagens de simulação.

Os computadores hoje têm capacidade para operarem várias linguagens e programas ao mesmo tempo e o melhor, com muita facilidade, utilizando simulação visual que auxilia na melhor compreensão dos sistemas.

Anos	Ferramenta	Características do Estudo de Simulação	Exemplos
50 e 60	Linguagens de Propósito Geral	Aplicações em grandes corporações;	FORTRAN, PASCAL, C++ e Java.
		Grupos de desenvolvimento com 6 a 12 pessoas;	
		Programas a serem executados em grandes computadores;	
		Grandes investimentos em capital;	
		Aplicáveis a qualquer contexto;	
		Exigem conhecimento profundo da linguagem;	
		Exigem muito tempo de desenvolvimento;	
70 e início dos 80	Linguagens de Simulação	Utilização em um maior número de corporações;	SIMSCRIPT, GPSS, GASP IV, DYNAMO, SIMAN e SLAM
		Desenvolvimento e uso dos pacotes de linguagem;	
		Surgem linguagens de simulação baseadas em <i>System Dynamics</i>	
		Mais amigáveis, mas ainda requerem um programador especializado;	
80 e início dos 90	Simuladores de Alto Nível	Introdução do PC e da animação;	Simfactory e Excel
		Presença de menus guias e caixas de diálogo;	
		Simulação realizada antes do início da produção;	
		Facilidade de uso;	
		Menos flexíveis do que as linguagens de propósito geral e do que a simulação;	
		Projetados para permitir a modelagem rápida;	
		Dispõem de elementos específicos para representar filas, transportadores, etc;	
Restringem-se a alguns sistemas específicos;			
Após os anos 90	Pacotes Flexíveis de Programas de Simulação	Melhor animação e facilidade de uso;	ARENA, Promodel, Witnese, Extend, Stella, Solidworks
		Fácil integração com outras linguagens de programação;	
		Usada na fase de projeto;	
		Grande uso em serviços;	
		Grande integração com outros pacotes (base de dados e processadores de texto);	
		Aprimoramento dos simuladores, o que permite modelagem rápida;	
		Integram a flexibilidade das linguagens de programação com facilidade de uso dos pacotes de simulação;	

Quadro 1 – Histórico da Simulação Computacional
Fonte: Adaptado de Kelton (1998) apud Penna (2009)

2.2.2.2 Principais conceitos

Assim como em outras técnicas, a simulação possui algumas terminologias para nomear cada parte do sistema a ser modelado, as mais utilizadas são (FREITAS FILHO, 2008):

Variáveis de Estado: constituem o conjunto de informações necessárias à compreensão do que está ocorrendo no sistema num determinado instante no tempo, com relação aos objetos de estudo. Exemplos: número de peças, pessoas ou tarefas esperando na fila.

Eventos: são acontecimentos, ocorrências, programados ou não, os quais, quando ocorrem, provocam uma mudança de estado em um sistema. Toda mudança de estado é provocada por um evento. Exemplos: a chegada de peças, clientes; o início de um processamento; a saída das peças do sistema.

Entidades: é o que atua na simulação, são capazes de se mover, mudar de status, interagir com outras entidades e afetar o estudo do sistema. Elas podem ser entidades dinâmicas que se movem através do sistema, ou entidades estáticas que servem as outras entidades. Exemplos de dinâmicas: peças, clientes, tarefas e produtos. Exemplos de estáticas: máquinas e operadores.

Atributos: são as características próprias das entidades, ou seja, aquelas que as definem totalmente. O uso de atributos permite não apenas caracterizar e individualizar entidades, como também possibilita a obtenção de estatísticas importantes para quem deseja analisar o comportamento dos sistemas sob investigação. Exemplos: idade dos clientes, altura e cor.

Recursos: é considerada uma entidade estática que fornece serviços às entidades dinâmicas. Uma entidade pode demandar vários recursos simultaneamente como, por exemplo, uma pessoa e uma máquina. Exemplos: pessoas, equipamentos ou espaços que são utilizados pelas entidades.

2.2.2.3 Vantagens e desvantagens

A simulação é uma ótima ferramenta para a análise de modelos, porém existem alguns casos onde a dificuldade na construção dos modelos é tamanha, que a facilidade de análise não compense os problemas enfrentados. Desta forma, fica

visível a existência de vantagens e desvantagens na simulação. Segundo Freitas Filho (2008), as principais são:

Vantagens: um modelo de simulação depois de criado pode ser utilizado inúmeras vezes para avaliar projetos e políticas propostas; a simulação é, geralmente, mais fácil de aplicar que métodos analíticos, pois estes exigem muitas restrições que a simulação não necessita; os modelos de simulação podem ser quase tão detalhados quanto os sistemas reais, de modo que eles podem ser avaliados sem que o sistema real seja perturbado, garantindo bons resultados; podem também identificar “gargalos”, que é a preocupação maior no gerenciamento operacional de inúmeros sistemas, tais como fluxo de materiais, de informações e de produtos, pode ser obtida de forma facilitada, principalmente com a ajuda visual; a simulação é uma ferramenta especial para explorar questões do tipo: “O que aconteceria se?”.

Desvantagens: a construção de modelos requer treinamento especial; os resultados da simulação são, muitas vezes, de difícil interpretação, pois os modelos podem capturar a variabilidade do sistema, dificultando a determinação de alguma relação significativa no sistema ou de processos aleatórios construídos e embutidos no modelo; a modelagem e a experimentação consomem muitos recursos, principalmente tempo e a simplificação na modelagem ou nos experimentos objetivando economia de recursos costuma levar a resultados insatisfatórios.

2.2.2.4 Software ARENA®

O *software* ARENA® foi lançado em 1993 pela empresa americana Systems Modeling, sendo o sucessor do SIMAN e CINEMA, produtos da mesma empresa. O SIMAN foi desenvolvido em 1982, sendo o primeiro *software* de simulação para PC, era uma evolução do GPSS que foi lançado pela IBM em 1961 e por muito tempo foi o líder de mercado. Em 1984 o SIMAN ganhou um complemento chamado CINEMA que foi o primeiro *software* de animação para PC. Em 1993, os dois *softwares* se uniram e formaram o ARENA®. Em 1998 a Systems Modeling foi vendida pela Rockwell Software (PRADO, 2010).

O ARENA[®] é um ambiente gráfico integrado de simulação, que contém todos os recursos para modelagem de processos, desenho e animação bidimensional, análise estatística e análise de resultados. O ARENA[®] foi considerado por renomados especialistas em simulação como "O mais inovador software de simulação", por unir os recursos de uma linguagem de simulação à facilidade de uso de um simulador, em um ambiente gráfico integrado. A linguagem incorporada ao ARENA[®] é o SIMAN. Não é necessário escrever nenhuma linha de código no ARENA[®], pois todo o processo de criação do modelo de simulação é gráfico e visual (PARAGON, 2011).

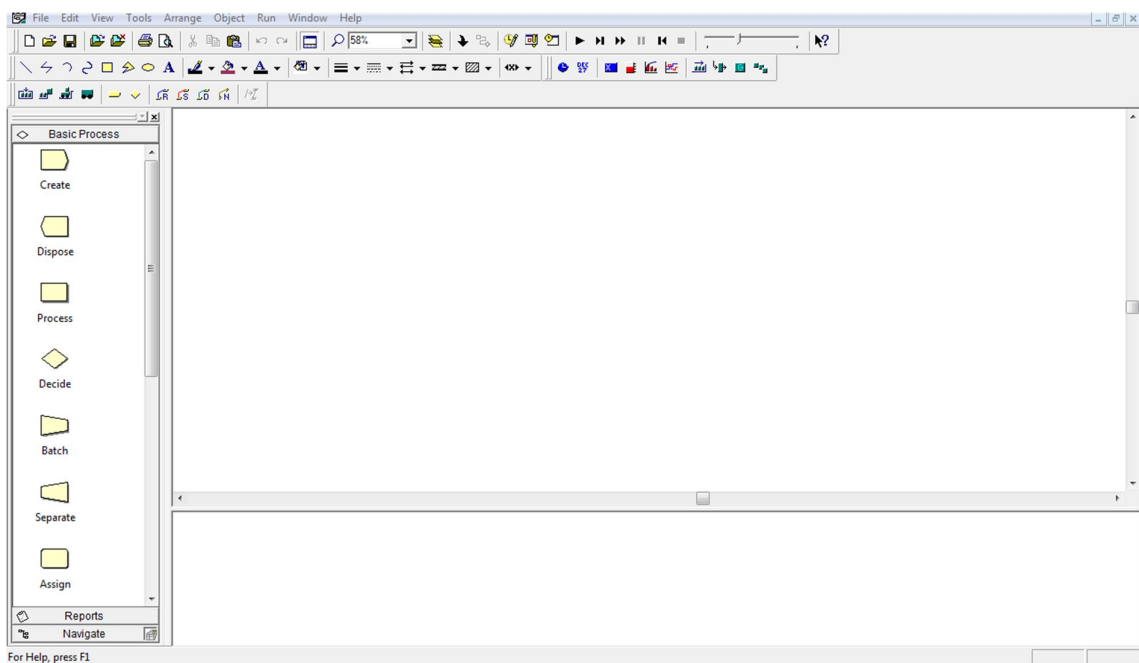


Figura 4 – Software ARENA[®]
Fonte: Software ARENA[®]

Para construção dos modelos que representam os sistemas a serem simulados, existem os módulos que podem representar, por exemplo, a entrada de um produto (*Create*), o seu processamento (*Process*) e a sua saída do processo (*Dispose*).

Além de ter um ambiente para construção dos modelos de simulação, o software tem incorporado duas ferramentas de análise de dados: de entrada (*Input Analyzer*) e de saída (*Output Analyzer*). O *Input Analyzer* permite analisar dados reais do processo e escolhe a melhor distribuição estatística que se aplica a eles,

esta distribuição pode ser incorporada diretamente ao modelo. O *Output Analyzer* analisa os dados fornecidos pela simulação, sendo que esta análise pode ser gráfica, e tem recursos ainda para efetuar importantes comparações estatísticas (PRADO, 2010).

Segundo Penna (2009) várias das grandes empresas existentes no mercado utilizam o *software* ARENA[®] como auxílio para a tomada de decisões, podem ser citadas: Ford, Mercedes Benz, Magneti Marelli, Fiat, Natura, Philips.

2.2.3 Ergonomia

A palavra Ergonomia tem como origem os termos gregos *ergon* que significa trabalho e *nomos* que significa regras, leis naturais. Foi concebida em 16 de fevereiro de 1950 em uma reunião entre cientistas e pesquisadores que discutiam a criação de um novo ramo da ciência. Este termo veio substituir as antigas: fisiologia do trabalho e psicologia do trabalho (IIDA, 2005).

Uma das definições mais antigas é a da *Ergonomics Society*, da Inglaterra que diz que “Ergonomia é o estudo do relacionamento entre o homem e seu trabalho, equipamento, ambiente e particularmente, a aplicação dos conhecimentos de anatomia, fisiologia e psicologia na solução dos problemas que surgem desse relacionamento”.

Segundo ABERGO (Associação Brasileira de Ergonomia) em agosto de 2000, a IEA (Associação Internacional de Ergonomia) adotou a definição oficial “A Ergonomia (ou Fatores Humanos) é uma disciplina científica relacionada ao entendimento das interações entre os seres humanos e outros elementos ou sistemas, e à aplicação de teorias, princípios, dados e métodos a projetos a fim de otimizar o bem estar humano e o desempenho global do sistema”.

Segundo Lida (2005), é importante salientar que a ergonomia tem o papel de adaptar o trabalho ao homem, o oposto não é uma prática aceitável, pois se a eficiência da máquina for o principal objetivo, pode-se colocar o trabalhador em situação arriscada.

A Associação Brasileira de Ergonomia (ABERGO) divide os domínios da ergonomia em Ergonomia física, cognitiva e organizacional. A Ergonomia física: está

relacionada com as características da anatomia humana, antropometria, fisiologia e biomecânica em sua relação com a atividade física. Os tópicos relevantes incluem o estudo da postura no trabalho, manuseio de materiais, movimentos repetitivos, distúrbios musculoesqueléticos relacionados ao trabalho, projeto de posto de trabalho, segurança e saúde. A Ergonomia cognitiva: refere-se a processos mentais, tais como percepção, memória, raciocínio e resposta motora conforme afetam as interações entre seres humanos e outros elementos de um sistema. Os tópicos relevantes incluem o estudo da carga mental de trabalho, tomada de decisão, desempenho especializado, interação homem computador, stress e treinamento conforme esses se relacionem a projetos envolvendo seres humanos e sistemas. A Ergonomia organizacional: concerne a otimização dos sistemas sociotécnicos, incluindo suas estruturas organizacionais, políticas e de processos. Os tópicos relevantes incluem comunicações, gerenciamento de recursos de tripulações (CRM-domínio aeronáutico), projeto de trabalho, organização temporal do trabalho, trabalho em grupo, projeto participativo, novos paradigmas de trabalho, trabalho cooperativo, cultura organizacional, organizações em rede, tele-trabalho e gestão da qualidade (ABERGO, 2008).

Sem desconsiderar os domínios cognitivos e organizacionais, enfatiza-se no presente estudo o físico. Essa preocupação justifica-se pelo fato de que o trabalho, por vezes, exige fisicamente do trabalhador cargas que ultrapassam os limites de suas capacidades e o fazem adoecer. As exigências desse domínio estão relacionadas à repetitividade, postura, pressão mecânica localizada, força e esforços físicos (MATEUS JUNIOR, 2009).

As possíveis consequências negativas da sobrecarga física ao trabalhador são chamadas no Brasil de Lesões por Esforços Repetitivos (LER) e Distúrbios Osteomusculares Relacionados ao Trabalho (DORT). As patologias relacionadas a esses distúrbios envolvem as seguintes regiões corporais: coluna, pescoço, membros superiores e membros inferiores (MINISTÉRIO DA SAÚDE, 2001).

De uma forma geral, a ergonomia conta com diversas ferramentas e modelos para análise de tarefas, projetos de trabalho, predição de desempenho, coleta de dados do desempenho humano na interação com artefatos e nos ambientes nos quais ele se dá. Apesar de abundante, existem desafios a serem enfrentados por aqueles que desenvolvem e aqueles que as usam (MATEUS JUNIOR, 2009).

2.2.3.1 Análise ergonômica dos postos de trabalho

Posto de trabalho corresponde ao local onde o trabalhador realiza sua tarefa ou função, é a configuração física do sistema homem-máquina-ambiente. Um sistema de produção é composto por um conjunto de postos de trabalho (Portal Ergonomia no Trabalho, 2011). Existem duas formas de analisar os postos de trabalho, através da abordagem tradicional (taylorista) ou da abordagem ergonômica:

A *abordagem tradicional* baseia-se no estudo dos movimentos corporais do ser humano, necessários para executar uma tarefa e no tempo gasto em cada um dos movimentos. Tem como princípio a economia de movimentos e o menor tempo gasto para execução da tarefa.

Na *abordagem ergonômica* as máquinas, equipamentos, ferramentas e materiais são adaptados às características do trabalho e capacidades do trabalhador, visando promover o equilíbrio biomecânico, reduzir as contrações estáticas da musculatura e o estresse geral.

A análise ergonômica do trabalho (AET) visa aplicar os conhecimentos da ergonomia para analisar, diagnosticar e corrigir uma situação real de trabalho. O método AET desdobra-se em cinco etapas: análise da demanda, análise da tarefa, análise da atividade, diagnóstico e recomendações (GUÉRIN et al., 2001). A Figura 5 ilustra as etapas da AET.

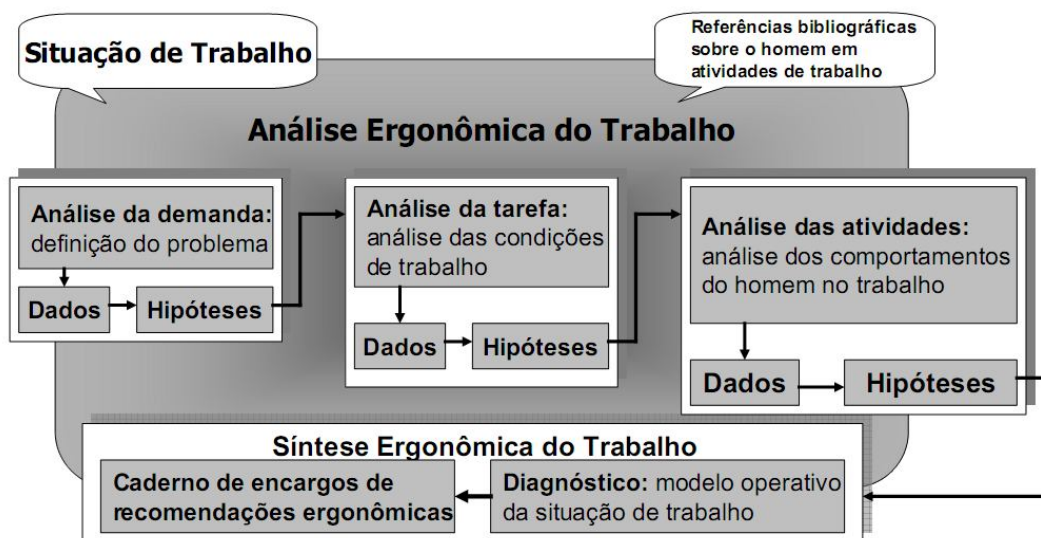


Figura 5 – Análise Ergonômica dos Postos de Trabalho
Fonte: Portal Ergonomia no Trabalho, 2011

As três primeiras constituem a fase de análise e permitem realizar o diagnóstico para formular as recomendações ergonômicas.

2.2.3.2 Levantamento de Cargas

As forças que atuam sobre a coluna incluem peso corporal, tensão nos ligamentos e músculos circundantes, pressão intra-abdominal e quaisquer cargas externas aplicadas. Quando o corpo encontra-se em posição ereta, a principal forma de carga que age sobre a coluna é axial. Uma das atividades que mais causam danos musculares é o levantamento de cargas, sendo responsável por 60% dos problemas relacionados com a musculatura lombar (NIOSH, 1994).

O levantamento de carga pode acontecer como duas situações dentro do ambiente de trabalho, o levantamento esporádico que está relacionado com a capacidade muscular do trabalhador e o levantamento repetitivo que é ligado à duração do trabalho, capacidade energética e fadiga física do trabalhador (IIDA, 2005).

A capacidade de carga máxima varia de uma pessoa para outra, devido às condições físicas de cada indivíduo. É influenciada pela localização da carga em relação ao corpo e outras características como formas, dimensões e facilidade de manuseio. A força máxima para o levantamento de peso é exercida quando a carga encontra-se a 30 cm de distância do corpo e a 30 cm de altura do solo. Essa capacidade diminui à medida que a carga se afasta do corpo. As mulheres possuem capacidade menor de levantamento.

A Tabela 2 apresenta as capacidades máximas de levantamentos repetitivos variando entre homens e mulheres.

O levantamento de cargas, como comentado anteriormente pode causar lesões na coluna, prejudicando a saúde dos indivíduos. Para isso, existem algumas recomendações para executar o levantamento de forma segura. Rash (1991) propõe seis princípios que devem ser observados: os pés devem estar planos no solo; as pernas afastadas numa distância cômoda (aproximadamente 30 cm); o peso

mantido o mais próximo possível do indivíduo; a coluna vertebral, mantida na posição o mais ereta possível; o levantamento, realizado pelos músculos maiores e mais fortes, em geral os músculos extensores da articulação do joelho; com o indivíduo voltado para a direção daquilo que pretende deslocar.

Tabela 2 – Capacidade de levantamento repetitivo de pesos para mulheres e homens para três distâncias em relação ao corpo e três alturas diferentes

Distância a partir do (cm)		Capacidade de levantamento (kg)			
Corpo (horizontal)	Piso (vertical)	Mulheres		Homens	
		50%	95%	50%	95%
30	30	23	11	51	45
	90	19	7	44	39
	150	11	5	47	29
60	30	9	2	24	9
	90	6	1	28	15
	150	5	0	21	11
90	30	0	0	5	0
	90	1	0	10	1
	150	0	0	7	0

Fonte: Martin e Chaffin in Garg, 1980 apud IIDA, 2005.

2.2.3.3 Equação de levantamento de NIOSH

Buscando prevenir ou reduzir a ocorrência de dores e lesões causadas pelo levantamento de cargas, o *National Institute for Occupational Safety and Health* criou uma equação para ser utilizada como ferramenta para calcular o Limite de Peso Recomendado (LPR) e o Índice de Levantamento (IL) das atividades desta natureza. Criada em 1981 e revisada em 1991, a equação e a metodologia de cálculo pode ser encontrada na publicação *Applications manual for the revised NIOSH lifting equation*, realizada em 1994.

A equação é composta por seis variáveis que são obtidas através da observação do posto de trabalho avaliado. Assim o LPR é obtido através da Equação 1 e 2.

$$LPR = Cc \times FH \times FV \times FD \times FA \times FF \times FP \quad \text{Equação 1}$$

Ou

$$LPR = 23 \times \left(\frac{25}{H}\right) \times [1 - (0,003 \times |V - 75|)] \times \left[0,82 + \left(\frac{4,5}{D}\right)\right] \times [1 - (0,0032 \times A)] \times FF \times FP$$

Equação 2

Onde a primeira está em sua forma compacta, apresentando apenas os fatores de cada uma das variáveis e a segunda apresenta os cálculos para obter cada um dos fatores.

Assim,

LPR – Limite de Peso Recomendado;

Cc – Constante de carga = 23 kg;

H – Distância horizontal entre o indivíduo e a carga em cm;

V – Distância vertical na origem da carga em cm;

D – Deslocamento vertical, entre a origem e o destino, em cm;

A – Ângulo de assimetria, em graus;

F – Frequência média de levantamentos em levantamentos/min (fator obtido através da Tabela 5 do NIOSH – conforme Anexo A);

P – Qualidade da pega (fator obtido através da Tabela 7 do NIOSH – conforme Anexo B).

A nova versão da equação permite avaliar tarefas de levantamento assimétrico, objetos com qualidade de pega inferior ao ótimo, e oferece novos procedimentos para avaliar uma faixa mais extensa de duração do trabalho e frequências de levantamento em relação à equação anterior (WATERS, 1993 apud TEIXEIRA, 2004).

Com o LPR definido, calcula-se o IL que apresenta uma estimativa do estresse físico da tarefa avaliada. A equação 3 abaixo representa o cálculo.

$$IL = \frac{PC}{LPR} \quad \text{Equação 3}$$

Onde:

IL – Índice de Levantamento;

PC – Peso real da Carga levantada em kg;

LPR – Limite de Peso Recomendado em kg.

Se o IL for menor que 1, a atividade apresenta baixo risco de causar lombalgia, já se o IL for superior a 3 a atividade apresenta alto risco de causar problemas lombares nos trabalhadores expostos (NIOSH, 1994).

Assim como o IL, pode-se calcular o ILC (Índice de Levantamento Composto) para Tarefa Complexa, quando as medidas variam no decorrer do trabalho. As equações 4 e 5 utilizadas para o cálculo estão apresentadas a seguir.

$$ILC = ILTS_1 + \sum \Delta IL \quad \text{Equação 4}$$

Sendo que,

$$\begin{aligned} \sum \Delta IL = & \left(ILIF_2 \times \left(\frac{1}{FF_{1,2}} - \frac{1}{FF_1} \right) \right) + \left(ILIF_3 \times \left(\frac{1}{FF_{1,2,3}} - \frac{1}{FF_{1,2}} \right) \right) \\ & + \left(ILIF_4 \times \left(\frac{1}{FF_{1,2,3,4}} - \frac{1}{FF_{1,2,3}} \right) \right) + \left(ILIF_n \times \left(\frac{1}{FF_{1,2,3,4,\dots,n}} - \frac{1}{FF_{1,2,3,\dots,(n-1)}} \right) \right) \end{aligned}$$

Equação 5

Onde,

ILTS – Índice de Levantamento para Tarefa Simples;

ILIF – Índice de Levantamento Independente da Frequência;

FF – Fator Frequência.

3 MATERIAIS E MÉTODOS

A metodologia utilizada neste estudo pode ser classificada quanto ao tipo de pesquisa, a população amostra, a coleta e a análise dos dados. Desta forma serão apresentados os passos que foram seguidos para realização do trabalho.

3.1 TIPOS DE PESQUISA

A pesquisa pode ser classificada a partir de vários critérios, podendo ser de acordo com a sua natureza, com os objetivos, com a forma de abordagem do problema e com os procedimentos técnicos que serão adotados. A Figura 6 ilustra todos estes tipos de classificações.

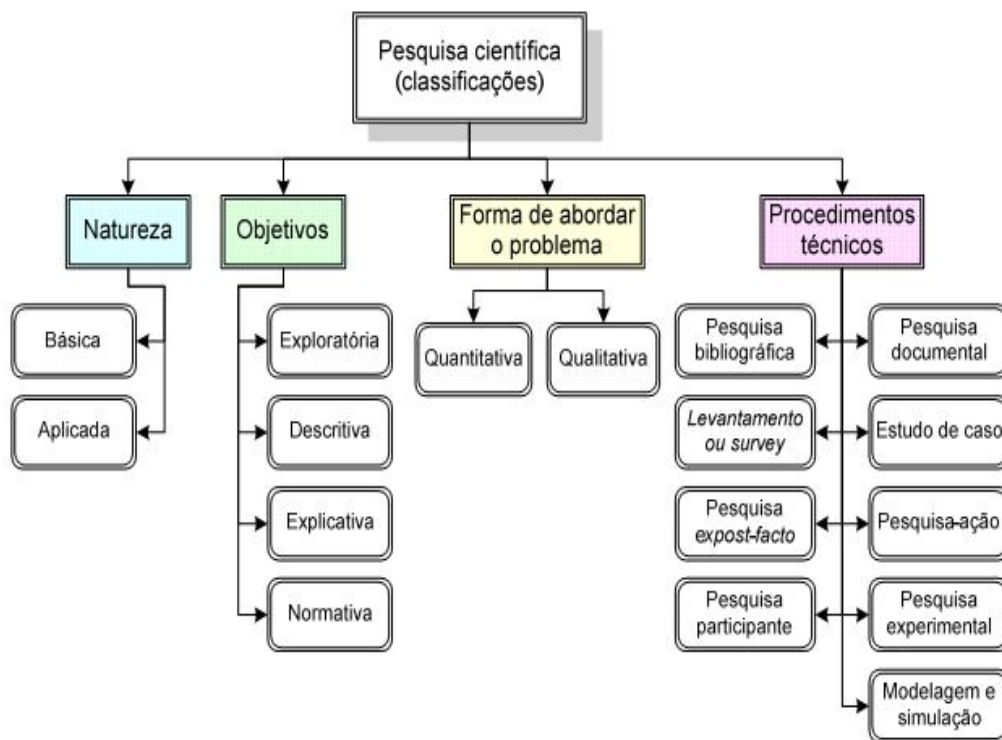


Figura 6 – Formas de classificação da pesquisa científica
 Fonte: SILVA; MENEZES (2005) apud BRIGHENTI (2006)

3.1.1 Natureza da pesquisa

Quanto à natureza da pesquisa Ander-Egg (1978 apud MARCONI; LAKATOS, 2008) apresenta dois tipos: a pesquisa básica pura ou fundamental que tem como meta o conhecimento pelo conhecimento, buscando o progresso da ciência, sem a preocupação de utilizá-los na prática; já a pesquisa aplicada caracteriza-se pelo seu interesse prático, isto é, que os resultados sejam aplicados ou utilizados, imediatamente, na solução de problemas que ocorrem na realidade. Assim este estudo é classificado como uma pesquisa aplicada, pois ele busca uma resposta para um problema real de uma empresa do ramo lácteo.

3.1.2 Objetivos da pesquisa

Segundo Gil (2002) a pesquisa pode ser classificada de acordo com os seus objetivos, podendo ser uma pesquisa exploratória, descritiva ou explicativa. A pesquisa exploratória visa proporcionar maior intimidade com o problema a fim de torná-lo mais explícito ou possibilitar a construção de hipóteses. A pesquisa descritiva, por sua vez, tem como objetivo descrever as características de determinada população ou fenômeno, ou então estabelecer relações entre variáveis, algumas vezes determinando a natureza dessa relação. Já a pesquisa explicativa identifica os fatores que contribuem para que dado fenômeno aconteça, sendo o tipo de pesquisa mais complexo e delicado, pois o risco de cometer erros é elevado.

A pesquisa que mais se enquadrou com o objetivo deste trabalho foi a pesquisa descritiva.

3.1.3 Forma de abordar o problema

A abordagem do problema pode ser feita de forma quantitativa ou qualitativa. A quantitativa baseia-se na quantificação, ou seja, tradução em números de opiniões

e dados que podem ser tratados estatisticamente para posterior tomada de decisões através da análise destes dados. Já a pesquisa qualitativa considera que existe uma ligação dinâmica entre o mundo real e o sujeito, ou seja, uma relação inseparável entre o ambiente objetivo e a subjetividade do sujeito que não tem possibilidade de ser traduzido em números (SILVA; MENEZES, 2001 apud DIAS, 2009).

Este trabalho tem como base a modelagem computacional que utiliza dados numéricos coletados do sistema real. Os dados são avaliados e tratados em softwares adequados, gerando resultados também numéricos. Desta forma, o presente estudo é classificado como pesquisa quantitativa.

3.1.4 Procedimentos metodológicos a serem adotados na pesquisa

São muitas as metodologias que podem ser utilizadas durante uma pesquisa, inclusive algumas vezes mais que um procedimento é empregado em um mesmo estudo. Segundo Silva e Menezes (2005) apud Brighenti (2006) a metodologia pode ser pesquisa bibliográfica, pesquisa documental, levantamento ou survey, estudo de caso, pesquisa ex post-facto, pesquisa-ação, pesquisa participante, pesquisa experimental e modelagem e simulação.

O presente estudo utilizou-se da pesquisa experimental, para realização do estudo ergonômico, bem como da modelagem e simulação, do processo de embalagem e paletização de leite UHT.

A pesquisa experimental caracteriza-se pela determinação de um objeto de estudo, seleção das variáveis que seriam capazes de influenciá-lo e definição das formas de controle e de observação dos efeitos que a variável produz no objeto (GIL, 2002). A modelagem e simulação caracterizam a utilização da pesquisa operacional que trata da modelagem matemática para tomada de decisões (ARENALES et al., 2007).

As etapas para a elaboração do estudo foram ilustradas através da Figura 7.

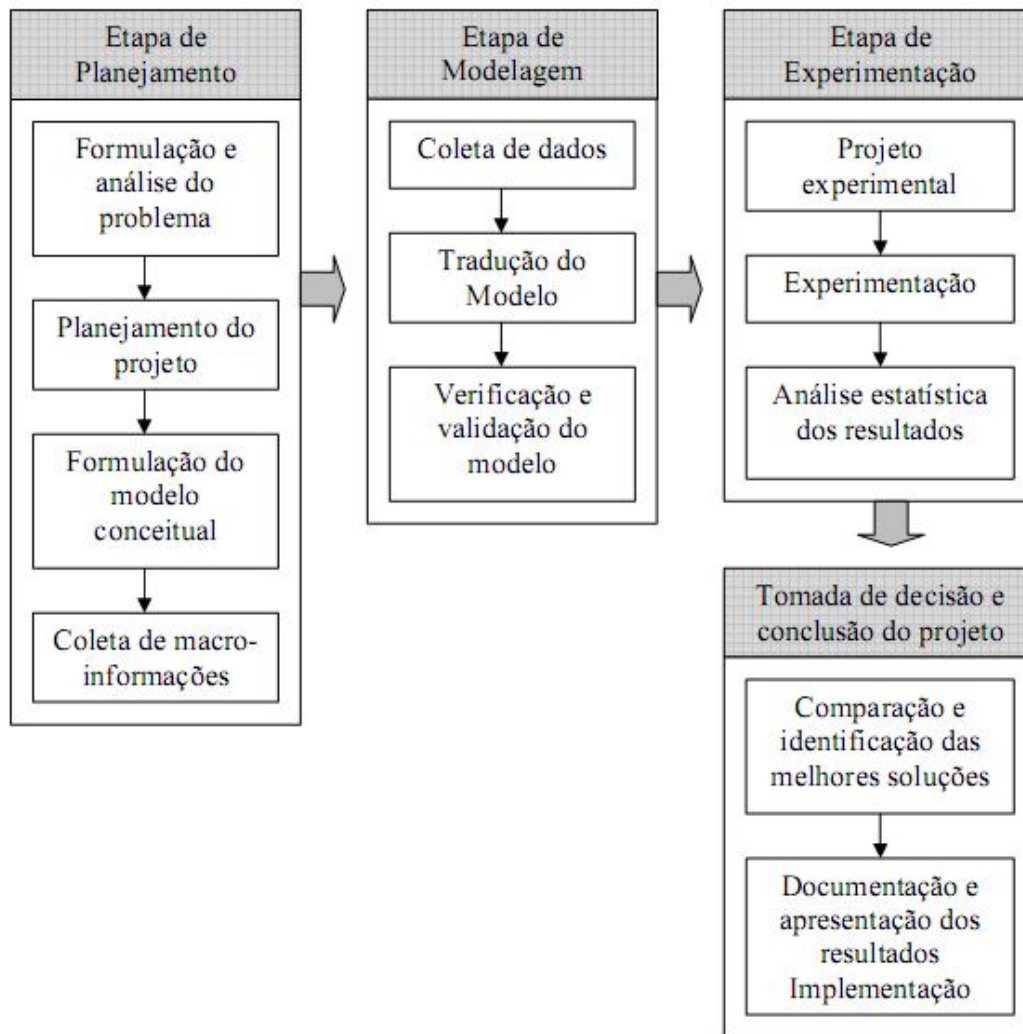


Figura 7 – Passos em um estudo envolvendo modelagem e simulação
 Fonte: Freitas Filho (2008)

3.2 POPULAÇÃO AMOSTRA

Para a simulação do processo de paletização de caixas de leite UHT as variáveis coletadas foram: tempos entre chegadas das caixas de leite; velocidades e comprimentos das esteiras transportadoras; tempos de montagem dos paletes pelos auxiliares de empacotadeira; tempos de trocas dos paletes; velocidade da empilhadeira; distâncias entre as correias transportadoras e as máquinas paletizadoras; tempos de plastificação dos paletes pelas máquinas paletizadoras.

Já para o estudo da ergonomia física do posto de trabalho responsável pela montagem dos paletes foram coletadas as seguintes variáveis: peso das caixas de leite; distância vertical do ponto de origem da caixa até o chão; distância vertical do ponto de destino da caixa até o chão; ângulo de assimetria; período de tempo trabalhado; frequência de levantamento/abaixamento das caixas; tipo de pega das caixas.

3.3 COLETA DOS DADOS

Segundo Freitas Filho (2008) de uma maneira geral, a coleta de dados para a composição de uma amostra a partir da simulação de um modelo pode ser realizada de duas formas:

A primeira é fazer uso das observações individuais dentro de cada replicação. Por exemplo, pode-se simular o sistema de atendimento de um caixa de supermercado e utilizar o tempo que cada cliente esperou na fila do caixa para realizar uma estimativa do tempo médio de espera na fila. Neste caso, o tamanho da amostra será igual à quantidade de clientes que passaram pela fila ao longo do período simulado.

A segunda maneira de gerar a amostra é realizar n simulações (replicações). Assim, cada replicação gera um elemento para a amostra. Uma vez que estamos lidando com um sistema terminal no qual as condições iniciais e o período de simulação são fixos, a melhor maneira de garantir que os valores da amostra sejam estatisticamente independentes é obtê-los a partir de replicações independentes.

Neste trabalho, o número de replicações (n^*) foi obtido através da Equação 6.

$$n^* = \left\lceil n \left(\frac{h}{h^*} \right)^2 \right\rceil \quad \text{Equação 6}$$

Onde:

n = Número de replicações já realizadas;

h = Semi-intervalo de confiança já obtido;

h^* = Semi-intervalo de confiança desejado.

A coleta dos dados foi realizada primeiramente através da observação do processo de paletização das caixas de leite UHT e posterior elaboração do fluxograma do mesmo. Após esta etapa, realizou-se o levantamento de todas as variáveis analisadas através de cronometragem realizada com o software *SnapTimePro* (V2.1.1 © Jim Singh) e medições com trena de aço (Lufkin 5m x 3/4). A coleta de tempos deve ser feita várias vezes para que se obtenha a distribuição probabilística característica de cada etapa, segundo metodologia de Barnes (1977). Para fins de verificação e validação do modelo, fez-se necessária a coleta de dados documentais para comparar os resultados reais com os simulados.

3.4 ANÁLISE DOS DADOS

Os dados coletados para simulação foram tabulados através da ferramenta de análise de dados *Input Analyzer* presente no ambiente de simulação do *software ARENA*[®]. O sistema em estudo foi trabalhado através do *software ARENA*[®]. Analisaram-se os resultados da simulação através de outra ferramenta do próprio *software ARENA*[®], o *Output Analyzer*.

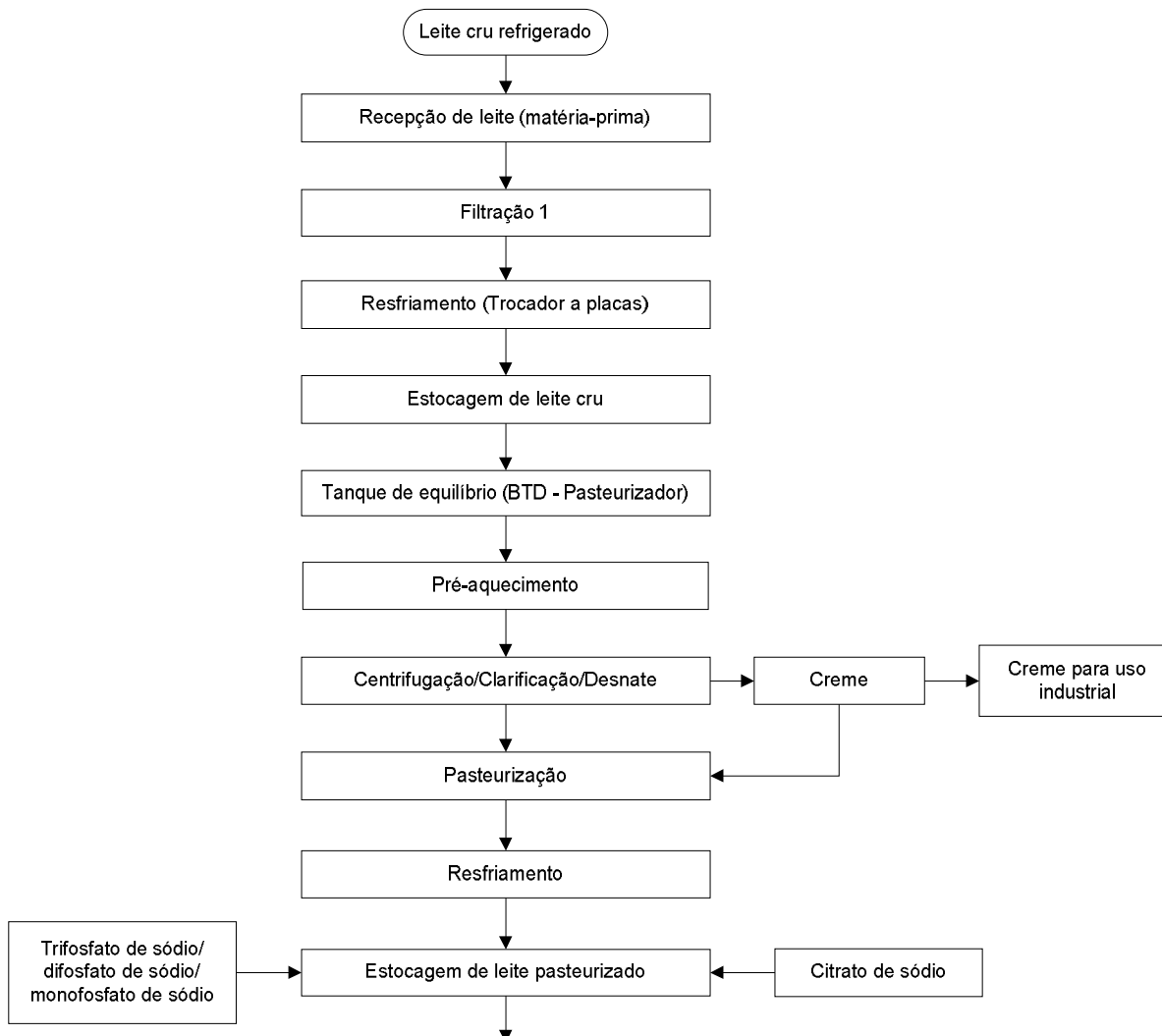
Para o estudo da ergonomia física utilizou-se planilha do *software Excel* programada para análise de levantamento de cargas segundo metodologia de NIOSH (1994).

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

4.1 EMPRESA E PROCESSO PRODUTIVO

O estudo foi realizado em uma unidade do interior do Paraná de uma empresa do setor lácteo de grande porte e com abrangência nacional. A unidade beneficia diariamente em torno de 450 mil litros de leite UHT. Também trabalha com produtos formulados como bebida láctea e creme de leite.

O processo de beneficiamento do leite na unidade pode ser visualizado através do fluxograma do processo na Figura 8.



Continuação

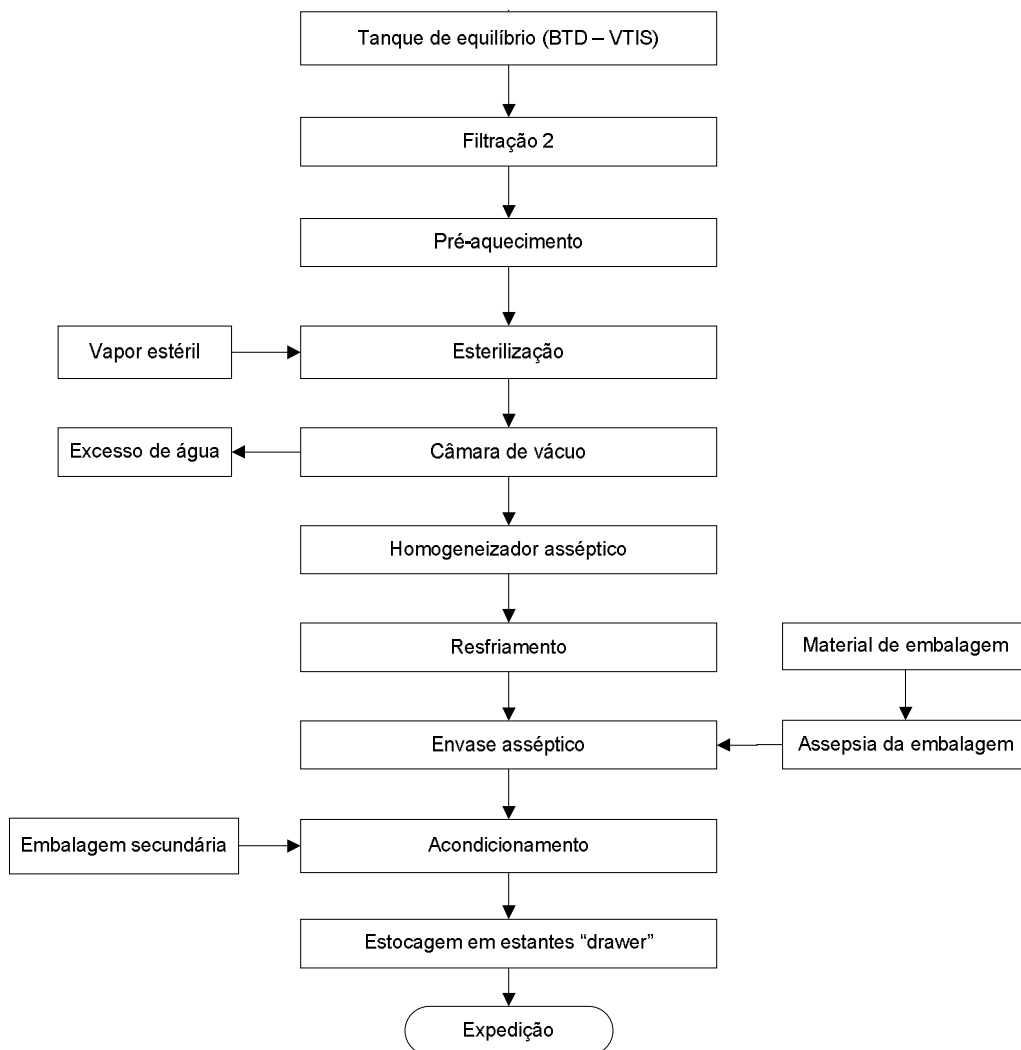


Figura 8 – Fluxograma do processo de beneficiamento de leite UHT

4.2 DESCRIÇÃO DO PROCESSO ANALISADO

Observou-se que após o leite UHT ser envasado em embalagens cartonadas da Tetra Pak® formando caixas contendo um litro, elas são agrupadas em 12 unidades e acondicionadas em embalagem secundária. Estas ainda passam por um revestimento com filme plástico termo encolhível para garantir a integridade do produto. A partir de então, estas caixas com 12 litros foram adotadas, para este trabalho, como uma unidade.

O processo de paletização inicia-se no momento em que o auxiliar de empacotadeira recolhe as caixas de leite da esteira transportadora. Sua função é empilhá-las encima de um estrado de madeira (paleta padrão PBR), formando paletes com 90 caixas cada. Os trabalhadores precisam seguir um desenho pré-definido por padrão operacional da empresa (Anexo C).

Assim que o palete é terminado, ele é retirado com empilhadeira (Toyota – SAS 25) liberando o local para reiniciar a atividade. A empilhadeira coloca o palete pronto sob um equipamento chamado de paletizadora (Gimak – GK 2100). Este tem a função de envolver o palete com um filme plástico *Stretch* para deixá-lo mais firme. A utilização de cantoneiras não é obrigatória, porém auxilia no melhor acondicionamento das embalagens, causando menor perda por devoluções de produtos amassados.

Após paletizado, o produto está pronto para ser levado para o estoque.

As Figuras 9 e 10 apresentam o layout e o fluxograma do processo de paletização.

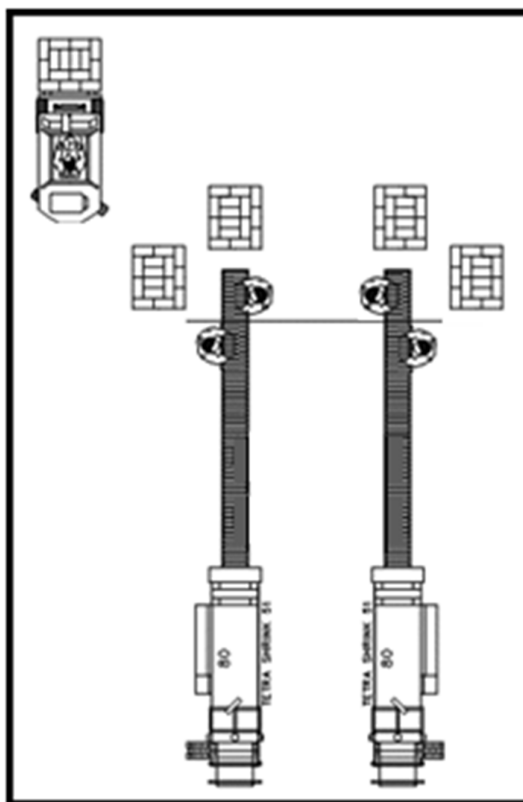


Figura 9 – Layout do processo de paletização
Fonte: Adaptação da Planta Industrial da Empresa

Processo de Paletização de caixas de leite UHT

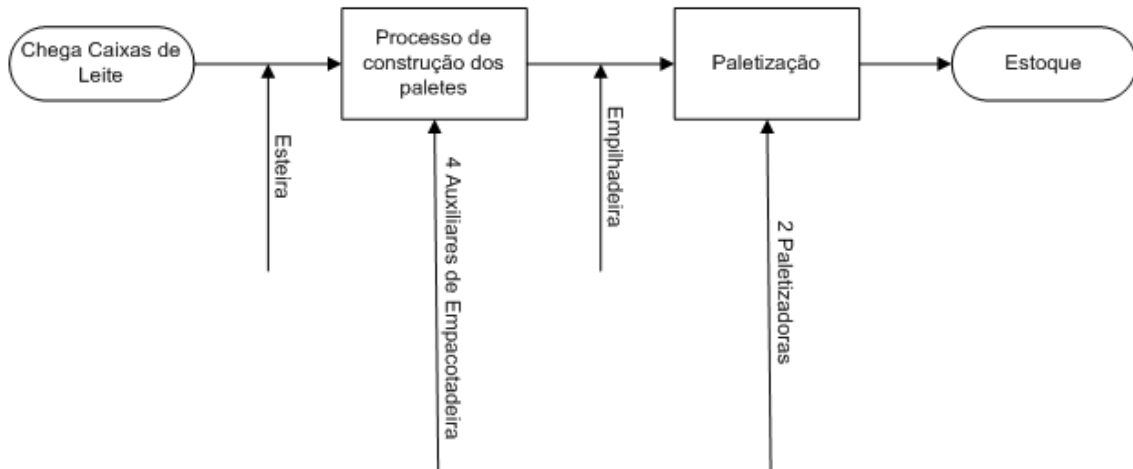


Figura 10 – Fluxograma do Processo de Paletização

4.3 SIMULAÇÃO

A coleta de dados é uma parte fundamental do processo de simulação, pois o insucesso nesta etapa compromete todo o trabalho. A coleta foi realizada de forma direta por observação e medição dos tempos das atividades que compõem o processo de paletização e por acesso a dados históricos do sistema de gestão do laticínio.

Os arquivos com os tempos obtidos, na coleta de dados, foram submetidos a ferramenta *Input Analyser* do ARENA[®]. Esta ferramenta proporciona a visualização dos dados de forma gráfica (histogramas – Figura 11) e fornece uma expressão que representa a distribuição de probabilidades destes dados.

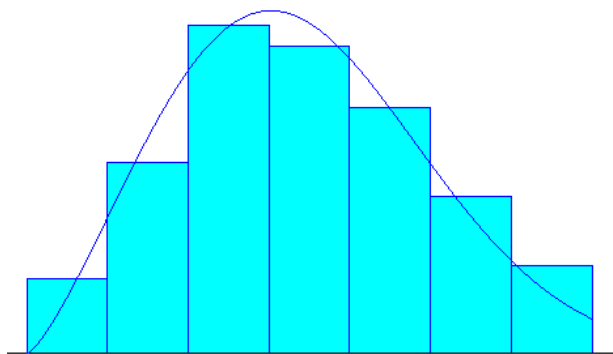


Figura 11 – Histograma dos tempos de construção dos paletes

Através dos testes *Chi Square* e *Kolmogorov-Smirnov* concluiu-se que as distribuições, apresentadas na Tabela 3, são as expressões que melhor se adaptaram aos dados coletados no laticínio.

Tabela 3 – Distribuições Estatísticas obtidas dos dados de tempo coletados durante o processo de paletização das caixas de leite UHT

Tempos Coletados	Distribuições estatísticas
Entre chegada das caixas	UNIF (2, 4.7) (seg)
De construção dos paletes	2.5 + WEIB (3.86, 2.31) (seg)
De troca dos paletes	8 + 16 * BETA (1.07, 1.31) (seg)
De plastificação dos paletes	1.4 + 0.51 * BETA (0.571, 0.617) (min)

O modelo de simulação implementado no *software* ARENA® encontra-se apresentado na Figura 12.

Para facilitar o entendimento dividiu-se o modelo em etapas:

Na primeira etapa dois módulos *Create* são usados para representar a chegada das caixas de leite para as correias transportadoras, representadas no modelo pelos módulos *Convey 1* e *Convey 2*.

Na segunda etapa os módulos Auxiliar de Empacotadeira 1 e Auxiliar de Empacotadeira 2 representam os processos de retirada das caixas das esteiras e construção dos paletes. Os módulos *Batch* são utilizados para juntar as 90 caixas de leite em uma única entidade, formando um palete.

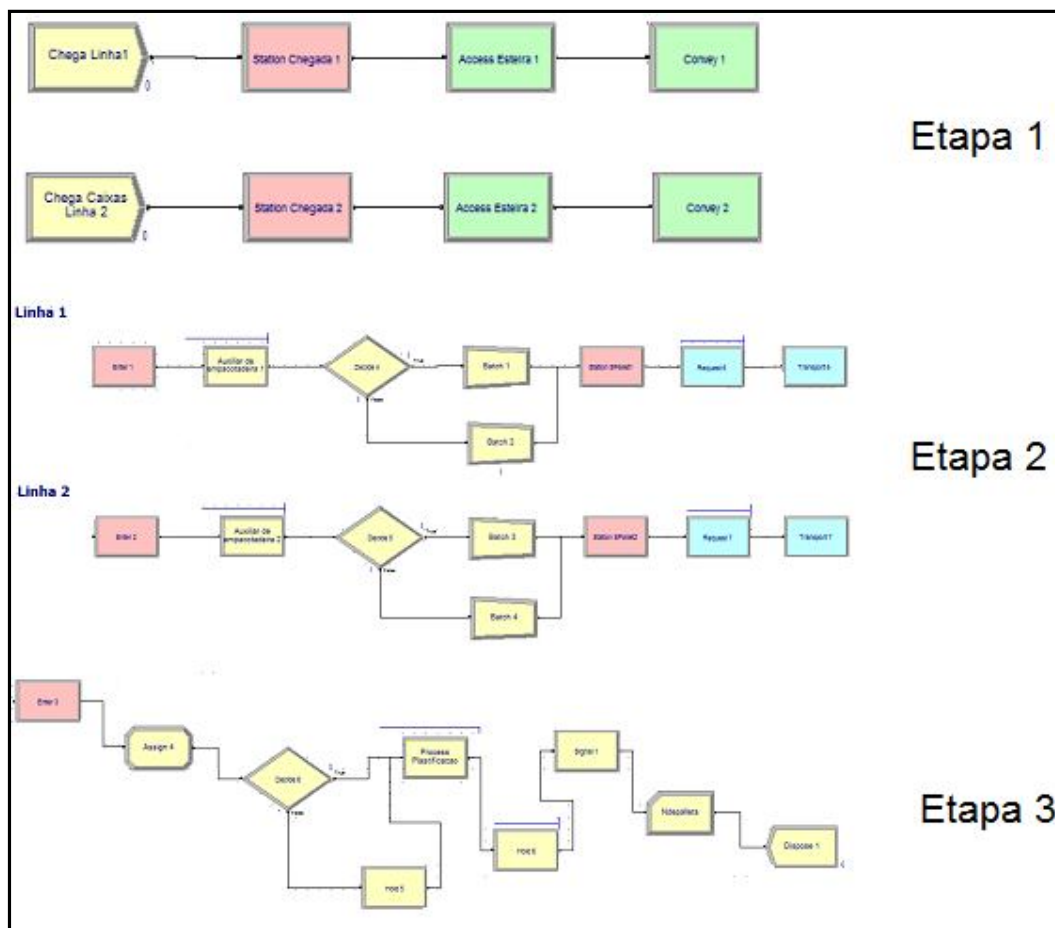


Figura 12 – Modelo de Simulação

Na terceira e última etapa do modelo, os módulos *Hold* são utilizados para repartir as entidades entre as duas máquinas paletizadoras.

A verificação e a validação do modelo consiste na análise do modelo de simulação, com o objetivo de verificar se o mesmo está funcionando sem erros de programação e se está consistente com o funcionamento do sistema real, de forma lógica e semântica (PRADO, 2010).

Para garantir que o modelo implementado não contivesse *bugs* (erros de programação) realizou-se uma verificação completa do modelo de simulação. Verificou-se, também, se todas as atividades do processo de paletização estavam presentes no modelo de simulação.

Para promover a validação, do modelo de simulação, comparou-se o número de paletes obtidos de arquivos históricos do laticínio com o número de paletes obtidos do modelo de simulação. Estes números são apresentados na Tabela 4.

Tabela 4 – Comparação entre números de paletes pelo sistema real e simulado

Validação	Sistema Real	Modelo	Erro Relativo
Número de paletes	192	187 ± 1	2,60%

Através da análise dos resultados da Tabela 4 pode-se concluir que o modelo computacional apresenta uma boa aproximação, em relação ao número de paletes produzidos em 1 turno de trabalho (8 horas), com o sistema real.

Depois do sistema validado, simularam-se três cenários para o sistema de paletização:

Cenário 1 – 8 horas de trabalho;

Cenário 2 – 16 horas de trabalho;

Cenário 3 – 24 horas de trabalho.

Os resultados da simulação dos três cenários encontram-se apresentados na Tabela 5 e na Figura 13.

Tabela 5 – Número de paletes produzidos em cada um dos três cenários simulados

Cenário – Turno (horas)	Número de Paletes Produzidos
Cenário 1 – 8h	187 ± 1
Cenário 2 – 16h	379 ± 1
Cenário 3 – 24h	570 ± 1

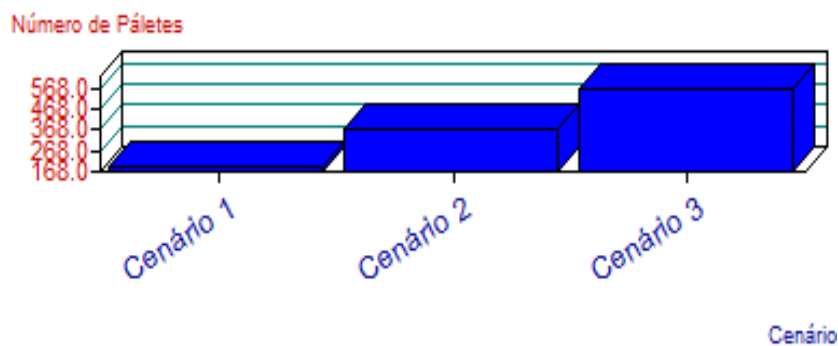


Figura 13 – Número de paletes por cenário

O gargalo do sistema em estudo está na alta porcentagem de utilização dos quatro auxiliares de empacotadeira que trabalham na construção dos paletes. Para encontrar uma solução para esta questão, projetou-se um cenário alternativo:

Cenário 1 – Tempo entre Chegadas – UNIF(2,4.7) seg. – (Cenário atual);

Cenário 2 – Tempo entre Chegadas – UNIF(3.5,6.5) seg.

Simulou-se 15 replicações durante um período de 8 horas. Na Tabela 6 apresentam-se as porcentagens de utilização dos quatro auxiliares de empacotadeira e o número de paletes produzidos por cenário.

Tabela 6 – Porcentagem de utilização dos auxiliares de empacotadeira nos dois cenários simulados

Velocidade (s)	Auxiliar 1	Auxiliar 2	Auxiliar 3	Auxiliar 4	Número de Paletes
Cenário 1	88.4%	88.5%	88.3%	88.3%	187 ± 1
Cenário 2	59.1%	59%	59.2%	59.2%	124 ± 1

Observa-se através dos dados obtidos da Tabela 6 que com o aumento dos tempos entre chegadas das caixas obteve-se uma queda de aproximadamente 29% na porcentagem de utilização dos auxiliares, embora com uma perda aproximada de 63 paletes por turno de 8 horas.

Outra estratégia que poderia vir a ser adotada seria o revezamento dos trabalhadores. Por exemplo, fazendo a troca de funções de hora em hora. Isto faria com que o percentual de ocupação caísse para a metade para esta atividade do que mostra o Cenário 1 (atual), apresentando uma taxa de ocupação favorável aos trabalhadores (44%).

4.4 ESTUDO DA ERGONOMIA FÍSICA

A empresa possui laudo de Análise Ergonômica no Trabalho realizada por agência terceirizada no qual foram verificadas todas as atividades do setor de embalagem. A metodologia utilizada para a análise é a NTFP – Nexo Técnico Fator Epidemiológico. Apenas o posto de trabalho auxiliar de empacotadeira apresentou Alto Risco por se tratar de uma atividade que exige de constante movimentação,

levantamento de peso e má postura. Observando a forma de trabalho, percebe-se que eles exercem grande esforço durante sua atividade devido o peso das caixas de leite transportadas e o tempo de execução da tarefa.

O Quadro 2 apresenta o resumo do laudo de análise ergonômica.

Atividade	Gravidade Ergonômica
1. Auxilia no empacotamento, retirando as caixas das esteiras e colocando-as no palete, para que possa ser disponibilizada para o estoque.	Alto Risco
2. Faz a plastificação dos paletes, acionando os comandos da paletizadora	Ausência de risco
3. Auxilia no abastecimento da máquina com bandejas de papelão	Ausência de risco
4. Auxilia na limpeza e organização do setor	Ausência de risco

Quadro 2 – Resumo da gravidade ergonômica por atividade

Fonte: Documento da Empresa (2011)

Dados da empresa apresentam ainda que dos funcionários do setor, cerca de 30% apresentaram atestado médico de janeiro a julho de 2011, além de dois funcionários afastados mais que 15 dias por apresentarem patologia osteomuscular.

Desta forma, utilizando-se a metodologia de NIOSH (1994), realizou-se nova análise para confirmação do laudo ergonômico.

A coleta foi realizada de forma direta por observação e medição das distâncias das atividades que compõem o processo de paletização. Como esta atividade possui distâncias diferentes entre os lastros (fileiras empilhadas), a tarefa foi classificada como complexa, avaliando assim cada um dos níveis. Os dados coletados estão apresentados na Tabela 7.

Tabela 7 – Dados coletados através de medições e observações no posto de trabalho

Níveis	Peso (kg)	H _O (cm)	H _D (cm)	V _O (cm)	V _D (cm)	D (cm)	A (graus)	F (levs/min)	P
1	12,2	35	35	76	14	62	0	1,5	Ruim
2	12,2	30	30	76	31	45	0	1,5	Ruim
3	12,2	30	30	76	48	28	0	1,5	Ruim
4	12,2	30	30	76	65	11	0	1,5	Ruim
5	12,2	30	30	76	82	6	0	1,5	Ruim
6	12,2	30	30	76	99	23	0	1,5	Ruim

Devido a variação da distância horizontal durante as movimentações ser muito grande, utilizou-se as equações que determinam a distância H de acordo com a distância V.

$$H = 20 + L/2, \text{ para } V \geq 25 \text{ cm}$$

$$H = 25 + L/2, \text{ para } V < 25 \text{ cm}$$

Onde,

L - largura (cm)



O ângulo de assimetria é zero, pois o trabalhador pega as caixas e precisa dar alguns passos para chegar até o destino, não caracterizando torção do corpo para o transporte da carga.

Quanto a frequência de levantamentos, é de 9 levs/min, porém a altura vertical varia no decorrer da montagem, demonstrado no Anexo C. De acordo com NIOSH (1994), a frequência pode ser determinada com a observação dos levantamentos em 15 minutos. A Tabela 8 apresenta a frequência de levantamentos para cada nível.

Tabela 8 – Cálculo da frequência de levantamento por minuto e por níveis do palete

CÁLCULO DA FREQUÊNCIA DE LEVANTAMENTO POR MINUTO																
Níveis	Minutos															Média
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	
1	9	6	0	0	0	0	0	0	0	0	9	6	0	0	0	2
2	0	3	9	3	0	0	0	0	0	0	0	3	9	3	0	2
3	0	0	0	6	9	0	0	0	0	0	0	0	0	6	9	2
4	0	0	0	0	0	9	6	0	0	0	0	0	0	0	0	1
5	0	0	0	0	0	0	3	9	3	0	0	0	0	0	0	1
6	0	0	0	0	0	0	0	0	6	9	0	0	0	0	0	1
MÉDIA																1,5

Todos estes dados foram utilizados para calcular o LPR (Limite de Peso Recomendado) e o IL (Índice de Levantamento) da atividade realizada pelos auxiliares de empacotadeira. Posteriormente também foi calculado o ILC (Índice de Levantamento Composto) juntando os esforços realizados em todos os níveis avaliados.

Os cálculos foram realizados através das equações apresentadas no item (2.2.3.3) e com auxílio de planilha do Excel[®]. A metodologia do NIOSH (1994) inclui também dois formulários, tarefa simples e tarefa complexa, onde os dados podem ser organizados e visualizados. Eles podem ser visualizados através dos Quadros 3 e 4.

FORMULÁRIO PARA ANÁLISE DA TAREFA DE LEVANTAMENTO - TAREFA SIMPLES											
EMPRESA		Alimentícia				DESCRIÇÃO DA TAREFA					
SETOR		Embalagem				O trabalhador pega, com as duas mãos, caixas contendo 12 litros de leite UHT, no final de uma linha de produção e as coloca em paletes. Cada unidade pesa 12,2 kg. A paletização é realizada com 6 fileiras (níveis de altura) contendo 15 caixas cada.					
TAREFA		Paletização									
ANALISTA		Camila									
DATA		01/08/2011									
ETAPA 1 - Medidas e registros das variáveis da tarefa											
Peso da carga (PC) – kg		Localização das mãos (cm)				Distância vertical (cm) $V_D - V_O$	Ângulo de assimetria (graus)		Frequência de levantamentos	Duração	Qualidade da pega
		Origem		Destino			Origem	Destino			
Peso médio (kg)	Peso máx (kg)	H	V	H	V	D	A	A	F		P
12,2	12,2	35	76	35	14	62	0	0	1,5	8	Ruim
ETAPA 2 - Determinar os fatores e calcular os LPR											
	LPR =	Cc x FH x FV x FD x FA x FF x FP						LPR			
ORIGEM	LPR =	23	0,71	0,99	0,89	1	0,65	0,9	8,55	kg	
DESTINO	LPR =	23	0,71	0,81	0,89	1	0,65	0,9	7,00	kg	
ETAPA 3 - Calcular o Índice de Levantamento (IL)											
ORIGEM	IL = Peso da carga (PC)/LPR = 12,2/8,55 = 1,43										
DESTINO	IL = Peso da carga (PC)/LPR = 12,2/7,00 = 1,74										

Quadro 3 – Formulário para Análise da Tarefa de Levantamento (Tarefa Simples)
Fonte: NIOSH (1994)

FORMULÁRIO PARA ANÁLISE DA TAREFA DE LEVANTAMENTO - TAREFA COMPLEXA														
EMPRESA	Alimentícia		DESCRIÇÃO DA TAREFA											
SETOR	Embalagem		O trabalhador pega, com as duas mãos, caixas contendo 12 litros de leite UHT, no final de uma linha de produção e as coloca em paletes. Cada unidade pesa 12,2 kg. A paletização é realizada com 6 fileiras (níveis de altura) contendo 15 caixas cada.											
TAREFA	Paletização													
ANALISTA	Camila													
DATA	01/08/2011													
ETAPA 1 - Medidas e registros das variáveis da tarefa														
Tarefa nº	Peso da carga (PC) – kg		Localização das mãos (cm)				Distância vertical (cm) $V_D - V_O$	Ângulo de assimetria (graus)		Frequência de levantamentos	Duração	Qualidade da pega		
			Origem		Destino			Origem	Destino				Levs/min	Horas
	Peso médio (kg)	Peso máx (kg)	H	V	H	V	D	A	A	F	Horas		P	
1	12,2	12,2	35	76	35	14	62	0	0	1,5	8	Ruim		
2	12,2	12,2	30	76	30	31	45	0	0	1,5	8	Ruim		
3	12,2	12,2	30	76	30	48	28	0	0	1,5	8	Ruim		
4	12,2	12,2	30	76	30	65	11	0	0	1,5	8	Ruim		
5	12,2	12,2	30	76	30	82	6	0	0	1,5	8	Ruim		
6	12,2	12,2	30	76	30	99	23	0	0	1,5	8	Ruim		
ETAPA 2 - Calcular os fatores e LPRIF, LPRTS, ILIF, ILTS para cada Tarefa														
Tarefa nº	Cc x FH x FV x FD x FA x FP						LPRIF x FF		LPRTS	ILIF PC/LPRIF	=	ILTS PC/LPRTS	=	Classificação tarefas nº
1	23	0,71	0,8	0,89	1	0,9	10,78	0,65	7,00	1,13	=	1,74	=	1
2	23	0,83	0,9	0,92	1	0,9	13,77	0,65	8,95	0,89	=	1,36	=	2
3	23	0,83	0,9	0,9	1	0,9	15,54	0,65	10,1	0,79	=	1,21	=	3
4	23	0,83	0,9	1,2	1	0,9	20,56	0,65	13,36	0,59	=	0,91	=	5
5	23	0,83	0,9	1,57	1	0,9	26,51	0,65	17,23	0,46	=	0,71	=	6
6	23	0,83	0,9	1	1	0,9	16,25	0,65	10,56	0,75	=	1,16	=	4
ETAPA 3 - Calcular o Índice de Levantamento Composto para o trabalho														
ILC =	$ILTS_1 + \Delta ILIF_2 + \Delta ILIF_3 + \Delta ILIF_4 + \Delta ILIF_5 + \Delta ILIF_6$													
ILC =	ILTS ₁	$ILIF_2 \times (1/FF_{1,2} - 1/FF_1)$		$ILIF_3 \times (1/FF_{1,2,3} - 1/FF_{1,2})$		$ILIF_4 \times (1/FF_{1,2,3,4} - 1/FF_{1,2,3})$		$ILIF_5 \times (1/FF_{1,2,3,4,5} - 1/FF_{1,2,3,4})$		$ILIF_6 \times (1/FF_{1,2,3,4,5,6} - 1/FF_{1,2,3,4,5})$				
		0,89(1/0,55-1/0,65)		0,79(1/0,45-1/0,55)		0,75(1/0,27-1/0,45)		0,59(1/0,22-1/0,27)		0,46(1/0,15-1/0,22)				
ILC =	1,74	0,25		0,32		1,11		0,50		0,98				
ILC =	4,89													

Quadro 4 – Formulário para Análise da Tarefa de Levantamento (Tarefa Complexa)
 Fonte: NIOSH (1994)

O formulário de tarefa simples apresenta o LPR e o IL da origem e do primeiro nível de montagem, demonstrando que o destino apresenta maior probabilidade de causar riscos a saúde, uma vez que possui o LPR menor (7 kg) e o IL (1,74) maior.

O formulário de tarefa complexa contém os dados de todos os níveis de destino, calculando para cada um deles o LPRIF (Limite de Peso Recomendado Independente da Frequência), o LPRTS (Limite de Peso Recomendado para Tarefa Simples), o ILIF (Índice de Levantamento Independente da Frequência), o ILTS (Índice de Levantamento para Tarefa Simples) e calculando o ILC para o conjunto de tarefas.

O ILC das tarefas ficou 4,89 apresentando-se muito acima do índice indicado como fora de risco. Assim, a tarefa de montagem de palete realizada pelos auxiliares de empacotadeira é realmente de alto risco, confirmando a análise realizada pela empresa.

Na busca por minimizar os efeitos que podem causar aos trabalhadores por trabalharem nestas condições, simulou-se o Cenário 2 (utilizado na simulação no *software* ARENA[®]), com diminuição da velocidade de chegada de caixas, na aplicação da equação de NIOSH.

Com menor velocidade os auxiliares de empacotadeira deixam de levantar 9 caixas por minuto e passam a levantar 6 caixas. Aplicando o cálculo médio de frequência de levantamento por minuto e por níveis, tem-se como resultado a frequência de 1 levs/min. A Tabela 9 apresenta a frequência de levantamentos para cada nível neste novo cenário.

Tabela 9 – Cálculo da frequência de levantamento por minuto e por níveis do palete (Cenário 2)

CÁLCULO DA FREQUÊNCIA DE LEVANTAMENTO POR MINUTO																
Níveis	Minutos															Média
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	
1	6	6	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
2	0	0	3	6	6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
3	0	0	0	0	0	6	6	3	0	0	0	0	0	0	0	1
4	0	0	0	0	0	0	0	3	6	6	0	0	0	0	0	1
5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	6	6	3	0	0	1
6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	6	6	1
MÉDIA																1

Os demais fatores mantiveram-se, pois apenas a velocidade de chegada e consequentemente a frequência de levantamentos foram alteradas.

FORMULÁRIO PARA ANÁLISE DA TAREFA DE LEVANTAMENTO - TAREFA SIMPLES											
EMPRESA		Alimentícia		DESCRIÇÃO DA TAREFA							
SETOR		Embalagem		O trabalhador pega, com as duas mãos, caixas contendo 12 litros de leite UHT, no final de uma linha de produção e as coloca em paletes. Cada unidade pesa 12,2 kg. A paletização é realizada com 6 fileiras (níveis de altura) contendo 15 caixas cada.							
TAREFA		Paletização									
ANALISTA		Camila									
DATA		01/08/2011									
ETAPA 1 - Medidas e registros das variáveis da tarefa											
Peso da carga (PC) – kg		Localização das mãos (cm)				Distância vertical (cm) $V_D - V_O$	Ângulo de assimetria (graus)		Frequência de levantamentos	Duração	Qualidade da pega
		Origem		Destino			Origem	Destino			
Peso médio (kg)	Peso máx (kg)	H	V	H	V	D	A	A	F		P
12,2	12,2	35	76	35	14	62	0	0	1,0	8	Ruim
ETAPA 2 - Determinar os fatores e calcular os LPR											
	LPR =	$C_c \times F_H \times F_V \times F_D \times F_A \times F_F \times F_P$							LPR		
ORIGEM	LPR =	23	0,71	0,99	0,89	1	0,75	0,9	9,87	kg	
DESTINO	LPR =	23	0,71	0,81	0,89	1	0,75	0,9	8,09	kg	
ETAPA 3 - Calcular o Índice de Levantamento (IL)											
ORIGEM	IL = Peso da carga (PC)/LPR = 12,2/9,87 = 1,24										
DESTINO	IL = Peso da carga (PC)/LPR = 12,2/8,09 = 1,51										

Quadro 5 – Formulário para Análise da Tarefa de Levantamento (Tarefa Simples) – (Cenário 2)
Fonte: NIOSH (1994)

Tanto no formulário de tarefa simples quanto o de tarefa complexa foram destacados os campos que sofreram alterações da primeira análise para a segunda com uma simulação de frequência.

O formulário de tarefa simples apresenta o LPR e o IL da origem e do primeiro nível de montagem, demonstrando que o destino apresenta maior probabilidade de causar riscos a saúde, uma vez que possui o LPR menor (8,09 kg) e o IL (1,51) maior.

FORMULÁRIO PARA ANÁLISE DA TAREFA DE LEVANTAMENTO - TAREFA COMPLEXA														
EMPRESA	Alimentícia		DESCRIÇÃO DA TAREFA											
SETOR	Embalagem		O trabalhador pega, com as duas mãos, caixas contendo 12 litros de leite UHT, no final de uma linha de produção e as coloca em paletes. Cada unidade pesa 12,2 kg. A paletização é realizada com 6 fileiras (níveis de altura) contendo 15 caixas cada.											
TAREFA	Paletização													
ANALISTA	Camila													
DATA	01/08/2011													
ETAPA 1 - Medidas e registros das variáveis da tarefa														
Tarefa nº	Peso da carga (PC) - kg		Localização das mãos (cm)				Distância vertical (cm) V _D -V _O	Ângulo de assimetria (graus)		Frequência de levantamentos	Duração	Qualidade da pega		
			Origem		Destino			Origem	Destino				Levs/min	Horas
	Peso médio (kg)	Peso máximo (kg)	H	V	H	V	D	A	A	F	P			
1	12,2	12,2	35	76	35	14	62	0	0	1,0	8	Ruim		
2	12,2	12,2	30	76	30	31	45	0	0	1,0	8	Ruim		
3	12,2	12,2	30	76	30	48	28	0	0	1,0	8	Ruim		
4	12,2	12,2	30	76	30	65	11	0	0	1,0	8	Ruim		
5	12,2	12,2	30	76	30	82	6	0	0	1,0	8	Ruim		
6	12,2	12,2	30	76	30	99	23	0	0	1,0	8	Ruim		
ETAPA 2 - Calcular os fatores e LPRIF, LPRTS, ILIF, ILTS para cada Tarefa														
Tarefa nº	Cc x FH x FV x FD x FA x FP						LPRIF x FF		LPRTS	ILIF PC/LPRIF	=	ILTS PC/LPRTS	=	Classificação das tarefas nº
1	23	0,71	0,8	0,8	0,9	1	0,9	10,78	0,75	8,09	1,13	1,51	1	
2	23	0,83	0,9	0,9	2	1	0,9	13,77	0,75	10,33	0,89	1,18	2	
3	23	0,83	0,9	0,9	1	0,9	15,54	0,75	11,66	0,79	1,05	3		
4	23	0,83	0,9	1,2	1	0,9	20,56	0,75	15,42	0,59	0,79	5		
5	23	0,83	0,9	1,5	7	1	0,9	26,51	0,75	19,88	0,46	0,61	6	
6	23	0,83	0,9	1	1	0,9	16,25	0,75	12,19	0,75	1,00	4		
ETAPA 3 - Calcular o Índice de Levantamento Composto para o trabalho														
ILC =	$ILTS_1 + \Delta ILIF_2 + \Delta ILIF_3 + \Delta ILIF_4 + \Delta ILIF_5 + \Delta ILIF_6$													
ILC =	ILTS ₁	$ILIF_2 \times (1/FF_{1,2} - 1/FF_1)$	$ILIF_3 \times (1/FF_{1,2,3} - 1/FF_{1,2})$	$ILIF_4 \times (1/FF_{1,2,3,4} - 1/FF_{1,2,3})$	$ILIF_5 \times (1/FF_{1,2,3,4,5} - 1/FF_{1,2,3,4})$	$ILIF_6 \times (1/FF_{1,2,3,4,5,6} - 1/FF_{1,2,3,4,5})$								
		0,89(1/0,65-1/0,75)	0,79(1/0,55-1/0,65)	0,75(1/0,45-1/0,55)	0,59(1/0,35-1/0,45)	0,46(1/0,27-1/0,35)								
ILC =	1,51	0,18	0,22	0,30	0,37	0,39								
ILC =	2,98													

Quadro 6 – Formulário para Análise da Tarefa de Levantamento (Tarefa Complexa) – (Cenário 2)

Fonte: NIOSH (1994)

O formulário de tarefa complexa contém os dados de todos os níveis de destino, calculando para cada um deles o LPRIF (Limite de Peso Recomendado Independente da Frequência), o LPRTS (Limite de Peso Recomendado para Tarefa Simples), o ILIF (Índice de Levantamento Independente da Frequência), o ILTS (Índice de Levantamento para Tarefa Simples) e calculando o ILC para o conjunto de tarefas.

O ILC das tarefas ficou 2,98, apresentando índice acima do ideal ($ILC < 1$) de forma que a atividade não pode ser considerada sem risco para a saúde lombar dos auxiliares de empacotadeira.

Na Tabela 10 pode-se comparar os valores obtidos na análise do Cenário 1 (atual) e o Cenário 2 (frequência reduzida).

Tabela 10 – Resultados da aplicação da equação de NIOSH para os cenários analisados

Cenário	LPR (Limite de peso recomendado - kg)	ILC (Índice de levantamento composto)
Cenário 1	7,00	4,89
Cenário 2	8,09	2,98

Com a modificação proposta obteve-se uma diminuição do ILC, porém não se chegou ao índice ideal, o qual deixaria os trabalhadores fora de perigo.

Outra proposta levantada foi a de revezamento dos funcionários na função, de hora em hora. No *software* de simulação isso traria um resultado ótimo, pois diminuiria a ocupação dos funcionários, o que dá a ideia que os riscos ergonômicos deixariam de existir. Porém se recalcularmos o LPR e o ILC para 4 horas de duração da atividade os resultados não modificam, pois a Tabela 5 (Anexo A) não apresenta variação de Fator de Frequência com atividades de duração de 2 até 8 horas.

4.5 PROPOSTAS DE MELHORIA

Existem outras formas de melhorar o processo em estudo, tanto na parte de produtividade quanto de segurança dos trabalhadores. Nos casos que serão

apresentados, porém, serão necessários investimentos financeiros, que é um empecilho para que as mudanças aconteçam.

A melhor opção, do ponto de vista gerencial e produtivo é, sem dúvidas, a utilização de robôs paletizadores. Para a linha estudada, apenas um robô substituiria os 12 auxiliares de empacotadeira da empresa (quatro auxiliares por turno), deixaria de ter problemas com relacionados com pessoas e seus encargos trabalhistas. As Figuras 14 e 15 são exemplos de robôs disponíveis no mercado.



Figura 14 – Robô paletizador - Marca Torfresma, Modelo RPT 100TS
Fonte: Site Torfresma (2011)



Figura 15 – Robô paletizador – Marca Magnoflux, Modelo P160i
Fonte: Site Magnoflux (2011)

O robô da Figura 14 utiliza dispositivo de sucção para pegar o produto e colocar no palete, já o robô da Figura 15 tem funcionamento mecanizado através de ganchos que pegam a caixa na parte inferior e transportam até o local desejado, sendo o mais próprio para o produto em estudo. Segundo a empresa fabricante do robô ele paletiza 1300 caixas/hora. Apesar de tantas vantagens, o custo desta tecnologia ainda causa muito impacto, sendo na faixa de 1,2 milhões de reais, além da realocação ou dispensa dos funcionários, torna-se inviável, em um primeiro momento, visto a melhoria oferecida.

A mesa pantográfica é outra opção, tendo como função auxiliar o trabalhador, erguendo e abaixando o palete, para que não seja necessário grandes deslocamentos com a carga. É uma alternativa barata se comparada com robôs paletizadores, pois seu custo orçado com instalação está na faixa de 20 mil reais, além de não dispensar o trabalhador, sendo apenas uma ferramenta para o mesmo. A Figura 16 ilustra o equipamento.

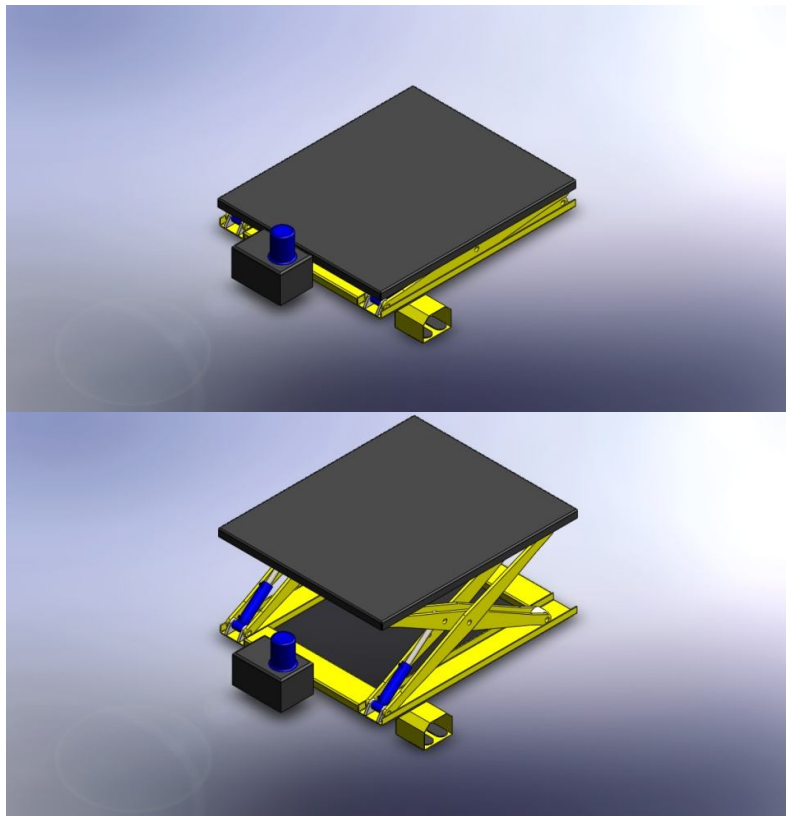


Figura 16 – Posições de funcionamento da Mesa Pantográfica
Fonte: Documento da empresa (2011)

ETAPA 2 - Calcular os fatores e LPRIF, LPRTS, ILIF, ILTS para cada Tarefa												
Tarefa nº	Cc x FH x FV x FD x FA x FP						LPRIF x FF		LPRTS	ILIF = PC/LPRIF	ILTS = PC/LPRTS	Classificação tarefas nº
1	23	0,71	0,8	0,89	1	0,9	10,78	0,65	7,00	1,13	1,74	1
2	23	0,83	0,9	0,92	1	0,9	13,77	0,65	8,95	0,89	1,36	2
3	23	0,83	0,9	0,9	1	0,9	15,54	0,65	10,1	0,79	1,21	3
4	23	0,83	0,9	1,2	1	0,9	20,56	0,65	13,36	0,59	0,91	5
5	23	0,83	0,9	1,57	1	0,9	26,51	0,65	17,23	0,46	0,71	6
6	23	0,83	0,9	1	1	0,9	16,25	0,65	10,56	0,75	1,16	4

Quadro 7 – Fragmento do Formulário para Análise da Tarefa de Levantamento (Tarefa Complexa) – (Cenário 1)

Observando o Quadro 7 que mostra uma parte do Formulário para Análise de Levantamento de Cargas para Tarefas Complexas, nota-se que em dois níveis (4 e 5) o Limite de Peso Recomendado está maior que o peso da carga, ou seja, se a mesa pantográfica manter o palete sempre a uma altura com diferença mínima da altura de origem, o trabalhador estará fora da zona de risco ergonômico.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A simulação está sendo cada vez mais aceita, pois seus resultados auxiliam na tomada de decisões, podendo economizar tempo e recursos financeiros no desenvolvimento de projetos aumentando os ganhos de produtividade e qualidade. Possibilita visualizar o sistema graficamente o que auxilia muito o entendimento do processo, principalmente para pessoas que não o conhecem (FREITAS FILHO, 2008).

Prado (2010) explica que a modelagem de sistemas está envolvida com processos de modificações de layout, ampliações de fábricas, troca de equipamentos, reengenharia, automatização, dimensionamentos em geral. De modo que o sistema seja todo estudado para que a melhor decisão seja tomada. A atenção especial deve ser dada aos gargalos, ou seja, os pontos onde ocorrem filas. No entanto, através da simulação realizada, observou-se que o processo de paletização da forma que é realizado atualmente é muito eficiente e produtivo, pois praticamente não existe formação de filas na chegada das caixas para montagem e também no processo de paletização (emplastificação).

Porém, visualizando a atividade com um foco de Saúde e Segurança do Trabalho, ela passa a ser classificada como prejudicial, pois o percentual de ocupação dos trabalhadores é relativamente alto e a atividade é considerada de alto risco (pela empresa terceirizada e pelo presente estudo) e prejudicial aos músculos da região lombar.

A proposta de diminuição da velocidade de chegada das caixas foi uma tentativa que, em partes, resolveu o problema, pois a ocupação dos auxiliares de empacotadeira diminuiu. Contudo o risco ergonômico não atingiu o índice desejado, de modo que o colaborador ainda pode ser prejudicado.

Outra questão que não pode ser esquecida é que a produção iria diminuir, mais de 200 mil litros de leite por dia deixariam de ser envasados com a diminuição de velocidade proposta.

Assim, a forma encontrada para solucionar esta questão foi utilizar a tecnologia existente para que o trabalho continue sendo produtivo e que não seja mais maléfico para a saúde.

REFERÊNCIAS

ABERGO. Associação Brasileira de Ergonomia. **O que é Ergonomia**. Disponível em: <http://www.abergo.org.br/internas.php?pg=o_que_e_ergonomia>. Acesso em: 15 nov 2011.

ABLV. Associação Brasileira da Indústria de Leite Longa Vida. **Sobre o Leite Longa Vida: Estatísticas**. 2009. Disponível em: <<http://www.ablv.org.br/Estatisticas.aspx>>. Acesso em 11 nov 2011.

ABRAS, Associação Brasileira de Supermercados. **Palete PBR**. 2011. Disponível em: <<http://www.abras.com.br/palete-pbr/apresentacao/>>. Acesso em: 12 nov 2011.

ANAHT, Associação dos Produtores de Madeira e Embalagens com Tratamento Térmico. **Por que paletizar?** 2011. Disponível em: <http://www.anaht.com.br/conteudo_1.asp?idmenu=55&idconteudo=90>. Acesso em: 11 nov 2011.

ANDERSON, Max. **Apostila Administração de Materiais e Patrimoniais II**. Faculdade Machado de Assis. 2007. Disponível em: <famanet.br/Ambientes/adm/pdf/md_max.pdf>. Acesso em: 12 nov 2011.

ANDRADE, E. L. **Introdução à pesquisa operacional: métodos e modelos para análise de decisões**. 3. ed. Rio de Janeiro: LTC, c2007. xiii, 192 p.

ARENALES, M. N. et al. **Pesquisa operacional**. Rio de Janeiro, RJ: Elsevier, 2007. xvii, 523 p. (Coleção CAMPUS-ABEPRO. Engenharia de produção.)

BARNES, R. M. **Estudo de movimentos e de tempos: projeto e medida do trabalho**. São Paulo, SP: Edgard Blucher, 1977. 635 p.

BEHMER, M. L. A. **Tecnologia do Leite: produção, industrialização e análise**. 15 ed. São Paulo: Nobel, 1991.

BRASIL. Ministério da Agricultura, do Abastecimento e da Reforma Agrária. Portaria N. 146, de 07 de março de 1996. Regulamento técnico de identidade e qualidade do leite UAT (UHT). **Diário Oficial da União** de 11/03/1996, Seção 1, Página 3977. Disponível em: <<http://extranet.agricultura.gov.br/sislegis-consulta/consultarLegislacao.do?operacao=visualizar&id=1218>>. Acesso em: 11 nov 2011.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Instrução normativa N.51, de 18 de setembro de 2002. Regulamento técnico de identidade e qualidade do leite cru refrigerado. **Diário Oficial da República Federativa do Brasil**, Brasília, DF, n. 183, p. 13-22, 20 set. 2002. Seção 1. Disponível em: <portal.mda.gov.br/o/776834>. Acesso em: 23 mai 2011.

BRIGHENTI, J. R. N. **Simulação e otimização de uma linha de manufatura em fase de projeto**. 2006. 113 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) – Universidade Federal de Engenharia de Itajubá, Itajubá, 2006.

CAIXETA-FILHO, J. V. **Pesquisa operacional: técnicas de otimização aplicadas a sistemas agroindustriais**. 2. ed. São Paulo, SP: Atlas, 2009. 169 p.

DIAS, D. R. **A simulação como ferramenta de auxílio à tomada de decisão e elaboração do plano mestre de produção de uma empresa ótica**. 2009. 103 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) – Engenharia de Produção. Universidade Federal de Ouro Preto, 2009.

FAO. Food Outlook: Global Market Analysis. The Global Information and Early Warning System on Food and Agriculture. Nov. 2008. Disponível em: <www.fao.org.br>. Acesso em: 08 mai 2011.

FARIAS JÚNIOR, G.; OSÓRIO, M. M. Padrão alimentar de crianças menores de cinco anos. **Revista Nutrição**. Campinas, v. 18, n. 6, p. 793-802, nov./dez. 2005. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1415-52732005000600010>. Acesso em: 27 mai 2011.

FREITAS FILHO, P. J. **Introdução à modelagem e simulação de sistemas: com aplicações em Arena**. 2. ed. Florianópolis: Visual Books, 2008. 372 p.

GIL, A. C. **Como elaborar projetos de pesquisa**. 4. ed. São Paulo: Atlas, 2002. 175 p

GOMES, S. T. Produção de leite no Brasil. 1991. Disponível em: <http://www.ufv.br/DER/docentes/stg/stg_artigos/Art_051%20-%20PRODU%20C7%20C3O%20DE%20LEITE%20NO%20BRASIL%20%283-10-91%29.pdf>. Acesso em: 08 mai 2011.

GUÉRIN, François et al. **Compreender o trabalho para transformá-lo: a prática da ergonomia**. São Paulo, SP: E. Blücher, 2001. xviii, 200 p.

HILLIER, F. S.; LIEBERMAN, G. J. **Introdução à pesquisa operacional**. 8. ed. Rio de Janeiro, RJ: McGraw-Hill, 2010. xxii, 828 p.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Produção de Leite no Brasil em 2010. Disponível em: <<http://www.sidra.ibge.gov.br/bda/pecua/default.asp?t=3&z=t&o=24&u1=1&u2=1&u3=1&u4=1&u5=1&u6=1&u7=1>>. Acesso em: 28 mai 2011.

IIDA, Itiro. **Ergonomia: projeto e produção**. 2. ed. São Paulo, SP: E. Blücher, 2005. xvi, 614 p.

KELTON, W. D.; SADOWSKI, R. P.; STURROCK, D. T. **Simulation with arena**. 4. ed. New York, NY: McGraw-Hill, c2007. 630 p.

MAGNOFLUX. Magnoflux Automação e Robótica. **Robôs Paletizadores**. Disponível em: <<http://www.magnoflux.com.br/>>. Acesso em 22 nov 2011.

MARCONI, M. A.; LAKATOS, E. M. **Técnicas de pesquisa**: planejamento e execução de pesquisas, amostragens e técnicas de pesquisa, elaboração, análise e interpretação de dados. 7. ed. São Paulo: Atlas, 2008. 277 p.

MATEUS JUNIOR, José Roberto. **Estudo das ferramentas de avaliação física em ergonomia, Equação NIOSH e RULA**. 2009. 151 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) – Programa de Pós Graduação em Engenharia de Produção, UFSC, Florianópolis. 2009

MINISTÉRIO DA SAÚDE DO BRASIL. Diagnóstico, tratamento, reabilitação, prevenção e fisiopatologia das LER/DORT. **Normas e manuais técnicos**, n.105, Brasília, junho de 2001.

NIOSH, National Institute for Occupational Safety and Health. Applications manual for the revised NIOSH lifting equation. U.S. Dept. of Health and Human Services (NIOSH), Public health Service, Cincinnati, OH, 1994.

PARAGON. 2011. Disponível em: <http://www.paragon.com.br/padrao.aspx?software_de_simulacao_arena_content_ct_1685_2139_.aspx>. Acesso em: 26 mai 2011.

PEGDEN, C. D.; SHANNON, R. E.; SADOWSKI, R. P. **Introduction to simulation using Siman**. 2. ed. New York: McGraw-Hill, c1995. xxiii, 600p.

PENNA, I. C. **Modelo de simulação para análise da gestão operacional de um estacionamento**. 2009. 113 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) – Engenharia de Produção. Universidade Federal de Ouro Preto, 2009.

PORTAL ERGONOMIA NO TRABALHO. Análise Ergonômica dos Postos de Trabalho. 2011. Disponível em: <<http://www.ergonomianotrabalho.com.br/aet.html>>. Acesso em: 13 nov 2011.

PRADO, D. S. **Usando o arena em simulação**. 4. ed. Belo Horizonte: INDG-Tecnologia e serviços, 2010. v. 3 307 p.

RASCH, Philip J. **Cinesiologia e anatomia aplicada**. Rio de Janeiro, RJ: Guanabara Koogan, c1991. 204 p.

RÉVILLION, Jean Philippe. **Laticínios**: Processamento do Leite UHT – Sistema Direto. UFRGS. Disponível em: <http://www.ufrgs.br/alimentus/laticinios/leite_uht/uht_sistema_direto.htm>. Acesso em: 12 nov 2011.

SEAB. Secretaria da Agricultura e do Abastecimento do Paraná. **Norma Técnica para construção de estabelecimentos para leite e derivados**. 2004. Disponível em: <www.seab.pr.gov.br/arquivos/File/PDF/norma_leite.pdf>. Acesso em: 28 mai 2011.

TECALIM. Tecnologia de Alimentos. **Usina de Processamento de Leite e Derivados**: Recebimento, Controle e Processamento. 2009. Disponível em: <<http://tecalim.vilabol.uol.com.br/>>. Acesso em: 09 jun 2011.

TEIXEIRA, Eliana Remor. **Sistematização de procedimentos necessários à aplicação da ELN: Estudo descritivo da relação entre o IL da equação revisada do NIOSH e a incidência de lombalgia numa amostra de trabalhadores**. 2004. 239 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Mecânica) – Departamento de Engenharia Mecânica, Setor Tecnológico, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2004.

TORFRESMA. Torfresma Industrial. Máquinas e Equipamentos para Frigoríficos. **Robô de Paletização**. Disponível em: <<http://www.torfresma.com.br/?pg=noticias.php&mostra=3&id=170>>. Acesso em 22 nov 2011.

APÊNDICE



SIMULAÇÃO DO PROCESSO INDUSTRIAL DE PALETIZAÇÃO DE CAIXAS DE LEITE UHT

CAMILA C. VOGEL¹; CARLA A. P. SCHMIDT²; JOSÉ A. DOS SANTOS³

RESUMO: Atualmente, as empresas estão buscando novas técnicas, metodologias e teorias que as ajude a obter melhores resultados. No setor de produção, existem muitos estudos que tentam melhorar a produtividade dos sistemas, otimizando os processos. Uma das técnicas disponíveis é a simulação, que possibilita fazer alterações no sistema de forma virtual. Com muita facilidade e agilidade é possível criar novos layouts, utilizar novos equipamentos, entre várias outras possibilidades de alterações, sem grandes investimentos, visualizando os resultados na tela do computador. Estes conceitos foram utilizados para analisar o processo industrial de paletização de caixas de leite UHT de uma empresa do ramo lácteo e propor melhorias nos aspectos produtivos. Para isso, observou-se o processo, identificando as variáveis e coletando os dados necessários. Foi preciso tratar os dados estatisticamente, construir o modelo no *software* ARENA[®] e validar os resultados com os reais. Também foi possível criar novos cenários de caráter comparativo. Os resultados mostraram que o processo está bem planejado, pois não foi possível identificar filas significativas entre as etapas, apenas a taxa de ocupação dos auxiliares de empacotadeira está alta, com média de 88% durante 8 horas de trabalho. Isto pode ser melhorado através da redução da carga horária dedicada a esta função, podendo acontecer o revezamento de funcionários.

PALAVRAS-CHAVE: *Software* ARENA[®]. Engenharia de Produção. Agroindústria.

1 INTRODUÇÃO

Uma das primeiras fontes de alimentação dos mamíferos é o leite. A partir de seu nascimento o homem recebe o leite materno como fonte primária de sua alimentação, no decorrer de seu crescimento esta fonte é substituída gradativamente pelos produtos lácteos. Atualmente o Brasil apresenta-se como um grande produtor e também consumidor de produtos lácteos. O leite permanece até hoje como um importante componente da pirâmide alimentar por vários motivos, especialmente por ser muito nutritivo podendo fornecer grande quantidade de energia para o ser humano, sendo este apenas um de vários outros benefícios

¹ Acadêmica da Universidade Tecnológica Federal do Paraná; camila_vogel@hotmail.com

² Docente Doutora da Universidade Tecnológica Federal do Paraná; carlaschmidt@utfpr.edu.br

³ Docente Doutor da Universidade Tecnológica Federal do Paraná; airton@utfpr.edu.br

para a saúde. Além disso, não se pode esquecer que ele é um alimento tradicional e indispensável à mesa de todos os brasileiros.

A indústria beneficiadora do leite tem o papel de promover modificações no produto, padronizando suas características de acordo com a legislação vigente, de modo que este seja consumido com qualidade. Todavia a excelência do produto só pode ser alcançada quando existem produtores capacitados. Eles precisam saber da importância em relação aos cuidados com os animais, com o leite desde a alimentação, o momento da ordenha, o seu armazenamento e o transporte até a indústria.

A eficiência de uma indústria, nos dias atuais, é extremamente importante para sua sobrevivência. Assim, é preciso que o processo produtivo seja organizado de modo que as perdas sejam mínimas, tanto de tempo como de produto. Para obter este resultado, diversas técnicas, ferramentas e instrumentos são disponibilizados aos dirigentes desses processos, muitos deles envolvem a tecnologia de gestão da informação. No entanto, qualquer processo de mudança precisa ser precedido de uma avaliação técnica que avalie as vantagens ou problemas que poderão decorrer. Muitas dessas avaliações são realizadas mediante o uso de softwares de simulação.

Softwares de simulação são muito usados em grandes empresas, pois um “pequeno teste” pode custar muito e um erro pode levar a falência. A popularização destes *softwares* permitiu que pequenas empresas também pudessem obter vantagens com esta ferramenta tão valiosa. A simulação entra neste contexto com a tarefa de oportunizar o estudo do processo proporcionando a opção de modificação do mesmo virtualmente, sem custo nenhum com equipamentos, pessoas e matéria-prima que seriam utilizados inicialmente apenas para testes.

O objetivo deste estudo foi verificar a eficiência do processo de paletização do leite UHT. Avaliando por meio de simulação as possíveis melhorias, e o impacto das ações propostas sobre a produtividade visando assegurar a saúde e bem-estar dos trabalhadores.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Para uma melhor análise, os assuntos abordados foram divididos em partes, onde se apresenta a teoria relativa ao produto, ao processo e à simulação, envolvidos neste estudo.

2.1 LEITE

Mesmo com todos os avanços tecnológicos e científicos, o leite *in natura* continua sendo um dos alimentos mais nutritivos, sendo considerado o alimento natural mais próximo da perfeição (TECALIM, 2009).

De acordo com a Instrução Normativa nº 51 de 18 de setembro de 2002, “entende-se por leite, sem outra especificação, o produto oriundo da ordenha completa e ininterrupta, em condições de higiene, de vacas saudáveis, bem alimentadas e descansadas”.

Entende-se por leite UHT (*Ultra High Temperature*) o leite homogeneizado que foi submetido, durante 2 a 4 segundos, a uma temperatura entre 130°C e 150°C, mediante um processo térmico de fluxo contínuo, imediatamente resfriado a uma temperatura inferior a 32°C e envasado sob condições assépticas em embalagens estéreis e hermeticamente fechadas (BRASIL, 1996). O fluxograma do processo produtivo do leite UHT está sendo ilustrado pela Figura 1.

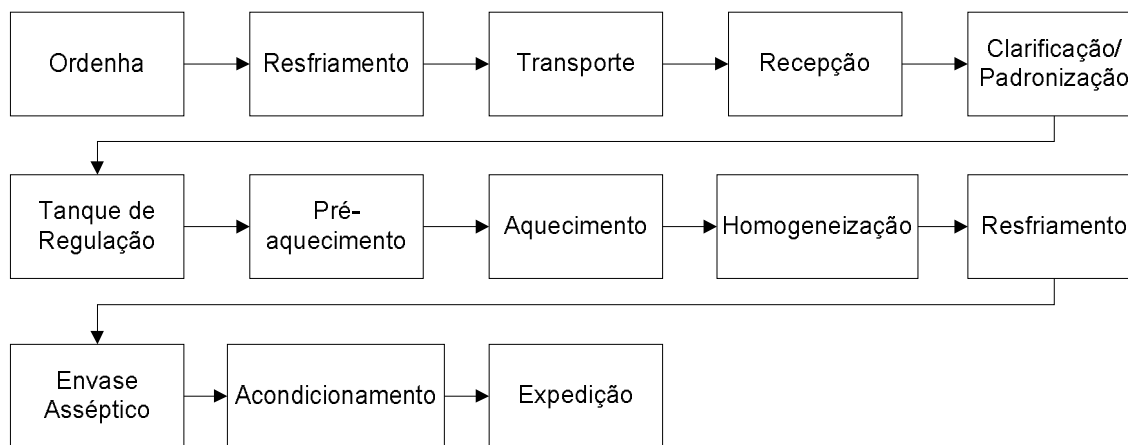


Figura 1: Processo Produtivo Leite UHT
Fonte: Adaptado de RÉVILLION (2011)

Os dados do IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – demonstram que em 2010 a produção de leite no Brasil foi de 20,9 milhões de toneladas bem distribuída nos 12 meses do ano, apresentando leve oscilação na quantidade produzida devido períodos de safra (período úmido) e entressafra (período seco).

2.2 SIMULAÇÃO

Para Pegden (1995) “simulação é o processo de projetar um modelo computacional de um sistema real e conduzir experimentos com este modelo com o propósito de entender seu comportamento e/ou avaliar estratégias para sua operação”.

Já segundo Prado (2010) “simulação é uma técnica de solução de um problema pela análise de um modelo que descreve o comportamento do sistema usando um computador digital”.

Diferentemente dos modelos de otimização que são resolvidos, os modelos de simulação são executados, de forma que a cada nova alteração ou indagação feita, pode-se obter novamente uma resposta. A maioria destes é do tipo entrada-saída, isto é, são modelos interativos aos quais se fornecem dados de entrada, obtendo-se respostas específicas para estes (FREITAS FILHO, 2008).

A simulação engloba não apenas a construção do modelo, mas todo o método experimental que se segue, buscando descrever o comportamento do sistema, montando as teorias e hipóteses conforme as observações e utilizando o modelo para prever o comportamento futuro, isto é, os efeitos produzidos por alterações no sistema ou nos métodos empregados em sua operação.

Os campos onde se pode encontrar um sistema apto a ser simulado são muito grandes e variados, como por exemplo, em sistemas de produção, na logística, nos sistemas computacionais, nos sistemas administrativos, sistemas de prestações de serviços, entre tantos outros (PRADO, 2010; FREITAS FILHO, 2008).

O *software* ARENA[®] foi lançado em 1993 pela empresa americana Systems Modeling, sendo o sucessor do SIMAN e CINEMA, produtos da mesma empresa. O SIMAN foi desenvolvido em 1982, sendo o primeiro *software* de simulação para PC, era uma evolução do GPSS que foi lançado pela IBM em 1961 e por muito tempo foi o líder de mercado. Em 1984 o SINAM ganhou um complemento chamado CINEMA que foi o primeiro *software* de animação para PC. Em 1993, os dois *softwares* se uniram e formaram o ARENA[®]. Em 1998 a Systems Modeling foi vendida pela Rockwell Software (PRADO, 2010).

O ARENA[®] é um ambiente gráfico integrado de simulação, que contém todos os recursos para modelagem de processos, desenho e animação bidimensional, análise estatística e análise de resultados. O ARENA[®] foi considerado por renomados especialistas em simulação como "O mais inovador *software* de simulação", por unir os recursos de uma

linguagem de simulação à facilidade de uso de um simulador, em um ambiente gráfico integrado. A linguagem incorporada ao ARENA[®] é o SIMAN. Não é necessário escrever nenhuma linha de código no ARENA[®], pois todo o processo de criação do modelo de simulação é gráfico e visual (PARAGON, 2011).

3 MATERIAL E MÉTODOS

A metodologia utilizada neste estudo pode ser classificada quanto ao tipo de pesquisa, a população amostra, a coleta e a análise dos dados. Desta forma serão apresentados os passos que foram seguidos para realização do trabalho.

A classificação quanto ao tipo de pesquisa pode ser subdividida de acordo com a natureza sendo esta aplicada, quanto aos objetivos sendo descritiva, quanto a forma de abordar o problema é considerada quantitativa e de acordo com os procedimentos técnicos classificada como modelagem e simulação.

Os passos utilizados para realização deste trabalho estão apresentados através da Figura 2.

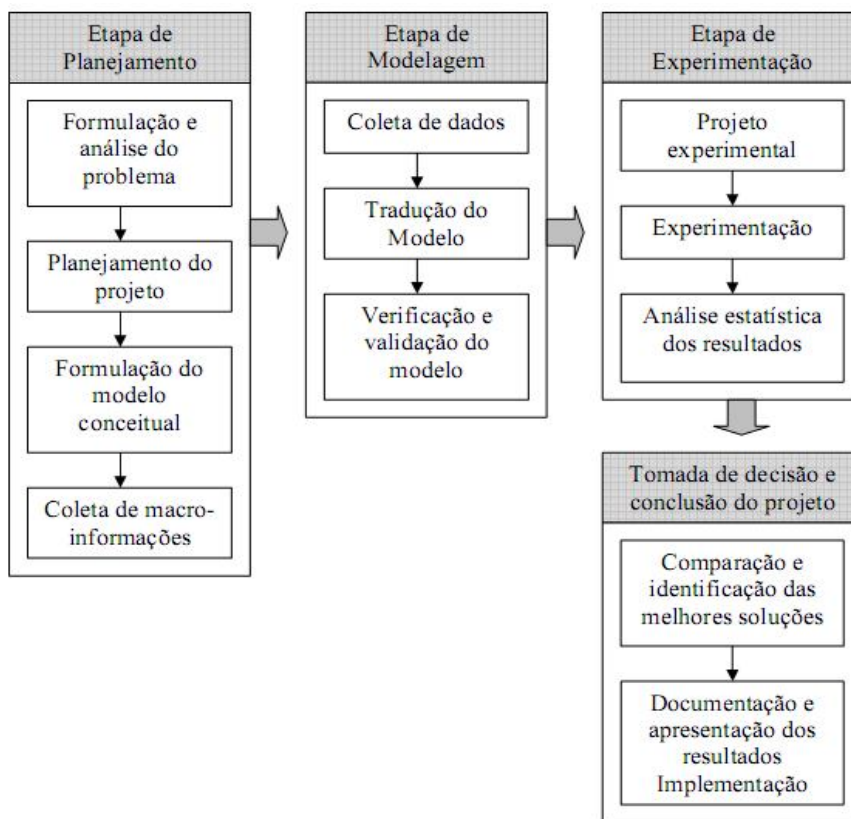


Figura 2: Passos em um estudo envolvendo modelagem e simulação
Fonte: Freitas Filho (2008)

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

O estudo foi realizado em uma unidade do interior do Paraná de uma empresa do setor lácteo de grande porte e com abrangência nacional. A unidade beneficia diariamente em torno de 450 mil litros de leite UHT. Também trabalha com produtos formulados como bebida láctea e creme de leite.

O processo de beneficiamento do leite na unidade pode ser visualizado através do fluxograma do processo na Figura 3.

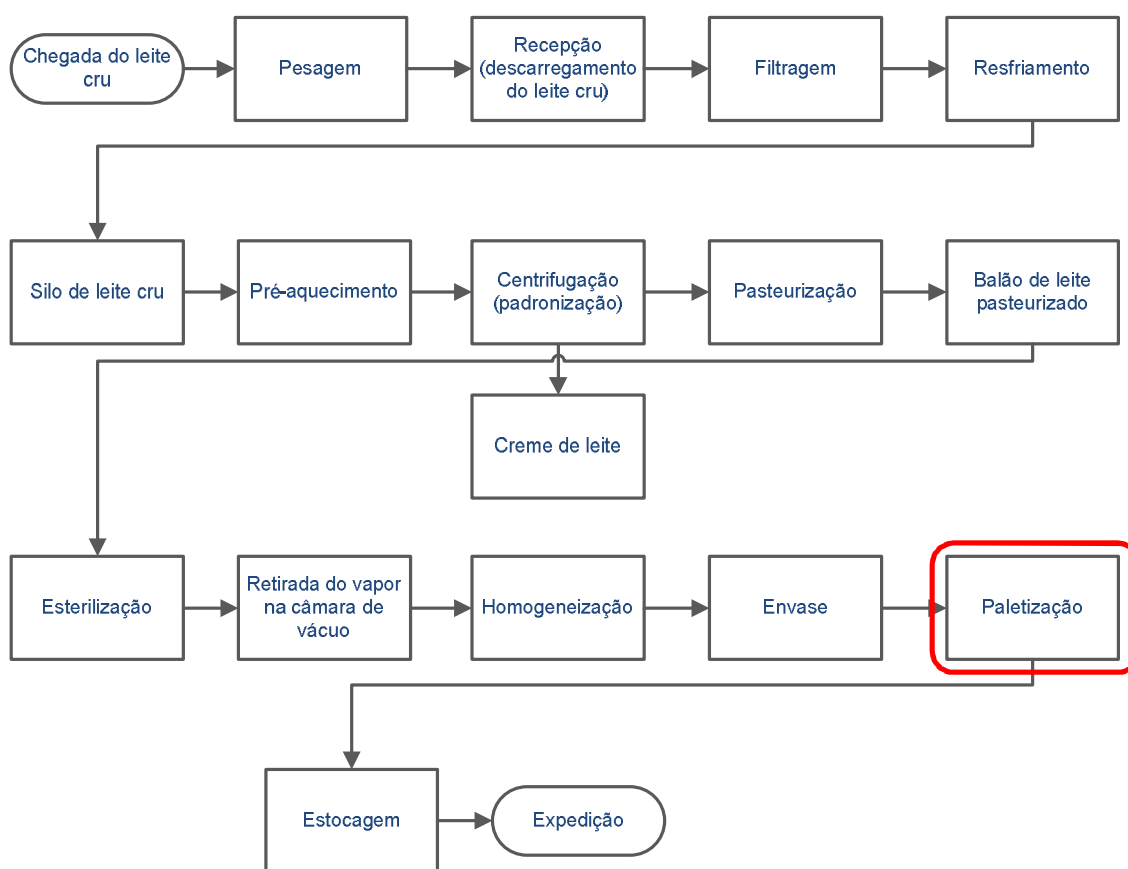


Figura 3: Processo Produtivo Leite UHT

Em destaque na Figura 3, a etapa de Paletização, foi o segmento estudado detalhadamente. Observou-se que após o leite UHT ser envasado em embalagens cartonadas da Tetra Pak[®] formando caixas contendo um litro, elas são agrupadas em 12 unidades e acondicionadas em embalagem secundária. Estas ainda passam por um revestimento com filme plástico termo encolhível para garantir a integridade do produto. A partir de então, estas caixas com 12 litros foram adotadas, para este trabalho, como uma unidade.

O processo de paletização inicia-se no momento em que o auxiliar de empacotadeira recolhe as caixas de leite da esteira transportadora. Sua função é empilhá-las encima de um estrado de madeira (paleta padrão PBR), formando paletes com 90 caixas cada. Os trabalhadores precisam seguir um desenho pré-definido por padrão operacional da empresa.

Assim que o paleta é terminado, ele é retirado com empilhadeira (Toyota – SAS 25) liberando o local para reiniciar a atividade. A empilhadeira coloca o paleta pronto sob um equipamento chamado de paletizadora (Gimak – GK 2100). Este tem a função de envolver o paleta com um filme plástico *Stretch* para deixá-lo mais firme. A utilização de cantoneiras não é obrigatória, porém auxilia no melhor acondicionamento das embalagens, causando menor perda por devoluções de produtos amassados.

Após paletizado, o produto está pronto para ser levado para o estoque.

As Figuras 4 e 5 apresentam o layout e o fluxograma do processo de paletização.

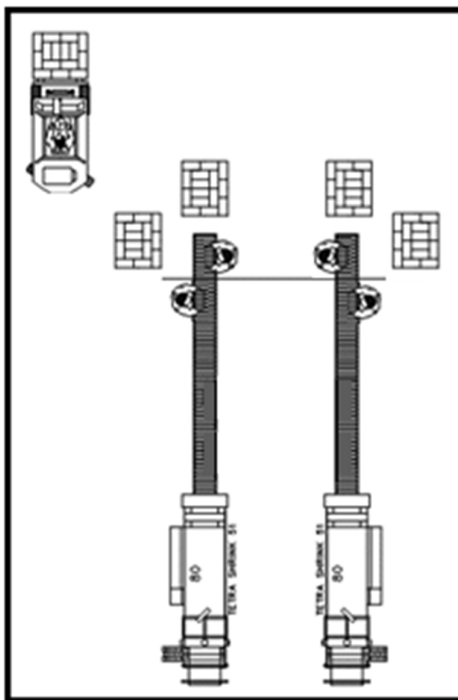


Figura 4 – Layout do processo de paletização

Fonte: Adaptação da Planta Industrial da Empresa

Processo de Paletização de caixas de leite UHT

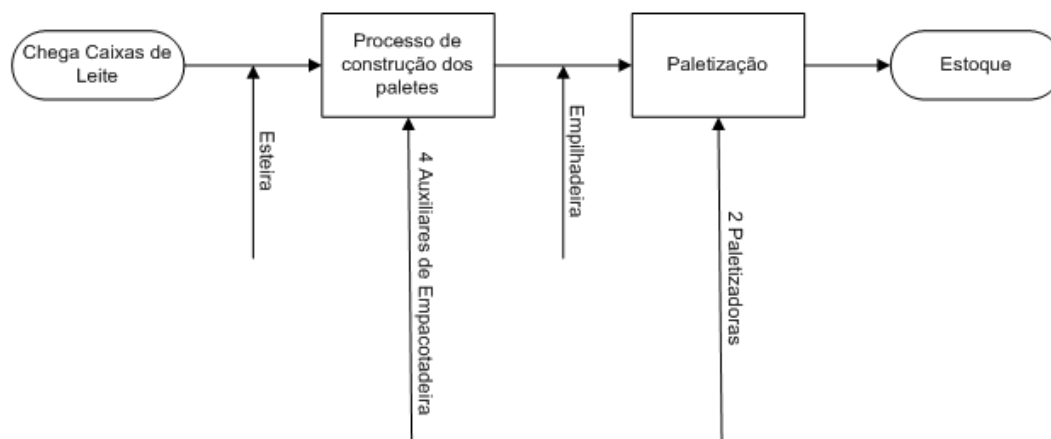


Figura 5 – Fluxograma do Processo de Paletização

A coleta de dados é uma parte fundamental do processo de simulação, pois o insucesso nesta etapa compromete todo o trabalho. A coleta foi realizada de forma direta por observação e medição dos tempos das atividades que compõem o processo de paletização e por acesso a dados históricos do sistema de gestão do laticínio.

Os arquivos com os tempos obtidos, na coleta de dados, foram submetidos a ferramenta *Input Analyser* do ARENA[®]. Esta ferramenta proporciona a visualização dos dados de forma gráfica (histogramas) e fornece uma expressão que representa a distribuição de probabilidades destes dados.

Através dos testes *Chi Square* e *Kolmogorov-Smirnov* concluiu-se que as distribuições, apresentadas na Tabela 1, são as expressões que melhor se adaptaram aos dados coletados no laticínio.

Tabela 1 – Distribuições Estatísticas obtidas dos dados de tempo coletados durante o processo de paletização das caixas de leite UHT

Tempos Coletados	Distribuições estatísticas
Entre chegada das caixas	UNIF (2, 4.7) (seg)
De construção dos paletes	2.5 + WEIB (3.86, 2.31) (seg)
De troca dos paletes	8 + 16 * BETA (1.07, 1.31) (seg)
De plastificação dos paletes	1.4 + 0.51 * BETA (0.571, 0.617) (min)

A verificação e a validação do modelo consiste na análise do modelo de simulação, com o objetivo de verificar se o mesmo está funcionando sem erros de programação e se está consistente com o funcionamento do sistema real, de forma lógica e semântica (PRADO, 2010).

Para garantir que o modelo implementado não contivesse *bugs* (erros de programação) realizou-se uma verificação completa do modelo de simulação. Verificou-se, também, se todas as atividades do processo de paletização estavam presentes no modelo de simulação.

Para promover a validação, do modelo de simulação, comparou-se o número de paletes obtidos de arquivos históricos do laticínio com o número de paletes obtidos do modelo de simulação. Estes números são apresentados na Tabela 2.

Tabela 2 – Comparação entre números de paletes pelo sistema real e simulado

Validação	Sistema Real	Modelo	Erro Relativo
Número de paletes	192	187 ± 1	2,60%

Através da análise dos resultados da Tabela 2 pode-se concluir que o modelo computacional apresenta uma boa aproximação, em relação ao número de paletes produzidos em 1 turno de trabalho (8 horas), com o sistema real.

Depois do sistema validado, simularam-se três cenários para o sistema de paletização:

Cenário 1 – 8 horas de trabalho;

Cenário 2 – 16 horas de trabalho;

Cenário 3 – 24 horas de trabalho.

Os resultados da simulação dos três cenários encontram-se apresentados na Tabela 3.

Tabela 3 – Número de paletes produzidos em cada um dos três cenários simulados

Cenário – Turno (horas)	Número de Palletes Produzidos
Cenário 1 – 8h	187 ± 1
Cenário 2 – 16h	379 ± 1
Cenário 3 – 24h	570 ± 1

O gargalo do sistema em estudo está na alta porcentagem de utilização dos quatro auxiliares de empacotadeira que trabalham na construção dos paletes. Para encontrar uma solução para esta questão, projetou-se um cenário alternativo:

Cenário 1 – Tempo entre Chegadas – UNIF(2,4.7) seg. – (Cenário atual);

Cenário 2 – Tempo entre Chegadas – UNIF(3.5,6.5) seg.

Simulou-se 15 replicações durante um período de 8 horas. Na Tabela 4 apresentam-se as porcentagens de utilização dos quatro auxiliares de empacotadeira e o número de paletes produzidos por cenário.

Tabela 4 – Porcentagem de utilização dos auxiliares de empacotadeira nos dois cenários simulados

Velocidade (s)	Auxiliar 1	Auxiliar 2	Auxiliar 3	Auxiliar 4	Número de Paletes
Cenário 1	88.4%	88.5%	88.3%	88.3%	187 ± 1
Cenário 2	59.1%	59%	59.2%	59.2%	124 ± 1

Observa-se através dos dados obtidos da Tabela 4 que com o aumento dos tempos entre chegadas das caixas obteve-se uma queda de aproximadamente 29% na porcentagem de utilização dos auxiliares, embora com uma perda aproximada de 63 paletes por turno de 8 horas.

Outra estratégia que poderia vir a ser adotada seria o revezamento dos trabalhadores. Por exemplo, fazendo a troca de funções de hora em hora. Isto faria com que o percentual de ocupação caísse para a metade para esta atividade do que mostra o Cenário 1 (atual), apresentando uma taxa de ocupação favorável aos trabalhadores (44%).

5 CONCLUSÕES

A simulação está sendo cada vez mais aceita, pois seus resultados auxiliam na tomada de decisões, podendo economizar tempo e recursos financeiros no desenvolvimento de projetos aumentando os ganhos de produtividade e qualidade. Possibilita visualizar o sistema graficamente o que auxilia muito o entendimento do processo, principalmente para pessoas que não o conhecem (FREITAS FILHO, 2008).

Prado (2010) explica que a modelagem de sistemas está envolvida com processos de modificações de layout, ampliações de fábricas, troca de equipamentos, reengenharia, automatização, dimensionamentos em geral. De modo que o sistema seja todo estudado para que a melhor decisão seja tomada. A atenção especial deve ser dada aos gargalos, ou seja, os pontos onde ocorrem filas. No entanto, através da simulação realizada, observou-se que o processo de paletização da forma que é realizado atualmente é muito eficiente e produtivo, pois praticamente não existe formação de filas na chegada das caixas para montagem e também no processo de paletização (emplastificação).

Porém, visualizando a atividade com um foco de Saúde e Segurança do Trabalho, ela passa a ser classificada como prejudicial, pois o percentual de ocupação dos trabalhadores é relativamente alto. A proposta de diminuição da velocidade de chegada das caixas foi uma tentativa que, em partes, resolveu o problema, pois a ocupação dos auxiliares de empacotadeira diminuiu. No entanto não pode ser esquecido que a produção iria diminuir, mais de 200 mil litros de leite por dia deixariam de ser envasados com a diminuição de velocidade proposta.

Assim, a forma encontrada para solucionar esta questão foi utilizar a tecnologia existente para que o trabalho continue sendo produtivo e que não seja mais maléfico para a saúde.

6 REFERÊNCIAS

BRASIL. Ministério da Agricultura, do Abastecimento e da Reforma Agrária. Portaria N. 146, de 07 de março de 1996. Regulamento técnico de identidade e qualidade do leite UAT (UHT). **Diário Oficial da União** de 11/03/1996, Seção 1, Página 3977. Disponível em: <<http://extranet.agricultura.gov.br/sislegis-consulta/consultarLegislacao.do?operacao=visualizar&id=1218>>. Acesso em: 11 nov 2011.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Instrução normativa N.51, de 18 de setembro de 2002. Regulamento técnico de identidade e qualidade do leite cru refrigerado. **Diário Oficial da República Federativa do Brasil**, Brasília, DF, n. 183, p. 13-22, 20 set. 2002. Seção 1. Disponível em: <<portal.mda.gov.br/o/776834>>. Acesso em: 23 mai 2011.

FREITAS FILHO, P. J. **Introdução à modelagem e simulação de sistemas: com aplicações em Arena**. 2. ed. Florianópolis: Visual Books, 2008. 372 p.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Produção de Leite no Brasil em 2010. Disponível em: <<http://www.sidra.ibge.gov.br/bda/pecua/default.asp?t=3&z=t&o=24&u1=1&u2=1&u3=1&u4=1&u5=1&u6=1&u7=1>>. Acesso em: 28 mai 2011.

PARAGON. 2011. Disponível em: <http://www.paragon.com.br/padrao.aspx?software_de_simulacao_arena_content_ct_1685_2139_.aspx>. Acesso em: 26 mai 2011.

PEGDEN, C. D.; SHANNON, R. E.; SADOWSKI, R. P. **Introduction to simulation using Siman**. 2. ed. New York: McGraw-Hill, c1995. xxiii, 600p.

PRADO, D. S. **Usando o arena em simulação**. 4. ed. Belo Horizonte: INDG- Tecnologia e serviços, 2010. v. 3 307 p.

RÉVILLION, Jean Philippe. **Laticínios: Processamento do Leite UHT – Sistema Direto.** UFRGS. Disponível em: <http://www.ufrgs.br/alimentus/laticinios/leite_uht/uht_sistema_direto.htm>. Acesso em: 12 nov 2011.

TECALIM. Tecnologia de Alimentos. **Usina de Processamento de Leite e Derivados: Recebimento, Controle e Processamento.** 2009. Disponível em: <<http://tecalim.vilabol.uol.com.br/>>. Acesso em: 09 jun 2011.

ANEXOS

ANEXO A – Frequência média de levantamentos em levantamentos/min.

TABELA 5						
FATOR FREQUENCIA						
LEVS/MIN (F)	Duração do trabalho					
	< 1 Hora		>1 Hr e<2Hr		>2 Hr mas< 8 Horas	
	V < 30	V > 30	V<30	V>30	V<30	V>30
<0.2	1	1	0,95	0,95	0,85	0,85
0,5	0,97	0,97	0,92	0,92	0,81	0,81
1	0,94	0,94	0,88	0,88	0,75	0,75
2	0,91	0,91	0,84	0,84	0,65	0,65
3	0,88	0,88	0,79	0,79	0,55	0,55
4	0,84	0,84	0,72	0,6	0,45	0,45
5	0,8	0,8	0,6	0,5	0,35	0,35
6	0,75	0,75	0,5	0,42	0,27	0,27
7	0,7	0,7	0,42	0,35	0,22	0,22
8	0,6	0,6	0,35	0,3	0,18	0,18
9	0,52	0,52	0,26	0,26	0	0,15
10	0,45	0,45	0	0,23	0	0,13
11	0,41	0,41	0	0,21	0	0
12	0,37	0,37	0	0	0	0
13	0	0,34	0	0	0	0
14	0	0,31	0	0	0	0
15	0	0,28	0	0	0	0
>15	0	0	0	0	0	0

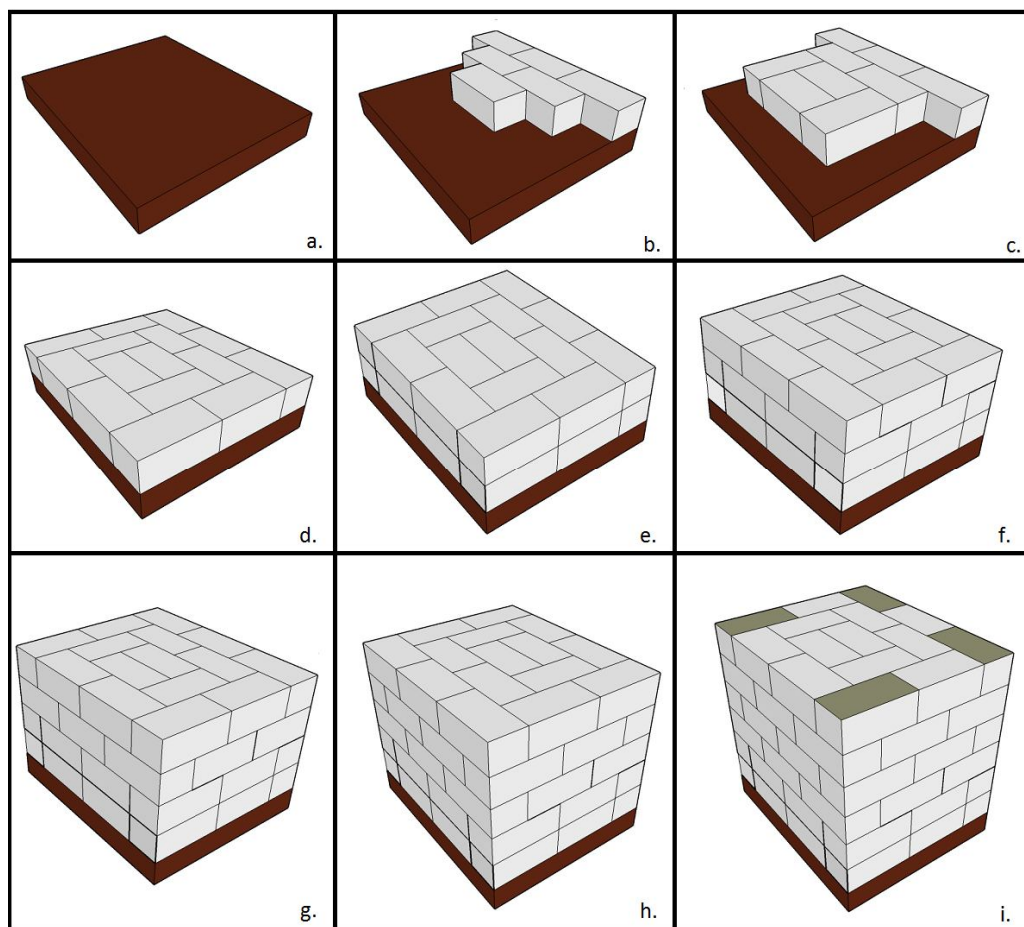
Fonte: NIOSH (1994)

ANEXO B – Qualidade da pega.

TABELA 7		
FATOR PEGA		
Tipo de Pega	<30	>30
Boa	1	1
Razoável	0,95	1
Ruim	0,9	0,9

Fonte: NIOSH (1994)

ANEXO C – Procedimento Operacional Padrão para montagem dos paletes



Instruções:

- a) Os paletes de madeira deverão estar limpos e em bom estado antes de entrar na produção, se estiver sujo, quebrado, ripas muito afastadas ou irregulares, não se deve utilizá-lo. Posicionar o pallet em bom estado e limpo dentro da área estabelecida, conforme Figura (a.);
- b) Organizar as caixas do primeiro lastro iniciando de um lado do pallet, depois as caixas do meio e por fim as das laterais completando o primeiro lastro, conforme Figura (b., c., d.);
- c) Organizar o segundo lastro exatamente como o primeiro, em colunas, sem amarração, conforme Figura (e.);
- d) Organizar os próximos lastros alterando a posição das fileiras até o último lastro, com 6 de altura, conforme Figura (f., g., h., i.);
- e) Virar as caixas do último lastro das 4 pontas do pallet com o fundo

- para cima, conforme Figura (i.);
- f) Todos os cantos e paredes do palete devem estar devidamente alinhados, sem formar “escada”, conforme Figura (i.).