



PONTIFÍCIA UNIVERSIDADE CATÓLICA DE GOIÁS
PRÓ-REITORIA DE PÓS-GRADUAÇÃO E PESQUISA
PROGRAMA DE MESTRADO EM ENGENHARIA DE PRODUÇÃO E SISTEMAS

UM MODELO EM OTIMIZAÇÃO QUE CONSIDERA A ERGONOMIA

Robson Iwamoto Ribeiro da Costa

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção e Sistemas da Pontifícia Universidade Católica de Goiás, como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre em Engenharia de Produção e Sistemas.

Orientador: Marco Antonio F. Menezes,
Doutor.

Goiânia
Agosto/2012

UM MODELO EM OTIMIZAÇÃO QUE CONSIDERA A ERGONOMIA

Robson Iwamoto Ribeiro da Costa

Esta Dissertação julgada adequada para obtenção do título de Mestre em Engenharia de Produção e Sistemas, e aprovada em sua forma final pelo Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção e Sistemas da Pontifícia Universidade Católica de Goiás em AGOSTO de 2012.

Prof. Ricardo Luiz Machado, Dr.
Coordenador do Programa de Pós-Graduação em
Engenharia de Produção e Sistemas

Banca Examinadora:

Prof. Marco Antonio Figueiredo Menezes, Dr.
Orientador

Prof. Ricardo Luiz Machado, Dr.

Prof. Antônio César Baleeiro Alves, Dr. (UFG)

Goiânia-GO
AGOSTO/2012

Ficha Catalográfica

Iwamoto Ribeiro da Costa, Robson.

Um modelo em otimização que considera a ergonomia /
Robson Iwamoto Ribeiro da Costa – Goiânia-Goiás: PUC
Goiás/MEPROS, 2012.

x, 79 p.: il.; 29,7 cm.

Orientador: Marco Antonio Figueiredo Menezes.

Dissertação (mestrado) – PUC Goiás / MEPROS / Programa de
Pós-Graduação em Engenharia de Produção e Sistemas, 2012.

Referências Bibliográficas: p. 80.

1. Ergonomia. 2. Programação Linear Mista.

3. Modelagem. I. Iwamoto Ribeiro da Costa, Robson. II. Pontifícia
Universidade Católica de Goiás, MEPROS, Programa de Mestrado
em Engenharia de Produção e Sistemas.

III. Um modelo em otimização que considera a ergonomia.

Dedicatória

Dedico este trabalho às pessoas que tornaram possível este trabalho. Primeiramente a minha esposa, Fabrizia Iwamoto, que me apoiou e me “empurrou” até a conclusão deste trabalho. A minha mãe, Kaoru Iwamoto, que mesmo de longe sempre me perguntava se eu estava frequentando as aulas e tirando notas boas.

Ao meu orientador, Marco Antonio Figueiredo Menezes, que dentre todo o corpo docente do MEPROS, foi o único que acreditou que era possível desenvolver um trabalho envolvendo otimização e ergonomia, e por todo seu esforço ao longo destes dois anos.

E ainda, aos colegas de laboratório que nos acompanharam e apoiaram, Lino Lopes de Barros Filho e Geovane R. de Jesus Campos.

Resumo

Resumo da Dissertação apresentada ao MEPROS/PUC Goiás como parte dos requisitos necessários para a obtenção do grau de Mestre em Engenharia de Produção e Sistemas (M.Sc)

UM MODELO EM OTIMIZAÇÃO QUE CONSIDERA A ERGONOMIA

Robson Iwamoto Ribeiro da Costa

Agosto/2012

Orientador: Marco Antonio Figueiredo Menezes.

O objetivo deste trabalho é apresentar construtivamente um novo modelo, para o nosso conhecimento, em otimização linear mista. Nesse modelo, consideramos explicitamente aspectos ergonômicos, através da aplicação de legislação trabalhista e previdenciária brasileiras e de uma ferramenta para análise de postura no trabalho.

Abstract

Summary of Dissertation submitted to MEPROS/Goiás PUC as part of the requirements for the degree of Master in Production Engineering and Systems (M.Sc).

OPTIMIZATION IN A MODEL WHICH CONSIDERS AN ERGONOMICS

Robson Iwamoto Ribeiro da Costa

August/2012

Leader: Marco Antonio Figueiredo Menezes.

The objective of this work is to present a constructive new model, to our knowledge, in mixed linear optimization. In this model, explicitly consider the ergonomic aspects, through the application of labor legislation and social security in Brazil and a tool for analyzing working postures.

UM MODELO EM OTIMIZAÇÃO QUE CONSIDERA A ERGONOMIA

Sumário

Ficha Catalográfica	iii
Dedicatória	iv
Resumo.....	v
Abstract	vi
Lista de figuras	ix
Lista de tabelas.....	x
INTRODUÇÃO	1
1. CAPÍTULO 1 - ERGONOMIA	3
1.1. Origens e definição de ergonomia	3
1.2. A ergonomia na segurança do trabalho	10
1.2.1. Fatores humanos no trabalho	10
1.2.2. Biomecânica ocupacional.....	12
1.2.2.1. Postura no trabalho.....	14
1.2.2.1.1. OWAS	16
1.2.2.2. Carga manual.....	18
1.2.2.2.1. Equação de NIOSH para levantamento de cargas.....	19
1.2.3. Segurança do trabalho	22
1.3. Segurança e medicina do trabalho.....	24
1.3.1. Condições de segurança.....	26
1.3.1.1. Equipamento de proteção individual.....	26
1.3.1.2. Órgãos de segurança e medicina do trabalho nas empresas.....	26
1.3.1.3. Ergonomia	27
1.3.2. NR 17 - Ergonomia.....	28
1.3.3. Sobre a NR 28	36
1.4. Acidente do trabalho.....	37
1.4.1. Prestações relativas a acidente do trabalho	38
1.4.1.1. Auxílio-doença acidentário	39
1.4.1.2. Aposentadoria por invalidez acidentária	40

1.4.1.3.	Pensão por morte acidentária.....	40
1.4.1.4.	Auxílio-acidente.....	41
1.4.1.5.	Pecúlio	41
1.4.1.6.	Abono anual acidentário	42
1.4.2.	Contribuição para o custeio das prestações de acidente do trabalho pagas pela empresa	42
1.4.2.1.	Fator Acidentário de Prevenção (FAP)	45
1.4.2.2.	Seguro Acidente do Trabalho (SAT)	49
2.	CAPÍTULO 2 – O PROBLEMA DE PROGRAMAÇÃO LINEAR MISTA	51
2.1.	O processo de modelagem.....	51
2.2.	O problema de Programação Linear	52
2.3.	O problema de programação linear inteira.....	54
2.4.	O problema de programação linear mista	56
2.5.	Software PROLIN	58
3.	CAPÍTULO 3 – PROBLEMAS E FORMULAÇÃO	59
3.1.	Preliminares	59
3.1.1.	Postura no trabalho e carga manual	59
3.1.2.	Acidente de trabalho.....	61
3.2.	Problemas.....	62
3.2.1.	Exemplo 1.....	63
3.2.2.	Exemplo 2.....	67
3.2.3.	Exemplo 3.....	72
3.3.	O modelo.....	78
	CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	79
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	80

Lista de figuras

Capítulo 1

Capítulo 2

Figura 2.1 – Tela principal do PROLIN 58

Capítulo 3

Figura 3.1 – Diagrama referente ao exemplo 1..... 62

Figura 3.2 – Diagrama referente ao exemplo 2..... 67

Figura 3.3 – Diagrama referente ao exemplo 3..... 71

Lista de tabelas

Capítulo 1

Tabela 1.1 – Tabela de classificação das posturas de acordo com a duração das posturas	18
Tabela 1.2 – Tabela de classificação das posturas pela combinação das variáveis.....	18
Tabela 1.3 – Tabela de valores de F para a equação de NIOSH	21
Tabela 1.4 – Tabela da qualidade da pega C para a equação de NIOSH	22
Tabela 1.5 – Tabela de gradação das multas em UFIR	36
Tabela 1.6 – Tabela do valor máximo da multa	37

Capítulo 2

Capítulo 3

Tabela 3.1 – Aplicação de índice à classificação OWAS.....	63
Tabela 3.2 – Resultados para o exemplo 1 sem SAT	65
Tabela 3.3 – Resultados para o exemplo 1 com SAT.....	67
Tabela 3.4 – Resultados para o exemplo 2 sem SAT	69
Tabela 3.5 – Resultados para o exemplo 2 com SAT.....	71
Tabela 3.6 – Resultados para o exemplo 3 sem SAT	74
Tabela 3.7 – Resultados para o exemplo 3 com SAT.....	77

INTRODUÇÃO

Com a evolução das civilizações, a preocupação em adaptar as tarefas às necessidades humanas sempre esteve presente. Nas últimas décadas, com o desenvolvimento econômico mundial, a produção industrial cresceu de forma vertiginosa, e com ela a competitividade entre as empresas, o que resultou em uma maior dedicação do trabalhador. Toda essa busca por produtividade aliado a más condições de trabalho resultaram em um grande volume de doenças ocupacionais e acidentes de trabalho.

Na busca para minimizar esses problemas, o Direito do Trabalho brasileiro (Martins (2010)) juntamente com o Direito da Seguridade Social brasileiro (Martins (2011)) vieram determinar regras que protegessem o trabalhador, ou o amparassem quando não tivessem mais condições para realizar suas atividades laborais. Uma dessas normas foi a Norma Regulamentadora 17 (veja Manuais de Legislação Atlas (2011)), que trata sobre ergonomia, onde especifica como devem ser as condições de trabalho, os ambientes, mobiliários, e ainda sugere pausas e revezamentos a fim de minimizar a fadiga dos trabalhadores. Uma das mais recentes leis criada pela seguridade social foi o fator acidentário de prevenção (FAP) e o nexo técnico epidemiológico (NTEP) (Manual NTEP e FAP (2011)), que vem com o objetivo de vincular as doenças que os trabalhadores apresentam com suas atividades laborais, e com isso repassar a responsabilidade deste custeio para as empresas.

Por outro lado, desde a década de 50 as empresas utilizam a otimização para melhorar seus sistemas produtivos. Todavia, não temos conhecimento de um modelo matemático para otimização de algum processo que considera explicitamente a ergonomia física e de correção conjuntamente com o seguro acidente do trabalho (SAT).

O objetivo deste trabalho é apresentar construtivamente um novo modelo, para o nosso conhecimento, em otimização linear mista. Nesse modelo, consideramos explicitamente aspectos ergonômicos, através da aplicação de legislação trabalhista e previdenciária brasileiras e de uma ferramenta para análise de postura no trabalho.

Para o nosso propósito, no capítulo 1, trataremos sobre alguns tópicos da disciplina ergonomia, direito do trabalho e direito da seguridade social e, no capítulo 2 sobre programação linear mista. Disciplinas que utilizaremos para a construção do modelo matemático, capítulo 3, onde abordaremos alguns problemas com a intenção de construir o modelo. Aqui, utilizaremos o software Prolin para a resolução destes problemas (veja Matos e Matos (2012)) e, apresentaremos o resultado que é o modelo proposto. E, finalmente, faremos nossas considerações finais.

1. CAPÍTULO 1 - ERGONOMIA

Neste capítulo estudaremos sobre a ergonomia, que consistirá em mostrar o que motivou o estudo desta ciência, as etapas de sua evolução, a viabilidade econômica de sua utilização e a sua definição; a ergonomia na segurança do trabalho, que consistirá em apresentar métodos e técnicas em ergonomia física; sobre segurança e medicina do trabalho do ponto de vista do Direito do Trabalho; e sobre acidente de trabalho do ponto de vista do Direito da Seguridade Social.

As duas primeiras seções deste capítulo estão fortemente baseadas em Iida (2005), a terceira seção está fortemente baseada em Martins (2010) e a última seção está fortemente baseada em Martins (2011).

Iniciamos este capítulo estudando as origens e definição de ergonomia.

1.1. Origens e definição de ergonomia

Com a evolução das civilizações, a preocupação em adaptar as tarefas às necessidades humanas sempre esteve presente. A partir do século XVIII, com a revolução industrial, o problema de adaptação se tornou mais dramático, já que as primeiras fábricas eram escuras, barulhentas e perigosas. E, seus trabalhadores, vivendo em regime de semi-escravidão. No final do século XIX, surge o movimento da administração científica, conhecido como taylorismo, o qual propunha métodos de adaptar as tarefas aos homens, objetivando maximizar a produção, principalmente com a padronização das tarefas e cronometragem dos tempos de produção. Na Europa, no início do século XX, os principais estudos relacionando o homem ao trabalho foram na área de fisiologia do trabalho, gastos energéticos e a fadiga. Na Inglaterra, a partir de 1929, o Instituto de Pesquisas sobre Saúde do Trabalho ampliou seu campo de pesquisas, partindo para a análise de posturas no trabalho, carga manual, seleção, treinamento, iluminação, ventilação e outras. Com a eclosão da II Guerra Mundial

(1939-1945), os conhecimentos científicos e tecnológicos disponíveis foram utilizados ao máximo, para construir instrumentos bélicos relativamente complexos como submarinos, tanques, radares, sistemas contra incêndios e aviões. Todos estes novos equipamentos fizeram dobrar o esforço de pesquisa para adaptar esses instrumentos bélicos às características e capacidades do operador, melhorando o desempenho e reduzindo a fadiga e os acidentes.

A ergonomia nasceu em 12 de junho de 1949. Nesse dia, reuniu-se, pela primeira vez, na Inglaterra, um grupo de cientistas e pesquisadores interessados em discutir e formalizar a existência desse novo ramo de aplicação interdisciplinar da ciência. Na segunda reunião desse mesmo grupo, ocorrida em 16 de fevereiro de 1950, foi proposto o neologismo ergonomia, formado pelos termos gregos “ergon” que significa trabalho e “nomos” que significa regras, leis naturais. Entretanto, esse termo já tinha sido anteriormente usado pelo polonês Wojciech Jastrzebowski, que publicou o artigo “Ensaio de ergonomia ou ciência do trabalho, baseada nas leis objetivas da ciência sobre a natureza”. O termo ergonomia foi adotado nos principais países europeus, substituindo antigas denominações como fisiologia do trabalho e psicologia do trabalho. Nos Estados Unidos adotou-se a denominação fatores humanos (human factors), mas ergonomia já é aceita como seu sinônimo, naquele país.

A primeira associação científica de ergonomia foi a Ergonomics Research Society, fundada na Inglaterra, no início da década de 1950. Nos Estados Unidos foi criada em 1957, a Human Factors Society. A partir disso, durante as décadas de 1950 e 1960, a ergonomia difundiu-se rapidamente em diversos países. Dezenas de outras associações foram criadas. No Brasil, a Associação Brasileira de Ergonomia (ABERGO), foi fundada em 1983. Antes disso, tinha-se realizado, no Rio de Janeiro, o I Seminário Brasileiro de Ergonomia, em 1974, quando diversos pesquisadores

brasileiros apresentaram os seus trabalhos. Em 1961 fundou-se a International Ergonomics Association (Associação Internacional de Ergonomia), que agrega, hoje, as associações de ergonomia de diversos países.

A primeira publicação periódica sobre ergonomia foi a *Ergonomics*, editada na Inglaterra, desde 1957. A partir de 1958 publicou-se a *Human Factors*, nos EUA. Então seguiram-se muitas outras publicações em diversos países. No Brasil, a partir de 2001 publicou-se o periódico científico e tecnológico *Ação Ergonômica*, da ABERGO. Além disso, artigos em ergonomia são frequentemente encontrados em publicações de áreas como engenharias, arquitetura, desenho industrial, psicologia e outras.

Neste ponto, esclareceremos três termos da mesma forma que em Iida (2005), a saber: sistema é um conjunto de elementos (ou subsistemas) que se interagem entre si, com um objetivo comum e que evoluem no tempo; trabalho abrange toda a situação em que ocorre o relacionamento entre o homem e uma atividade produtiva; máquina abrange qualquer tipo de artefato usado pelo homem para realizar um trabalho ou melhorar o seu desempenho.

A ergonomia estuda os diversos fatores que influem no desempenho do sistema produtivo e procura reduzir as suas consequências nocivas sobre o trabalhador. Assim, o objetivo básico da ergonomia é procurar reduzir a fadiga, estresse, erros e acidentes, proporcionando saúde, segurança e satisfação aos trabalhadores, durante o seu relacionamento com esse sistema produtivo.

Posto de trabalho é a configuração física do sistema homem-máquina-ambiente. É uma unidade produtiva envolvendo um homem e o equipamento que ele utiliza para realizar o trabalho, bem como o ambiente que o circunda. Há basicamente dois tipos de enfoques para analisar o posto de trabalho: o taylorista e o ergonômico. O enfoque taylorista do posto de trabalho baseia-se no estudo dos movimentos corporais

necessários para executar um trabalho e na medida do tempo gasto em cada um desses movimentos. O enfoque ergonômico tende a desenvolver postos de trabalho que reduzam as exigências biomecânicas e cognitivas, procurando colocar o operador em uma boa postura de trabalho.

Os praticantes da ergonomia são chamados de ergonomistas e realizam o planejamento, projeto e avaliação de tarefas, postos de trabalho, produtos, ambientes e sistemas, tornando-os compatíveis com as necessidades, habilidades e limitações das pessoas. Frequentemente os ergonomistas trabalham em domínios especializados, abordando certas características específicas do sistema, tais como:

- ✓ Ergonomia Física – Ocupa-se das características da anatomia humana, antropometria, fisiologia e biomecânica, relacionados com a atividade física. Os tópicos relevantes incluem a postura no trabalho, manuseio de materiais, movimentos repetitivos, distúrbios músculo-esqueléticos relacionados ao trabalho, projeto de postos de trabalho, segurança e saúde do trabalhador.
- ✓ Ergonomia Cognitiva – Ocupa-se dos processos mentais, como a percepção, memória, raciocínio e resposta motora, relacionados com as interações entre as pessoas e outros elementos de um sistema. Os tópicos relevantes incluem a carga mental, tomada de decisões, interação homem-computador, estresse e treinamento.
- ✓ Ergonomia Organizacional – Ocupa-se da otimização dos sistemas sócio-técnicos, abrangendo as estruturas organizacionais, políticas e processos. Os tópicos relevantes incluem comunicações, projeto de trabalho, programação do trabalho em grupo, projeto participativo, trabalho cooperativo, cultura organizacional, organizações em rede, teletrabalho e gestão da qualidade.

A contribuição da ergonomia, de acordo com a ocasião em que é feita, classifica-se em:

- ✓ Conceção – A ergonomia de concepção ocorre quando a contribuição ergonômica se faz durante o projeto do produto, da máquina, ambiente ou sistema. Modernamente, essas situações podem ser simuladas no computador, com uso de modelos virtuais.
- ✓ Correção – A ergonomia de correção é aplicada em situações reais, já existentes, para resolver problemas que se refletem na segurança, fadiga excessiva, doenças do trabalhador ou quantidade e qualidade de produção.
- ✓ Conscientização – A ergonomia de conscientização procura capacitar os próprios trabalhadores para a identificação e correção dos problemas do dia-a-dia ou aqueles emergenciais.
- ✓ Participação – A ergonomia de participação procura envolver o próprio usuário do sistema na solução de problemas ergonômicos. Este pode ser o trabalhador, no caso de um posto de trabalho, ou consumidor, no caso de produtos de consumo.

A análise ergonômica do trabalho (AET) visa aplicar os conhecimentos da ergonomia para analisar, diagnosticar e corrigir uma situação real de trabalho. Ela foi desenvolvida por pesquisadores franceses e se constitui em um exemplo de ergonomia de correção. O método AET desdobra-se em cinco etapas: análise da demanda, análise da tarefa, análise da atividade, diagnóstico e recomendações.

Demanda é a descrição de um problema ou uma situação problemática, que justifique a necessidade de uma ação ergonômica. A análise da demanda procura entender a natureza e a dimensão dos problemas apresentados. Tarefa é um conjunto de

objetivos prescritos, que os trabalhadores devem cumprir, e corresponde a um planejamento do trabalho. A AET analisa as discrepâncias entre aquilo que é prescrito e o que é executado, realmente. Isso pode acontecer porque as condições efetivas de trabalho são diferentes daquelas previstas e também porque nem todos os trabalhadores seguem rigidamente o método prescrito. Desta forma, conclui-se que a AET não pode basear-se simplesmente nas tarefas, devendo observar como as mesmas distanciam-se da realidade. Atividade refere-se ao comportamento do trabalhador, na realização de uma tarefa. Ou seja, a maneira como o trabalhador procede para alcançar os objetivos que lhe foram atribuídos. A atividade é influenciada por fatores internos e externos. Os fatores internos localizam-se no próprio trabalhador, como formação, experiência, idade, sexo, além de sua disposição momentânea, como motivação, sono e fadiga. Os fatores externos referem-se às condições em que a atividade é executada, como o conteúdo do trabalho (objetivos, regras e normas), a organização do trabalho (constituição de equipes, horários, turnos) e meios técnicos (máquinas, equipamentos, iluminação e ambiente térmico). O diagnóstico procura descobrir as causas que provocam o problema descrito na demanda. Refere-se aos diversos fatores, relacionados ao trabalho e à empresa, que influem na atividade de trabalho. As recomendações referem-se às providências que deverão ser tomadas para resolver o problema diagnosticado. Essas recomendações devem ser claramente especificadas, descrevendo-se todas as etapas necessárias para resolver o problema. Devem indicar também as responsabilidades, ou seja, a pessoa ou setor que ficará encarregado da implementação, com indicação do respectivo prazo, estes devendo ser definidos em conjunto com a administração da empresa.

A ergonomia, assim como qualquer outra atividade relacionada com o setor produtivo, só será aceita se for capaz de comprovar que é economicamente viável, ou

seja, se apresentar uma relação custo/benefício favorável. A análise do custo/benefício indica de um lado, o investimento necessário para implementar um projeto ou uma recomendação ergonômica, representado pelos custos de elaboração do projeto, aquisição de máquinas, materiais e equipamentos, treinamento de pessoal e queda de produtividade durante o período de implantação. Do outro lado, são computados os benefícios, ou seja, quanto vai se ganhar com os resultados do projeto. Aí podem ser computados itens como economias de material, mão-de-obra e energia, redução de acidentes, absenteísmos (índice de ausência dos trabalhadores) e aumento da qualidade e produtividade. Em princípio, o projeto só será considerado economicamente viável se a razão custo/benefício, expresso em termos monetários, for menor do que 1,0, ou seja, os benefícios forem superiores aos respectivos custos. Há duas questões associadas à análise do custo/benefício e que nem sempre são quantificáveis: o risco do investimento e os fatores intangíveis (aqueles não quantificáveis em termos monetários, por exemplo, o que ocorre com o aumento do moral, motivação, conforto e melhoria das comunicações entre os membros da equipe).

As aplicações de ergonomia restringiram-se, inicialmente, à indústria e aos setores militar e aeroespacial. Recentemente, expandiram-se para a agricultura, ao setor de serviços e à vida diária do cidadão comum. Isto exigiu novos conhecimentos, como as características de trabalho de mulheres, pessoas idosas e aqueles portadores de deficiências físicas.

Existem diversas definições de ergonomia. Todas procuram ressaltar o caráter interdisciplinar e o objeto de seu estudo, que é a interação entre o homem e o trabalho, no sistema homem-máquina-ambiente. No âmbito internacional, a International Ergonomics Association apurou uma definição, em 2000, conceituando a ergonomia e suas especializações: “Ergonomia (ou Fatores Humanos) é a disciplina científica, que

estuda as interações entre os seres humanos e outros elementos do sistema, e a profissão que aplica teorias, princípios, dados e métodos, a projetos que visem otimizar o bem estar humano e o desempenho global de sistemas”. Do ponto de vista do Direito do Trabalho, ergonomia é a ciência que estuda as relações do homem com seu trabalho sob o aspecto psicofisiológico.

Definida a ergonomia, daqui por diante nos ocuparemos da ergonomia física cuja contribuição se dá pela correção. Na próxima seção estudaremos sobre a ergonomia na segurança do trabalho.

1.2. A ergonomia na segurança do trabalho

Nesta seção reescreveremos um pouco do que já existe na literatura sobre a ergonomia, com intenção para a segurança do trabalho. Nesse ponto de vista, abordaremos sobre fatores humanos no trabalho, biomecânica ocupacional e segurança do trabalho.

1.2.1. Fatores humanos no trabalho

Aqui, estudaremos alguns fatores humanos referentes quando da realização do trabalho: fadiga, monotonia, motivação, erro e violação.

Fadiga é o efeito de um trabalho continuado, que provoca uma redução reversível da capacidade do organismo e uma degradação qualitativa desse trabalho. A fadiga é causada por um conjunto complexo de fatores, cujos efeitos são cumulativos. Em primeiro lugar, estão os fatores fisiológicos, relacionados com a intensidade e duração do trabalho físico e mental. Depois, há uma série de fatores psicológicos, como a monotonia, a falta de motivação e, por fim, os fatores ambientais e sociais, como a iluminação, ruídos, temperaturas e o relacionamento social com a chefia e os colegas de trabalho. A fadiga é um dos principais fatores que concorrem para reduzir a

produtividade. Em trabalhos industriais, observou-se que as jornadas muito longas provocam reduções de desempenho. Na maioria dos casos, considera-se que a jornada de 8 horas a 8,5 horas é a máxima para se manter uma boa produtividade. Mesmo que a quantidade se mantenha nessas horas adicionais, a qualidade da produção tende a cair. O custo dos refugos e retrabalhos talvez não justifique essa produção adicional. As diferenças individuais na questão da fadiga são significativas. Algumas pessoas se fatigam mais facilmente que outras. Outras, ainda, apresentam maior resistência em determinados tipos de trabalho. Existem também pessoas que se tornam mais suscetíveis à fadiga em certos dias ou em determinadas fases da vida. Quando as causas da fadiga puderem ser identificadas, devem ser analisadas e resolvidas. Monotonia e motivação são processos que se sobrepõe à fadiga, podendo agravá-la ou aliviá-la. Eles são causados pelos estímulos ambientais, que podem ser monótonos ou motivadores.

Erro humano é um ato involuntário que se desvia daquele normal ou pretendido. Resulta das interações homem-trabalho ou homem-ambiente que não atendam a determinados padrões esperados. Há diversas classificações de erros humanos, mas aquela mais usual é pelo nível de atuação do organismo, a saber:

- (a) erros de percepção: são erros devidos aos órgãos sensoriais, como falha em perceber um sinal, identificação incorreta de uma informação e outras;
- (b) erros de decisão: são aqueles que ocorrem durante o processamento das informações pelo sistema nervoso central, como erros de lógica, avaliações incorretas, escolha de alternativas erradas e outras; e
- (c) erros de ação: são erros que dependem de ações musculares, como movimentos incorretos, posicionamentos errados, trocas de controles, força insuficiente ou demora na ação.

Existem muitas condições que podem agravar os erros humanos. Entre estas podem citar-se a falta de treinamento, instruções erradas, fadiga, monotonia, estresse, posto de trabalho deficiente, má iluminação, organização inadequada do trabalho e outras. Já a violação é um ato deliberado que se desvia da ação segura. Apesar dessa violação ser um ato intencional, nem sempre leva a consequências danosas. Um tipo especial de violação são as sabotagens, quando uma violação é praticada deliberadamente para produzir dano. Já sobre os acidentes, geralmente resultam de interações inadequadas entre o homem, a tarefa e o seu ambiente. Em cada caso, pode haver predomínio de um desses fatores. Recomenda-se que as descrições de erros humanos ou acidentes não sejam apresentados simplesmente como fatos, mas complementadas com a descrição das circunstâncias que causaram os desvios, em comparação com aquilo que seria normalmente esperado.

A ingestão de refeições “pesadas” provoca um amortecimento da vigília devido à sobrecarga dos órgãos digestivos. Logo após essas refeições, o organismo apresenta baixos índices fisiológicos e, portanto, fica menos apto ao trabalho. Na maioria dos casos, uma pausa para almoço de 45 minutos a 60 minutos é suficiente para esse período de digestão. Se essa pausa não for respeitada, há uma tendência de aumento de erros e acidentes. Por outro lado, em trabalhos que exigem atividade física pesada, ou em ambientes desfavoráveis como altas temperaturas ou excesso de ruídos, devem ser proporcionadas pausas durante a jornada de trabalho.

1.2.2. Biomecânica ocupacional

Aqui, estudaremos basicamente a postura no trabalho e carga manual.

A biomecânica ocupacional é uma parte da biomecânica geral, que se ocupa dos movimentos corporais e forças relacionadas ao trabalho. Assim, preocupa-se com as interações físicas do trabalhador, com seu posto de trabalho, máquinas, ferramentas e

materiais, visando reduzir os riscos de distúrbios músculo-esqueléticos. Analisa basicamente a questão das posturas corporais no trabalho, a aplicação de forças, bem como as suas consequências. Muitos produtos e postos de trabalhos inadequados provocam estresses musculares, dores e fadiga que, às vezes, podem ser resolvidos com providências simples, como o aumento ou redução da altura da mesa ou da cadeira, melhoria do *layout* ou concessão de pausas no trabalho.

A irrigação sanguínea dos músculos é feita pelos vasos capilares. Através desses vasos capilares, o sangue transporta oxigênio até os músculos e retira os subprodutos do metabolismo. A pressão sanguínea chega a 120 mm de Hg (milímetro de mercúrio) próximo do coração, mas vai diminuindo, à medida que se distancia do mesmo e chega ao interior dos músculos com cerca de 30 mm de Hg, sendo maior nas partes interiores do corpo e menor nas mãos, quando os braços se esticam para cima. Quando um músculo está contraído, há um aumento da pressão interna, o que provoca um estrangulamento dos capilares. Isso acontece com certa facilidade, porque as paredes dos vasos capilares são muito finas e a pressão sanguínea nos músculos é baixa. Enquanto a contração muscular estiver entre 15% a 20% da força máxima do músculo, a circulação continua a ocorrer normalmente. Quando essa contração chegar a 60%, o sangue deixa de circular no interior dos músculos. Um músculo sem irrigação sanguínea fatiga-se rapidamente, não sendo possível mantê-lo contraído por mais de 1 ou 2 minutos. A dor que se segue provoca uma interrupção obrigatória do trabalho. Para um trabalho físico pesado, é aconselhável fazer um pré-aquecimento de 2 a 3 minutos, ou iniciar a atividade com menor intensidade, dando uma oportunidade para o organismo ir adaptando-se, de modo que não haja um grande desbalanceamento entre a oferta e a demanda de oxigênio.

Trabalho estático é aquele que exige contração contínua de alguns músculos, para manter uma determinada posição. Esse tipo de contração, que não produz movimentos dos segmentos corpóreos, é chamada de contração isométrica. Isso ocorre, por exemplo, com os músculos dorsais e das pernas para manter a posição de pé, músculos dos ombros e do pescoço para manter a cabeça inclinada para frente, músculos da mão esquerda segurando a peça para se martelar com a outra mão e assim por diante. Um trabalho estático com aplicação de 50% da força máxima pode durar no máximo 1 minuto. O trabalho dinâmico ocorre quando há contrações e relaxamentos alternados dos músculos, como nas tarefas de martelar, serrar, girar um volante ou caminhar. Esse movimento ativa a circulação nos vasos capilares, aumentando o volume do sangue circulado em até 20 vezes, em relação à situação de repouso. O músculo passa a receber mais oxigênio, aumentando a sua resistência à fadiga. Conclui-se que o trabalho estático, sendo altamente fatigante, deve ser evitado sempre que possível.

1.2.2.1. Postura no trabalho

Postura é o estudo do posicionamento relativo de partes do corpo, como cabeça (6% a 8% do peso total do corpo), tronco (40% a 46% do peso total do corpo), membros superiores (11% a 14% do peso total do corpo), e membros inferiores (33% a 40% do peso total do corpo), no espaço. Trabalhando ou repousando, o corpo assume três posições básicas:

- (a) posição deitada: não há concentração de tensão em nenhuma parte do corpo. O sangue flui livremente para todas as partes do corpo, contribuindo para eliminar os resíduos do metabolismo e as toxinas dos músculos, provocadores da fadiga. O consumo energético assume o valor mínimo, aproximando-se do metabolismo basal. É, portanto, a postura mais recomendada para repouso e recuperação da fadiga. Contudo não se recomenda essa postura para o trabalho porque os

movimentos tornam-se difíceis e fica muito cansativo elevar a cabeça, braços e mãos;

- (b) posição de pé: apresenta vantagem de proporcionar grande mobilidade corporal. A posição parada, em pé, é altamente fatigante porque exige muito trabalho estático da musculatura envolvida para manter essa posição; e
- (c) posição sentada: exige atividade muscular do dorso e do ventre para manter essa posição. Praticamente todo o peso do corpo é suportado pela pele que cobre o osso ísquio, nas nádegas. O consumo de energia é de 3% a 10% maior em relação à posição deitada. A postura ligeiramente inclinada para frente é mais natural e menos fatigante do que aquela ereta. O assento deve permitir mudanças frequentes de posturas, para retardar o aparecimento de fadiga.

A boa postura é importante para a realização do trabalho sem desconforto e estresse. Todavia, existem três situações principais em que a má postura pode produzir consequências danosas ao trabalhador: trabalhos estáticos que envolvem uma postura parada por longos períodos; trabalhos que exigem muita força; e trabalhos que exigem posturas desfavoráveis, como o tronco inclinado e torcido.

Traumas musculares são provocados pela incompatibilidade entre as exigências do trabalho e as capacidades físicas do trabalhador. Ocorrem basicamente devido a duas causas: impacto e esforço excessivo. O trauma por impacto ocorre quando a pessoa é atingida por uma força súbita, durante um curto espaço de tempo, em uma região específica do corpo. O trauma por esforço excessivo ocorre durante a atividade física no trabalho, principalmente quando há cargas excessivas sem a concessão das devidas pausas. Lesões por traumas repetitivos são conhecidos pelas seguintes siglas: LTC (lesões por traumas cumulativos), LER (lesões por esforços repetitivos) e a mais abrangente DORT (distúrbios osteomusculares relacionados ao trabalho). A dor é

causada pela acumulação dos subprodutos do metabolismo no interior dos músculos. Isso decorre das contrações musculares acima da capacidade circulatória em remover os subprodutos do metabolismo. Ocorre, sobretudo, nos trabalhos estáticos, porque eles prejudicam a circulação sanguínea nos vasos capilares. As dores são causadas principalmente pelo manuseio de cargas pesadas ou quando se exige posturas inadequadas, como a torção da coluna. A localização das dores no corpo, provocados por algumas posturas inadequadas são: postura inadequada de pé tem riscos de dores nos pés e pernas (varizes); postura inadequada de rotações do corpo tem risco de dores na coluna vertebral; postura inadequada devido às superfícies de trabalho muito baixas ou muito altas tem risco de dores na coluna vertebral e cintura escapular. Conclui-se que os maiores problemas no trabalho geralmente são decorrentes dos traumas por esforços excessivos. Eles são responsáveis pela maior parte de afastamentos de trabalhadores, em consequência das doenças e lesões no sistema músculo-esquelético.

Uma simples observação visual não é suficiente para se analisar posturas detalhadamente, sendo necessário empregar técnicas especiais de registro e análise dessas posturas.

1.2.2.1.1. OWAS

Um sistema prático de registro, chamado OWAS (Ovako Working Posture Analysing System – Sistema de Análise da Postura no Trabalho) foi desenvolvido por três pesquisadores finlandeses (Karku, Kansu e Kuorinka), em 1977, que trabalhavam em uma empresa siderúrgica. Eles começaram com análises fotográficas das principais posturas encontradas tipicamente na indústria pesada. Encontraram 72 posturas típicas que resultaram de diferentes combinações das posições do dorso (4 posições típicas), braços (3 posições típicas) e pernas (7 posições típicas). A seguir, foram feitas mais de 36.340 observações em 52 tarefas típicas da indústria, para se testar o método.

Diferentes analistas treinados, observando o mesmo trabalho, fizeram registros com 93% de concordância, em média. O mesmo trabalhador, quando observado de manhã e à tarde, conservava 86% das posturas registradas e, diferentes trabalhadores, executando a mesma tarefa, usavam, em média, 69% de posturas semelhantes. Portanto, concluiu-se que o método de registro apresentava uma consistência razoável. A seguir, foi feita uma avaliação das diversas posturas quanto ao desconforto. Para isso, foi usado um manequim que podia ser colocado nas diversas posturas estudadas. Um grupo de 32 trabalhadores experientes fazia avaliações quanto ao desconforto de cada postura. Em cada sessão, faziam duas avaliações, usando uma escala de quatro pontos, com os seguintes extremos: “postura normal sem desconforto e sem efeito danoso à saúde”, e “postura extremamente ruim, provoca desconforto em pouco tempo e pode causar doenças”. Com base nessas avaliações, as posturas foram classificadas em uma das seguintes categorias:

Classe 1 – postura normal, que dispensa cuidados, a não ser em casos excepcionais.

Classe 2 – postura que deve ser verificada durante a próxima revisão rotineira dos métodos de trabalho.

Classe 3 – postura que deve merecer atenção em curto prazo.

Classe 4 – postura que deve merecer atenção imediata.

O sistema OWAS aplica pontuação para a carga, isto é: 1 para carga ou força até 10 kg; 2 para carga ou força entre 10 kg e 20 kg; e 3 para carga ou força acima de 20 kg.

Essas classes dependem do tempo de duração das posturas, em percentagens da jornada de trabalho, conforme se vê na tabela 1.1, ou da combinação das quatro variáveis (dorso, braços, pernas e carga), conforme se vê na tabela 1.2. Por exemplo, em uma atividade de embalagem, de uma empresa alimentícia, um trabalhador está parado com

as duas pernas retas, dorso reto e torcido, com os dois braços para baixo, carga leve (até 10 kg) executando a montagem da caixa e colocando os produtos na caixa, finalmente, colocando a caixa embalada na esteira. Na tabela 1.1, para uma duração máxima de 80% da jornada de trabalho, para dorso = 3, obtemos classe 3, para braços = 1, obtemos classe 1, e para pernas = 1, obtemos classe 1. Com esses parâmetros, isto é, dorso = 3, braços = 1, pernas = 1 e, acrescido de carga até 10 kg, obtemos de acordo com a tabela 1.2, classe 1. Isto é, postura normal, que dispensa cuidados, a não ser em casos excepcionais (por exemplo, quando o trabalhador informa algum problema).

		DURAÇÃO MÁXIMA (% da jornada de trabalho)									
		10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
DORSO	1. Dorso reto	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
	2. Dorso inclinado	1	1	1	2	2	2	2	2	3	3
	3. Dorso reto e torcido	1	1	2	2	2	3	3	3	3	3
	4. Inclinado e torcido	1	2	2	3	3	3	3	4	4	4
BRAÇOS	1. Dois braços para baixo	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
	2. Um braço para cima	1	1	1	2	2	2	2	2	3	3
	3. Dois braços para cima	1	1	2	2	2	2	2	3	3	3
PERNAS	1. Duas pernas retas	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2
	2. Uma perna reta	1	1	1	1	1	1	1	1	2	2
	3. Duas pernas flexionadas	1	1	1	2	2	2	2	2	3	3
	4. Uma perna flexionada	1	2	2	3	3	3	3	4	4	4
	5. Uma perna ajoelhada	1	2	2	3	3	3	3	4	4	4
	6. Deslocamento com as pernas	1	1	2	2	2	3	3	3	3	3
	7. Duas pernas suspensas	1	1	1	1	1	1	1	1	2	2

Tabela 1.1 – Tabela de classificação das posturas de acordo com a duração das posturas

DORSO	BRAÇOS	1			2			3			4			5			6			7			PERNAS CARGAS
		1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	
1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	2	2	2	2	2	1	1	1	1	1	1	
	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	2	2	2	2	2	1	1	1	1	1	1	
	3	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	2	3	2	2	3	1	1	1	1	1	1	2
2	1	2	2	3	2	2	3	2	2	3	3	3	3	3	3	2	2	2	2	2	3	3	
	2	2	2	3	2	2	3	2	3	3	3	4	4	3	4	4	3	3	4	2	3	4	
	3	3	3	4	2	2	3	3	3	3	3	4	4	4	4	4	4	4	4	2	3	4	
3	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	3	3	3	4	4	4	1	1	1	1	1	1	
	2	2	2	3	1	1	1	1	1	2	4	4	4	4	4	4	3	3	3	1	1	1	
	3	2	2	3	1	1	1	2	3	3	4	4	4	4	4	4	4	4	4	1	1	1	
4	1	2	3	3	2	2	3	2	2	3	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	2	3	4
	2	3	3	4	2	3	4	3	3	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	2	3	4	
	3	4	4	4	2	3	4	3	3	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	2	3	4	

Tabela 1.2 – Tabela de classificação das posturas pela combinação das variáveis

1.2.2.2. Carga manual

Os músculos no corpo humano ocorrem em pares antagônicos ligados à mesma articulação, de modo que, para o mesmo movimento, há simultaneamente um músculo (protagonista) contraindo-se e outro (antagonista) relaxando-se. Essas contrações formam o movimento. A força desses movimentos depende da quantidade de fibras

musculares contraídas. O corpo humano pode realizar diversos tipos de movimentos, entre eles:

- ✓ Precisão: os movimentos de maior precisão são realizados com as pontas dos dedos.
- ✓ Ritmo: os movimentos devem ser suaves, curvos e rítmicos.
- ✓ Movimentos retos: o corpo, sendo constituído de alavancas que se movem em torno de articulações, tem uma tendência natural para executar movimentos curvos. Portanto, os movimentos retos são mais difíceis e imprecisos.
- ✓ Terminações: os movimentos que exigem posicionamentos precisos, com acompanhamento visual, são difíceis e demorados.

O manuseio de cargas é responsável por grande parte dos traumas musculares entre os trabalhadores, principalmente no transporte e levantamento de cargas. Aproximadamente 60% dos problemas musculares são causados por levantamento de cargas e 20%, puxando ou empurrando-as. Durante o transporte de cargas, o contato entre a carga e o corpo pode provocar estresse postural. Por isso, é necessário conhecer a capacidade humana máxima para levantar e transportar cargas, para que as tarefas e as máquinas sejam corretamente dimensionadas dentro desses limites.

Ao levantar um peso com as mãos, o esforço é transferido para a coluna vertebral, descendo pela bacia e pernas, até chegar ao piso. A coluna vertebral é composta de vários discos superpostos, sendo capaz de suportar uma grande força no sentido axial (vertical), mas é extremamente frágil para as forças que atuam perpendicularmente ao seu eixo (cisalhamento). Portanto, na medida do possível, a força sobre a coluna vertebral deve ser aplicada no sentido vertical.

1.2.2.2.1. Equação de NIOSH para levantamento de cargas

A equação de NIOSH (National Institute for Occupational Safety and Health) foi desenvolvida para calcular o peso limite recomendável em tarefas repetitivas de levantamento de cargas. Ela refere-se apenas à tarefa de apanhar uma carga e deslocá-la para depositá-la em outro nível, usando as duas mãos. Foi desenvolvida por uma comissão de cientistas que se baseou em critérios biomecânicos, fisiológicos e psicofísicos. A equação estabelece um valor de referência de 23 kg que corresponde à capacidade de levantamento no plano sagital, de uma altura de 75 cm do solo, para um deslocamento vertical de 25 cm, segurando-se a carga a 25 cm do corpo. Essa será a carga aceitável para 99% dos homens e 75% das mulheres, sem provocar nenhum dano físico, em trabalhos repetitivos. Esse valor de referência é multiplicado por 6 fatores de redução (valores iguais ou inferiores a 1,0), que dependem das condições de trabalho. São definidas as seguintes variáveis:

- ✓ PLR = peso limite recomendável;
- ✓ H = distância horizontal entre o indivíduo e a carga (posição das mãos), em cm;
- ✓ V = distância vertical na origem da carga (posição das mãos), em cm;
- ✓ D = deslocamento vertical, entre a origem e o destino, em cm;
- ✓ A = ângulo de assimetria, medido a partir do plano sagital, em graus;
- ✓ F = frequência média de levantamentos em levantamentos/min, conforme tabela 1.3;
- ✓ C = qualidade da pega, conforme tabela 1.4.

A equação de NIOSH é expressa pela fórmula:

$$PLR = 23 \times (25/H) \times (1-0,003/[V-75]) \times (0,82+4,5/D) \times (1-0,0032 \times A) \times F \times C.$$

Por exemplo, considerando a mesma atividade de embalagem do exemplo anterior, suponha que um trabalhador levante uma carga situada a 100 cm de altura ($V = 100$), e a 30 cm do corpo ($H = 30$), deslocando-se até 150 cm de altura ($D = 150 - 100 = 50$), rotacionando o corpo em 45° ($A = 45$). Suponhamos que esse movimento seja repetido 1 vez ao minuto durante 4 h/dia. O fator F será de 0,75, conforme tabela 1.3. A qualidade da pega é boa (caixa pequena). No caso, $C = 1$, conforme tabela 1.4. Aplicando-se esses valores na equação de NIOSH teremos:

$$PLR = 23 \times (25/30) \times (1 - 0,003/(100 - 75)) \times (0,82 + 4,5/50) \times (1 - 0,0032 \times 45) \times 0,75 \times 1$$

$$PLR = 11,187.$$

Nessas condições, isso significa que a pessoa pode levantar 11,187 kg sem sofrer danos músculo-esqueléticos.

Frequência Levantamento/min	Duração do trabalho (h/dia)					
	≤ 1 h		≤ 2 h		≤ 8 h	
	V < 75 (cm)	V ≥ 75 (cm)	V < 75 (cm)	V ≥ 75 (cm)	V < 75 (cm)	V ≥ 75 (cm)
0,2	1,00	1,00	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	0,72	0,45	0,45
5	0,80	0,80	0,60	0,60	0,35	0,35
6	0,75	0,75	0,50	0,50	0,27	0,27
7	0,70	0,70	0,42	0,42	0,22	0,22
8	0,60	0,60	0,35	0,35	0,18	0,18
9	0,52	0,52	0,30	0,30	0,00	0,15
10	0,45	0,45	0,26	0,26	0,00	0,13
11	0,41	0,41	0,00	0,23	0,00	0,00
12	0,37	0,37	0,00	0,21	0,00	0,00
13	0,00	0,34	0,00	0,00	0,00	0,00
14	0,00	0,31	0,00	0,00	0,00	0,00
15	0,00	0,28	0,00	0,00	0,00	0,00
> 15	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

Tabela 1.3 – Tabela de valores de F para a equação de NIOSH

Qualidade da pega	Coeficientes da pega	
	V < 75	V ≥ 75
Boa	1	1
Média	0,95	1
Ruim	0,9	0,9

Tabela 1.4 – Tabela da qualidade da pega C para a equação de NIOSH

1.2.3. Segurança do trabalho

A indústria moderna caracteriza-se pelo alto grau de investimento em capital e pela complexidade de suas operações. Isso significa dizer também que possuem muitos pontos vulneráveis, onde podem ocorrer acidentes, com um grande potencial de perdas e danos. Em diversos ramos industriais, diferentes métodos têm sido desenvolvidos para analisar os incidentes e acidentes, com o objetivo de identificar as suas causas e propor medidas de segurança. Um programa de segurança do trabalho deve ter existência formal, baseando-se em documentos legais, que façam parte da política geral da empresa. Esse programa deve incluir as seguintes etapas: comprometer a administração superior da empresa; criar uma unidade responsável pela implementação; e envolver todos os escalões administrativos e de trabalhadores. O acompanhamento de segurança do trabalho pode ser feito por meio de inspeções periódicas aos principais postos de trabalho, podendo usar questionários ou *check-lists* para fazer as verificações. Se houver um acidente, deve ser preparado um relatório minucioso, descrevendo o tipo de acidente, a lesão causada e as condições do local onde ocorreu o acidente, verificando, principalmente se houver algum desvio, em relação às condições normais de operação. Se for constatada a ocorrência de alguma condição insegura no posto de trabalho ou equipamento envolvido, deve-se fazer um relatório com recomendações, dirigidas aos engenheiros e designers responsáveis pelo projeto, para que o problema seja resolvido. Para acompanhamentos globais, destinados à alta administração devem ser construídos dois índices:

- (a) coeficiente de frequência (CF): expressa o número de acidentes ocorridos com perda de tempo em relação a 10^6 (um milhão) de horas trabalhadas, contabilizando-se todos os trabalhadores da empresa. Por exemplo, se forem constatadas, em um determinado mês, 10 acidentes em 200.000 horas trabalhadas, o coeficiente de frequência será:

$$CF = \frac{10}{200.000} \times 1.000.000 = 50;$$

- (b) coeficiente de gravidade (CG): representa a perda de tempo com os acidentes, em número de dias, ocorridos em um milhão de horas trabalhadas. Difere do coeficiente de frequência, que indica apenas a quantidade de acidentes. Assim, em um certo mês, se ocorre 10 acidentes, que provoquem um total de 200 dias perdidos, em um total de 200.000 horas trabalhadas, o coeficiente de gravidade será:

$$CG = \frac{200}{200.000} \times 1.000.000 = 1000.$$

Esses coeficientes servem como indicadores gerais da situação de acidentes em uma empresa. Podem ser elaborados gráficos desses coeficientes, mostrando suas tendências nos últimos 12 meses, atualizados mensalmente, para o acompanhamento da alta administração. Todavia, para implantar práticas seguras no trabalho, é necessário, em primeiro lugar, identificar as situações de risco. Quando forem identificadas todas as situações de risco, estas podem ser classificadas de acordo com a gravidade e frequência de ocorrência, para se estabelecer as prioridades de tratamento. A etapa seguinte é a de desenvolver práticas seguras de trabalho a serem transmitidas aos trabalhadores, a qual depende das seguintes atividades: descobrir as condições inseguras; adotar práticas seguras; conservar e manter limpo; primeiros socorros. A propósito, o treinamento em segurança do trabalho visa transmitir as práticas seguras no trabalho, desenvolvendo a

capacidade de reconhecer as condições inseguras e criando habilidade para evitar os acidentes.

A segurança do trabalho é um assunto da maior importância, que não interessa apenas aos trabalhadores, mas também às empresas e a sociedade em geral, pois um trabalhador acidentado, além dos sofrimentos pessoais, provoca despesas ao sistema de saúde público e passa a receber seus direitos previdenciários, que são pagos por todos os trabalhadores e empresas.

Nas próximas seções estudaremos sobre segurança e medicina do trabalho e sobre acidente do trabalho.

1.3. Segurança e medicina do trabalho

Direito Tutelar do Trabalho é o segmento do Direito do Trabalho que trata das regras de proteção ao empregado quanto a sua saúde, ao ambiente e às condições físicas de trabalho, assim como da fiscalização, a ser exercida sobre o empregador, desses mesmos direitos. A própria Consolidação das Leis do Trabalho (CLT) emprega no Título II o termo “Das Normas Gerais de Tutela do Trabalho”, tratando dentre outros de segurança e medicina do trabalho nos seus artigos 154 a 223.

A segurança e medicina do trabalho são o segmento do Direito do Trabalho incumbido de oferecer condições de proteção à saúde do trabalhador no local de trabalho, e de sua recuperação quando não se encontrar em condições de prestar serviços ao empregador.

Até o início do século XVIII, não havia preocupação com a saúde do trabalhador. Com o advento da Revolução Industrial e de novos processos industriais, começaram a surgir doenças ou acidentes decorrentes do trabalho. A partir desse momento, há necessidade de elaboração de normas para melhorar o ambiente de trabalho em seus mais diversos aspectos, de modo que o trabalhador não possa ser

prejudicado com agentes nocivos a sua saúde. O direito passou, então, a determinar certas condições mínimas que deveriam ser observadas pelo empregador, inclusive aplicando sanções para tanto e exercendo fiscalização sobre as regras determinadas. No Brasil o legislador mostrou-se consciente das modificações tecnológicas e das consequências na saúde do trabalhador. Os artigos 154 a 201 da CLT tiveram nova redação determinada pela Lei nº 6.514, de 22-12-1977 (arts. 202 a 223 revogados pela mesma lei), passando a tratar da segurança e medicina do trabalho e não de higiene e segurança no trabalho. Esta lei foi complementada pela Portaria nº 3.214/78, que dispôs, entre outras coisas, sobre serviço especializado em segurança e medicina do trabalho, equipamento de proteção individual, atividades e operações insalubres e perigosas, etc.

Como regra geral, cabe às empresas: (a) cumprir e fazer cumprir as normas de segurança e medicina do trabalho; (b) instruir os empregados, através de ordens de serviço, quanto às precauções a tomar no sentido de evitar acidentes do trabalho ou doenças ocupacionais; (c) adotar as medidas que lhe sejam determinadas pelo órgão regional competente; (d) facilitar o exercício de fiscalização pela autoridade competente (art. 157 da CLT). Ainda, cabe aos empregados: observar as normas de segurança e medicina do trabalho, inclusive as instruções ou ordens de serviço quanto às precauções no local de trabalho, de modo a evitar acidentes do trabalho ou doenças ocupacionais; devem, também, colaborar com a empresa na aplicação das normas de medicina e segurança do trabalho; considera-se falta grave do empregado quando este não observa as instruções expedidas pelo empregador, assim como não usar os equipamentos de proteção individual que lhe são fornecidos pela empresa (art. 158 da CLT). E, finalmente, compete especialmente às Secretarias Regionais do Trabalho, nos limites de sua jurisdição: promover a fiscalização do cumprimento das normas de segurança e

medicina do trabalho nas empresas adotando as medidas necessárias, determinar obras e reparos que, em qualquer local de trabalho, sejam exigíveis e impor as penalidades pelo descumprimento de tais regras (art. 156 da CLT).

O exame médico é uma das medidas preventivas de medicina do trabalho. A Norma Regulamentadora (NR) 7 da Portaria 3.214/78 dá maiores esclarecimentos sobre os exames médicos.

1.3.1. Condições de segurança

Com base no art. 200 da CLT, foi expedida a Portaria n° 3.214/78, que trata de uma série de normas complementares no que diz respeito a condições de segurança do trabalho.

1.3.1.1. Equipamento de proteção individual

As empresas devem fornecer obrigatoriamente aos empregados o Equipamento de Proteção Individual (EPI), gratuitamente, de maneira a protegê-los contra os riscos de acidentes do trabalho e danos a sua saúde. A NR 6 da Portaria n° 3.214/78 especifica regras sobre EPIs.

1.3.1.2. Órgãos de segurança e medicina do trabalho nas empresas

- (a) SESMT. As empresas estão obrigadas a manter serviços especializados em Engenharia de Segurança e em Medicina do Trabalho, nos quais será necessária a existência de profissionais especializados exigidos em cada empresa (médico e engenheiro do trabalho). São os Serviços Especializados em Engenharia de Segurança e em Medicina do Trabalho (SESMT). Suas regras são especificadas na NR 4 da Portaria n° 3.214/78.
- (b) CIPA. De acordo com o art.163 da CLT, é obrigatória a constituição de Comissão Interna de Prevenção de Acidentes (CIPA), conforme as instruções do

Ministério do Trabalho que estão contidas na NR 5 da Portaria n° 3.214/78. Tem a CIPA por objetivo observar e relatar as condições de risco nos ambientes de trabalho e solicitar as medidas para reduzir até eliminar os riscos existentes e/ou neutralizá-los, discutindo os acidentes ocorridos e solicitando medidas que os previnam, assim como orientando os trabalhadores quanto a sua prevenção.

1.3.1.3. Ergonomia

Do ponto de vista do Direito do Trabalho, relembramos que ergonomia é a ciência que estuda as relações do homem com seu trabalho sob o aspecto psicofisiológico.

A NR 17 da Portaria n° 3.214/78 estabelece regras para as condições de trabalho relacionadas com levantamento, transporte e descarga de materiais. A CLT estabeleceu no art.198 que é de 60 quilos o peso máximo que um empregado pode remover individualmente, ressalvado o uso de material que utilize tração ou impulsão por vagonetes, trilhos, carros de mão ou outros aparelhos mecânicos, para o qual poderá ser fixado outro limite pelo Ministério do Trabalho. A mulher não poderá fazer serviços que empreguem força superior a 20 quilos para o trabalho contínuo, ou 25 quilos para o trabalho ocasional, não se compreendendo nessa orientação a remoção de material feita por impulsão ou tração de carros de mão ou aparelhos mecânicos (art. 390 da CLT – Título III “Das normas Especiais de Tutela do Trabalho”). Os menores devem obedecer às mesmas limitações de peso previstas quanto às mulheres (§ 5° do art. 405 da CLT).

Será obrigatória a colocação de assentos que assegurem postura correta ao trabalhador, capazes de evitar posições incômodas ou forçadas, sempre que a execução da tarefa exija que se trabalhe sentado. Para trabalho manual sentado ou que tenha de ser feito de pé, bancadas, mesas, escrivaninhas e painéis devem proporcionar ao trabalhador condições de boa postura, visualização e operação. Quando o trabalho for

feito de pé, os empregados terão à disposição assentos para serem utilizados nas pausas que o serviço permitir.

Na próxima subseção, a letra C significa código e a letra I significa infração, os quais serão abordados quando do estudo sobre a NR 28, na subseção seguinte. Além disso, teremos as siglas NBR (Norma Brasileira), INMETRO (Instituto Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial), dB (decibéis), dB(A) (decibéis na curva A), NC (Nível de Compensação).

1.3.2. NR 17 - Ergonomia

Agora, transcreveremos a NR 17 - Ergonomia, extraída dos Manuais de Legislação Atlas – Segurança e Medicina do Trabalho (2011).

17.1. Esta Norma Regulamentadora visa estabelecer parâmetros que permitam a adaptação das condições de trabalho às características psicofisiológicas dos trabalhadores, de modo a proporcionar um máximo de conforto, segurança e desempenho eficiente.

17.1.1. As condições de trabalho incluem aspectos relacionados ao levantamento, transporte e descarga de materiais, ao mobiliário, aos equipamentos e às condições ambientais do posto de trabalho e à própria organização do trabalho.

17.1.2. Para avaliar a adaptação das condições de trabalho às características psicofisiológicas dos trabalhadores, cabe ao empregador realizar a análise ergonômica do trabalho, devendo a mesma abordar, no mínimo, as condições de trabalho, conforme estabelecido nesta Norma Regulamentadora. (C=117.037-6/I=4)

17.2. Levantamento, transporte e descarga individual de materiais.

17.2.1. Para efeito desta Norma Regulamentadora:

17.2.1.1. Transporte manual de cargas designa todo transporte no qual o peso da carga é suportado inteiramente por um só trabalhador, compreendendo o levantamento e a deposição da carga.

17.2.1.2. Transporte manual regular de cargas designa toda atividade realizada de maneira contínua ou que inclua, mesmo de forma descontínua, o transporte manual de cargas.

17.2.1.3. Trabalhador jovem designa todo trabalhador com idade inferior a dezoito anos e maior de quatorze anos.

17.2.2. Não deverá ser exigido nem admitido o transporte manual de cargas, por um trabalhador cujo peso seja suscetível de comprometer sua saúde ou sua segurança. (C=117.038-4/I=3)

17.2.3. Todo trabalhador designado para o transporte manual regular de cargas, que não as leves, deve receber treinamento ou instruções satisfatórias quanto aos métodos de trabalho que deverá utilizar, com vistas a salvaguardar sua saúde e prevenir acidentes. (C=117.039-2/I=3)

17.2.4. Com vistas a limitar ou facilitar o transporte manual de cargas deverão ser usados meios técnicos apropriados. (C=117.040-6/I=2)

17.2.5. Quando mulheres e trabalhadores jovens forem designados para o transporte manual de cargas, o peso máximo destas cargas deverá ser nitidamente inferior àquele admitido para os homens, para não comprometer a sua saúde ou a sua segurança. (C=117.041-4/I=3)

17.2.6. O transporte e a descarga de materiais feitos por impulsão ou tração de vagonetes sobre trilhos, carros de mão ou qualquer outro aparelho mecânico deverão ser executados de forma que o esforço físico realizado pelo trabalhador seja compatível

com sua capacidade de força e não comprometa a sua saúde ou sua segurança.
(C=117.042-2/I=3)

17.2.7. O trabalho de levantamento de material feito com equipamento mecânico de ação manual deverá ser executado de forma que o esforço físico realizado pelo trabalhador seja compatível com sua capacidade de força e não comprometa a sua saúde ou a sua segurança. (C=117.043-0/I=3)

17.3. Mobiliário dos postos de trabalho.

17.3.1. Sempre que o trabalho puder ser executado na posição sentada, o posto de trabalho deve ser planejado ou adaptado para esta posição. (C=117.044-9/I=3)

17.3.2. Para trabalho manual sentado ou que tenha de ser feito em pé, as bancadas, mesas, escrivaninhas e os painéis devem proporcionar ao trabalhador condições de boa postura, visualização e operação e devem atender aos seguintes requisitos mínimos: (C=117.045-7/I=3)

a) ter altura e características da superfície de trabalho compatíveis com o tipo de atividade, com a distância requerida dos olhos ao campo de trabalho e com a altura do assento; (C=117.007-4/I=2)

b) ter área de trabalho de fácil alcance e visualização pelo trabalhador;
(C=117.008-2/I=2)

c) ter características dimensionais que possibilitem posicionamento e movimentação adequados aos segmentos corporais. (C=117.009-0/I=2)

17.3.2.1. Para trabalho que necessite também da utilização dos pés, além dos requisitos estabelecidos no subitem 17.3.2, os pedais e demais comandos para acionamento pelos pés devem ter posicionamento e dimensões que possibilitem fácil alcance, bem como ângulos adequados entre as diversas partes do corpo do trabalhador,

em função das características e peculiaridades do trabalho a ser executado. (C=117.010-4/I=2)

17.3.3. Os assentos utilizados nos postos de trabalho devem atender aos seguintes requisitos mínimos de conforto: (C=117.046-5/I=3)

- a) altura ajustável à estatura do trabalhador e à natureza da função exercida;
- b) características de pouca ou nenhuma conformação na base do assento;
- c) borda frontal arredondada;
- d) encosto com forma levemente adaptada ao corpo para proteção da região lombar.

17.3.4. Para as atividades em que os trabalhos devam ser realizados sentados, a partir da análise ergonômica do trabalho, poderá ser exigido suporte para os pés, que se adapte ao comprimento da perna do trabalhador. (C=117.047-3/I=2)

17.3.5. Para as atividades em que os trabalhos devam ser realizados de pé, devem ser colocados assentos para descanso em locais em que possam ser utilizados por todos os trabalhadores durante as pausas. (C=117.048-1/I=3)

17.4. Equipamentos dos postos de trabalho.

17.4.1. Todos os equipamentos que compõem um posto de trabalho devem estar adequados às características psicofisiológicas dos trabalhadores e à natureza do trabalho a ser executado. (C=117.049-0/I=3)

17.4.2. Nas atividades que envolvam leitura de documentos para digitação, datilografia ou mecanografia deve:

- a) ser fornecido suporte adequado para documentos que possa ser ajustado proporcionando boa postura, visualização e operação, evitando movimentação frequente do pescoço e fadiga visual; (C=117.050-3/I=2)

b) ser utilizado documento de fácil legibilidade sempre que possível, sendo vedada a utilização do papel brilhante, ou de qualquer outro tipo que provoque ofuscamento. (C=117.051-1/I=2)

17.4.3. Os equipamentos utilizados no processamento eletrônico de dados com terminais de vídeo devem observar o seguinte:

a) condições de mobilidade suficientes para permitir o ajuste da tela do equipamento à iluminação do ambiente, protegendo-a contra reflexos, e proporcionar corretos ângulos de visibilidade ao trabalhador; (C=117.019-8/I=2)

b) o teclado deve ser independente e ter mobilidade, permitindo ao trabalhador ajustá-lo de acordo com as tarefas a serem executadas; (C=117.020-1/I=2)

c) a tela, o teclado e o suporte para documentos devem ser colocados de maneira que as distâncias olho-tela, olho-teclado e olho-documento sejam aproximadamente iguais; (C=117.021-0/I=2)

d) serem posicionados em superfícies de trabalho com altura ajustável. (C=117.022-8/I=2)

17.4.3.1. Quando os equipamentos de processamento eletrônico de dados com terminais de vídeo forem utilizados eventualmente poderão ser dispensadas as exigências previstas no subitem 17.4.3, observada a natureza das tarefas executadas e levando-se em conta a análise ergonômica do trabalho.

17.5. Condições ambientais de trabalho.

17.5.1. As condições ambientais de trabalho devem estar adequadas às características psicofisiológicas dos trabalhadores e à natureza do trabalho a ser executado. (C=117.052-0/I=3)

17.5.2. Nos locais de trabalho onde são executadas atividades que exijam solicitação intelectual e atenção constantes, tais como: salas de controle, laboratórios,

escritórios, salas de desenvolvimento ou análise de projetos, dentre outros, são recomendadas as seguintes condições de conforto:

a) níveis de ruído de acordo com o estabelecido na NBR 10152, norma brasileira registrada no INMETRO; (C=117.023-6/I=2)

b) índice de temperatura efetiva entre 20°C (vinte) e 23°C (vinte e três graus centígrados); (C=117.024-4/I=2)

c) velocidade do ar não superior a 0,75m/s; (C=117.025-2/I=2)

d) umidade relativa do ar não inferior a 40 (quarenta) por cento. (C=117.026-0/I=2)

17.5.2.1. Para as atividades que possuam as características definidas no subitem 17.5.2, mas não apresentam equivalência ou correlação com aquelas relacionadas na NBR 10152, o nível de ruído aceitável para efeito de conforto será de até 65 dB (A) e a curva de avaliação de ruído (NC) de valor não superior a 60 dB.

17.5.2.2. Os parâmetros previstos no subitem 17.5.2 devem ser medidos nos postos de trabalho, sendo os níveis de ruído determinados próximos à zona auditiva e as demais variáveis na altura do tórax do trabalhador.

17.5.3. Em todos os locais de trabalho deve haver iluminação adequada, natural ou artificial, geral ou suplementar, apropriada à natureza da atividade. (C=117.053-8/I=2)

17.5.3.1. A iluminação geral deve ser uniformemente distribuída e difusa. (C=117.054-6/I=1)

17.5.3.2. A iluminação geral ou suplementar deve ser projetada e instalada de forma a evitar ofuscamento, reflexos incômodos, sombras e contrastes excessivos. (C=117.055-4/I=1)

17.5.3.3. Os níveis mínimos de iluminação a serem observados nos locais de trabalho são os valores de iluminâncias estabelecidos na NBR 5413, norma brasileira registrada no INMETRO. (C=117.027-9/I=2)

17.5.3.4. A medição dos níveis de iluminação previstos no subitem 17.5.3.3 deve ser feita no campo de trabalho onde se realiza a tarefa visual, utilizando-se de luxímetro com fotocélula corrigida para a sensibilidade do olho humano e em função do ângulo de incidência.

17.5.3.5. Quando não puder ser definido o campo de trabalho previsto no subitem 17.5.3.4, este será um plano horizontal a 0,75m (setenta e cinco centímetros) do piso.

17.6. Organização do trabalho.

17.6.1. A organização do trabalho deve ser adequada às características psicofisiológicas dos trabalhadores e à natureza do trabalho a ser executado. (C=117.056-2/I=4)

17.6.2. A organização do trabalho, para efeito desta NR, deve levar em consideração, no mínimo:

- a) as normas de produção;
- b) o modo operatório;
- c) a exigência de tempo;
- d) a determinação do conteúdo de tempo;
- e) o ritmo de trabalho;
- f) o conteúdo das tarefas.

17.6.3. Nas atividades que exijam sobrecarga muscular estática ou dinâmica do pescoço, ombros, dorso e membros superiores e inferiores, e a partir da análise ergonômica do trabalho, deve ser observado o seguinte:

a) todo e qualquer sistema de avaliação de desempenho para efeito de remuneração e vantagens de qualquer espécie deve levar em consideração as repercussões sobre a saúde dos trabalhadores; (C=117.029-5/I=3)

b) devem ser incluídas pausas para descanso; (C=117.057-0/I=4)

c) quando do retorno do trabalho, após qualquer tipo de afastamento igual ou superior a 15 (quinze) dias, a exigência de produção deverá permitir um retorno gradativo aos níveis de produção vigentes na época anterior ao afastamento. (C=117.031-7/I=3)

17.6.4. Nas atividades de processamento eletrônico de dados, deve-se, salvo o disposto em convenções e acordos coletivos de trabalho, observar o seguinte:

a) o empregador não deve promover qualquer sistema de avaliação dos trabalhadores envolvidos nas atividades de digitação, baseado no número individual de toques sobre o teclado, inclusive o automatizado, para efeito de remuneração e vantagens de qualquer espécie; (C=117.032-5/I=3)

b) o número máximo de toques reais exigidos pelo empregador não deve ser superior a 8.000 por hora trabalhada, sendo considerado toque real, para efeito desta NR, cada movimento de pressão sobre o teclado; (C=117.033-3/I=3)

c) o tempo efetivo de trabalho de entrada de dados não deve exceder o limite máximo de 5 (cinco) horas, sendo que, no período de tempo restante da jornada, o trabalhador poderá exercer outras atividades, observado o disposto no art. 468 da Consolidação das Leis do Trabalho, desde que não exijam movimentos repetitivos, nem esforço visual; (C=117.034-1/I=3)

d) nas atividades de entrada de dados deve haver, no mínimo, uma pausa de 10 minutos para cada 50 minutos trabalhados, não deduzidos da jornada normal de trabalho; (C=117.035-0/I=3)

e) quando do retorno ao trabalho, após qualquer tipo de afastamento igual ou superior a 15 (quinze) dias, a exigência de produção em relação ao número de toques deverá ser iniciado em níveis inferiores do máximo estabelecido na alínea "b" e ser ampliada progressivamente. (C=117.036-8/I=3)

Cabe observar que, por exemplo, o código C=117.036-8 refere-se ao item 17.6.4, letra e, da NR 17. Além disso, I=3 refere-se à infração 3 em segurança do trabalho, cuja multa será cobrada em UFIR (Unidade de Referência Fiscal) de acordo com o número de trabalhadores.

1.3.3. Sobre a NR 28

Aqui, trataremos da NR 28 referente a aplicação das penalidades (gradação das multas), extraído do Manuais de Legislação Atlas – Segurança e Medicina do Trabalho (2011).

As infrações aos preceitos legais e/ou regulamentadores sobre segurança e saúde do trabalhador terão as penalidades aplicadas conforme o disposto no quadro de gradação de multas, tabela 1.5, obedecendo às infrações previstas no final de cada item/subitem da NR 17, na subseção anterior.

GRADAÇÃO DAS MULTAS (EM UFIR)								
Número de empregados	Segurança do Trabalho				Medicina do Trabalho			
	I=1	I=2	I=3	I=4	I=1	I=2	I=3	I=4
1-10	630-629	1.129-1.393	1.691-2.091	2.252-2.792	378-428	676-839	1.015-1.254	1.350-1.680
11-25	730-830	1.394-1.664	2.092-2.495	2.793-3.334	429-498	840-1.002	1.255-1.500	1.681-1.998
26-50	831-963	1.665-1.935	2.496-2.898	3.335-3.876	499-580	1.003-1.166	1.501-1.746	1.999-2.320
51-100	964-1.104	1.936-2.200	2.899-3.302	3.877-4.418	581-662	1.167-1.324	1.747-1.986	2.321-2.648
101-250	1.105-1.241	2.201-2.471	3.303-3.718	4.419-4.948	663-744	1.325-1.482	1.987-2.225	2.649-2.976
251-500	1.242-1.374	2.472-2.748	3.719-4.121	4.949-5.490	745-826	1.483-1.646	2.226-2.471	2.977-3.297
501-1000	1.375-1.507	2.749-3.020	4.122-4.525	5.491-6.033	827-906	1.647-1.810	2.472-2.717	3.298-3.618
mais de 1000	1.508-1.646	3.021-3.284	4.526-4.929	6.034-6.304	907-990	1.811-1.973	2.718-2.957	3.619-3.782

Tabela 1.5 – Tabela de gradação das multas em UFIR

Em caso de reincidência, embaraço ou resistência à fiscalização, emprego de artifício ou simulação com o objetivo de fraudar a lei, a multa será aplicada conforme tabela 1.6.

VALOR DA MULTA (em UFIR)	
Segurança do Trabalho	Medicina do Trabalho
6.304	3.782

Tabela 1.6 – Tabela do valor máximo da multa

1.4. Acidente do trabalho

A Previdência Social é um dos segmentos, das partes da Seguridade Social, cujo objetivo é estabelecer um sistema de proteção social para proporcionar meios indispensáveis de subsistência ao segurado e a sua família.

O art.19 da Lei nº 8.213/91 conceitua acidente do trabalho como “o que ocorre pelo exercício do trabalho a serviço da empresa ou pelo exercício do trabalho dos segurados “especiais”, provocando lesão corporal ou perturbação funcional que causa a morte ou a perda ou redução, permanente ou temporária, da capacidade para o trabalho”.

O estudo de infortunistica começou a surgir com a Revolução Industrial, em que foi substituído o trabalho manual pelo uso de máquinas. O tear e a máquina a vapor eram os causadores dos acidentes de trabalho. A partir desse momento é que começa a haver preocupação com o acidentado. Verificava-se que o acidentado no trabalho não conseguia nova colocação em outras empresas, ficando totalmente desprotegido. Gradativamente, passam a aparecer temas ou legislações amparando o acidentado.

A Lei nº 5.316, de 14-9-1967, foi regulamentada pelo Decreto nº 61.784, de 28-11-1967. A Previdência Social passou a ficar incumbida do seguro contra acidente do trabalho. Temos agora uma responsabilidade objetiva, que é atribuída ao Estado, de reparar o dano decorrente do acidente do trabalho, por meio da Previdência Social. Para

o empregado ter direito às reparações do acidente do trabalho, pouco importa se foi ou não registrado, ou se recolheu alguma contribuição para o sistema previdenciário. Nessa fase surge, além do auxílio-doença, a aposentadoria por invalidez, passando o empregado a perceber nessa última hipótese um benefício de prestação continuada, mensal. Foram previstos também outros benefícios, como a pensão por morte, o auxílio-acidente, o pecúlio e serviços de assistência médica e reabilitação profissional. Em 24 de junho de 1991 vem ao mundo jurídico a lei nº 8.213, estabelecendo as regras para o segurado ter direito aos benefícios da Previdência Social.

1.4.1. Prestações relativas a acidente do trabalho

No acidente do trabalho, paga-se benefício em decorrência da incapacidade do segurado e não da lesão em si. A legislação acidentária ampara lesões que impliquem redução da capacidade funcional do trabalhador e não lesões estéticas.

O acidente deverá ser caracterizado:

- (a) administrativamente, por meio do setor de benefícios do Instituto Nacional do Seguro Social (INSS), que estabelecerá o nexo entre o trabalho exercido e o acidente;
- (b) tecnicamente, por intermédio de Perícia Médica do INSS, que estabelecerá o nexo da causa e efeito entre:
 - 1. o acidente e a lesão;
 - 2. a doença e o trabalho;
 - 3. a causa mortis e o acidente;
- (c) judicialmente, por perícia determinada pelo juiz.

O INSS anotará na Carteira de Trabalho da Previdência Social (CTPS) do empregado o acidente do trabalho e os seus benefícios (art. 30 da CLT).

O acidentado e seus dependentes têm direito às seguintes prestações:

1. quanto ao segurado: auxílio-doença, aposentadoria por invalidez e auxílio-acidente;
2. quanto ao dependente: pensão por morte;
3. quanto ao segurado e dependente: serviço social e reabilitação profissional.

Salário-de-benefício é o salário recebido pelo segurado pago pelo INSS após a ocorrência de um sinistro. O valor do benefício de acidente do trabalho será calculado com base no salário-de-benefício (art. 28 da Lei nº 8.213/91).

O acidentado em gozo de benefício por incapacidade está obrigado, sob pena de suspensão do benefício, a submeter-se a exame médico a cargo da Previdência Social, processo de reabilitação profissional, por ela prescrito e custeado, e tratamento dispensado gratuitamente, com exceção da cirurgia e da transfusão de sangue, que são facultativos.

1.4.1.1. Auxílio-doença acidentário

O auxílio-doença acidentário será devido ao acidentado que ficar incapacitado para seu trabalho por mais de 15 dias consecutivos. Em relação ao trabalhador avulso, o auxílio-doença ficará a cargo da Previdência Social a contar do dia seguinte ao do acidente.

A renda mensal do auxílio-doença acidentário é de 91% do salário-de-benefício (art. 61 da Lei nº 8.213/91).

O auxílio-doença será devido a contar do 16º dia seguinte ao do afastamento do trabalho em consequência do acidente. Os 15 primeiros dias seguintes ao acidente serão pagos pela empresa, inclusive o dia do acidente. Quando o acidentado não se afastar do trabalho no dia do acidente, os 15 dias de responsabilidade da empresa pela sua remuneração integral são contados a partir da data do afastamento.

1.4.1.2. Aposentadoria por invalidez acidentária

A aposentadoria por invalidez decorrente de acidente do trabalho será devida ao acidentado que, estando ou não em gozo do auxílio-doença, for considerado incapaz para o trabalho e insusceptível de reabilitação para o exercício de atividade que lhe garanta a subsistência.

Se a perícia médica inicial concluir pela existência de incapacidade total e definitiva para o trabalho, a aposentadoria por invalidez será devida a contar da data em que o auxílio-doença deveria ter início.

A renda mensal inicial da aposentadoria por invalidez acidentária será igual a 100% do salário-de-benefício (art. 44 da Lei nº 8.213/91). O valor da aposentadoria por invalidez do segurado que, em consequência do acidente do trabalho, necessitar da assistência permanente de outra pessoa, será acrescido de 25% e devido ainda que o valor da aposentadoria atinja o limite máximo legal, sendo recalculado quando o benefício que lhe deu origem for reajustado.

O início do benefício se dará a partir do 16º dia após a constatação de invalidez. Assim, os primeiros 15 dias do afastamento ficarão por conta do empregador.

1.4.1.3. Pensão por morte acidentária

A pensão por morte será devida aos dependentes do segurado falecido em consequência de acidente do trabalho, a contar da data do óbito.

A renda mensal inicial da pensão por morte será de 100% do valor da aposentadoria que o segurado recebia ou daquela a que teria direito se estivesse aposentado por invalidez na data de seu falecimento (art.75 da Lei nº 8.213/91). O valor da renda mensal não poderá ser inferior ao do salário-mínimo, nem superior ao do limite máximo do salário-de-contribuição. Não será, também, inferior à renda mensal do salário-de-benefício, independentemente do número de dependentes.

A extinção da cota da pensão se dará:

1. pela morte do pensionista;
2. para o filho, a pessoa a ele equiparada ou o irmão, de ambos os sexos, pela emancipação ou ao completar 21 anos de idade, salvo se for inválido;
3. para o pensionista inválido, pela cessação da invalidez, verificada em exame médico-pericial a cargo da Previdência Social.

O cônjuge divorciado ou separado judicialmente ou de fato que recebia pensão de alimentos concorrerá em igualdade de condições com os dependentes que trata o inciso I, do art.16 da Lei nº 8.213/91, que são o cônjuge, a (o) companheira (o) e o filho de qualquer condição, não emancipado menor de 21 anos ou inválido.

1.4.1.4. Auxílio-acidente

O auxílio-acidente será concedido, como indenização, ao segurado quando, após a consolidação das lesões decorrentes de acidente de qualquer natureza, resultarem sequelas que impliquem redução da capacidade para o trabalho que habitualmente exercia (art. 16 da Lei nº 8.213/91).

O auxílio-acidente mensal e vitalício corresponderá a 50% do salário-de-benefício do segurado (§1º do art. 86 da Lei nº 8.213/91). Assim, verifica-se que o pagamento do auxílio-acidente é mensal e será devido enquanto o segurado acidentado viver. O benefício do auxílio-acidente é personalíssimo. Em caso de falecimento do segurado, não será transferido para os dependentes. Será vedada a cumulação de mais de um auxílio-acidente (inciso V, do art. 124, da Lei nº 8.213/91). Se o empregado tem mais de um emprego, só fará jus a um único auxílio-acidente. Se o segurado é vítima de novo acidente, não tem direito à cumulação de mais de um auxílio-acidente.

1.4.1.5. Pecúlio

O pecúlio era devido ao segurado ou a seus dependentes, em caso de invalidez ou morte decorrente de acidente do trabalho. Consistia o pecúlio em um pagamento único de 75% do limite máximo do salário-de-contribuição, no caso de invalidez, e de 150% desse mesmo limite, no caso de morte. Com a edição da Lei nº 9.032, de 28-4-95, o pecúlio deixa de existir, pois foram revogados a alínea a, do inciso III, do art.18, e os arts. 82, 83 e 85 Lei nº 8.213/91. A Lei nº 9.129/95 revogou o art. 81 da Lei nº 8.213/91, ficando, de vez, extinto o pecúlio.

1.4.1.6. Abono anual acidentário

O abono anual será devido ao segurado que receber durante o ano civil prestações de auxílio-doença acidentário, auxílio-acidente, aposentadoria por invalidez acidentária ou pensão por morte decorrente de acidente do trabalho.

Será o abono anual calculado, no que couber, da mesma forma que a gratificação de Natal dos trabalhadores, tendo por base o valor da renda mensal do benefício do mês de dezembro de cada ano. O benefício deverá ser pago até o dia 15 de janeiro do ano seguinte ao do exercício vencido.

1.4.2. Contribuição para o custeio das prestações de acidente do trabalho pagas pela empresa

Prevê o art. 195 da Constituição que a “seguridade social será financiada por toda a sociedade, de forma direta e indireta, nos termos da lei, mediante recursos provenientes dos orçamentos da União, dos Estados, do Distrito Federal e dos Municípios”.

Na verdade, a Seguridade Social não será financiada, mas haverá seu custeio. Não se trata de financiamento, como se fosse um empréstimo bancário, em que haveria necessidade de devolver o valor com juros e correção monetária. Trata-se de custeio, o que é feito por meio de contribuição social. Entende-se por fonte de custeio os meios

econômicos e, principalmente, financeiros obtidos e destinados à concessão e à manutenção das prestações da Seguridade Social.

São fontes diretas as contribuições previstas para o sistema, que são cobradas de trabalhadores e empregadores. São fontes indiretas os impostos, que serão utilizados nas insuficiências financeiras do sistema, sendo pagos por toda a sociedade.

A empresa contribui para o custeio dos benefícios concedidos em razão do grau de incidência de incapacidade laborativa decorrente dos riscos ambientais do trabalho.

Os percentuais da contribuição para o custeio de acidente do trabalho são os seguintes:

- (a) 1% para a empresa em cuja atividade preponderante de risco de acidentes do trabalho seja considerado leve (comércio, serviços);
- (b) 2% para a empresa que estiver enquadrada em atividade preponderante de risco de acidentes do trabalho do tipo médio;
- (c) 3% para a empresa que tenha atividade preponderante de risco de acidentes do trabalho do tipo grave (metalúrgicas, siderúrgicas).

O regime em que há a incidência da alíquota adicional para custear a aposentadoria especial é chamado de Riscos Ambientais do Trabalho (RAT). A contribuição complementar de 6, 9 ou 12 pontos percentuais só é devida pela empresa se o empregado tiver contato com elementos químicos, físicos, biológicos ou associação de agentes. Se a atividade da empresa não traz risco à saúde ou à integridade física dos seus trabalhadores, não tem de recolher a contribuição para custeio da aposentadoria especial.

A fim de estimular investimentos destinados a diminuir os riscos ambientais no trabalho, o Ministério da Previdência e Assistência Social poderá alterar o enquadramento de empresa que desenvolve a melhoria das condições de trabalho, com

redução dos agravos à saúde do trabalhador, obtida por meio de investimentos em prevenção e em sistemas gerenciais de risco (art. 203 do Regulamento da Previdência Social). O INSS implementará sistema de controle e acompanhamento de acidentes do trabalho.

O Fator Acidentário de Prevenção (FAP) foi criado pelo Decreto nº 6.957/09. O aumento das alíquotas além de 3% só pode ser feito por lei e não por norma administrativa. A alíquota tem de estar prevista em lei (art. 97 do Código Tributário Nacional (CTN)). O Ministério da Previdência Social pode rever enquadramento, mas não pode criar alíquota de contribuição previdenciária.

Na verdade, o “seguro” contra acidente do trabalho previsto no inciso XXVIII do art.7 da Constituição é uma contribuição que irá custear as prestações de acidente do trabalho. Seu fundamento também está no inciso I, do art.195 da Constituição quando assegura a incidência da contribuição do empregador para o custeio da Seguridade Social sobre a folha de salários. É sobre o pagamento feito ao empregado que irá incidir a contribuição para o custeio das prestações de acidente do trabalho, que ficam a cargo do empregador.

A base de cálculo e as alíquotas foram definidas no inciso II do art. 22 da Lei nº 8.212/91, que especifica que a contribuição incide sobre a remuneração paga ou creditada a qualquer título aos segurados empregados e trabalhadores avulsos. Atende, portanto, o inciso IV do art. 97 do CTN, pois foi a lei que fixou a alíquota e a base de cálculo.

A alíquota de contribuição para o Seguro de Acidente do Trabalho (SAT) é aferida pelo grau de risco desenvolvido em cada empresa, individualizada pelo seu Cadastro Nacional de Pessoa Jurídica (CNPJ), ou pelo grau de risco da atividade

preponderante quando houver apenas um registro (s. 351 do Superior Tribunal de Justiça (STJ)).

Os enquadramentos são feitos pela própria empresa com base no anexo V do Decreto nº 3.048, podendo o INSS rever tal enquadramento a qualquer tempo. É o chamado auto-enquadramento. Na determinação da atividade econômica preponderante serão conjuntados os empregados e trabalhadores avulsos que exerçam suas atividades profissionais efetivamente na empresa. A empresa com mais de um estabelecimento e mais de uma atividade deve somar os segurados de cada uma das atividades nos vários estabelecimentos. Será preponderante a que ocupe o maior número de segurados empregados e trabalhadores avulsos.

Nas próximas subseções discutiremos sobre o FAP e o SAT, baseados no Manual NTEP e FAP, SESI/DN (2011). A sigla SEFIP/GFIP significa Sistema Empresa de Recolhimento do Fundo de Garantia do Tempo de Serviço (FGTS) e Informações à Previdência Social/Guia de Recolhimento do FGTS e Informações à Previdência Social.

1.4.2.1. Fator Acidentário de Prevenção (FAP)

O Ministério da Previdência Social (MPS) aprovou legislação em 2007, criando o Nexo Técnico Epidemiológico Previdenciário (NTEP), que alterou o modo de definir o benefício da previdência para os casos de afastamento do trabalho acima de 15 dias. De acordo com a frequência de um mesmo evento ocorrido em cada setor econômico uma doença que não era considerada com relação ao trabalho pode passar do auxílio-doença previdenciário para auxílio-doença acidentário.

O objetivo do FAP é incentivar a melhoria das condições de trabalho e da saúde do trabalhador estimulando as empresas a implementarem políticas mais efetivas de saúde e segurança no trabalho para reduzir a acidentalidade.

FAP é o mecanismo que permite à Receita Federal do Brasil, aumentar ou diminuir a alíquota de 1% (risco leve), 2% (risco médio) ou 3% (risco grave), que cada empresa recolhe para o financiamento dos benefícios por incapacidade (grau de incidência de incapacidade para o trabalho decorrente dos riscos ambientais). Essas alíquotas poderão ser reduzidas em até 50% ou aumentadas em até 100%, conforme a frequência, a gravidade e o custo das ocorrências acidentárias em cada empresa em relação ao seu segmento econômico.

O cálculo do FAP será composto pelos registros de toda comunicação de acidente de trabalho (CAT) e pelos registros dos benefícios previdenciários de natureza acidentária, tais como: B91 (doença por acidente do trabalho), B92 (aposentadoria por invalidez por acidente do trabalho), B93 (pensão por morte por acidente do trabalho) e B94 (acidente por acidente do trabalho). Os benefícios de natureza acidentária serão contabilizados no CNPJ ao qual o trabalhador esteja vinculado no momento do acidente, ou àquele em que o agravo esteja diretamente relacionado.

O índice de frequência indica a incidência de acidentalidade em cada empresa. Para esse índice são computadas as ocorrências acidentárias registradas por meio da CAT e os benefícios das espécies acidentárias (B91, B92, B93 e B94) concedidos que não apresentam uma CAT vinculada e, nesses casos, serão contabilizados como registros de acidentes ou doenças do trabalho. Ou seja, o índice de frequência é calculado assim:

$$F = \frac{(\text{número de CAT}) + (\text{B91+B92+B93+B94 sem CAT}) \times 1000,}{\text{número médio de vínculos}}$$

em que ‘número médio de vínculos’ significa a soma do número de vínculos mensal em cada empresa com registro junto ao Cadastro Nacional de Informações Sociais (CNIS) informados pela empresa, via SEFIP/GFIP, dividido pelo número de meses do período.

O índice de gravidade indica a gravidade das ocorrências acidentárias em cada empresa. Para esse índice são computados todos os casos de afastamento acidentário com mais de 15 dias (B91, B92, B93 e B94), atribuindo-se pesos diferentes para cada tipo de afastamento em função da gravidade da ocorrência, sendo: B91 Doença (0,10), B92 Invalidez (0,30), B93 Pensão por morte (0,50) e B94 Acidente (0,10). Ou seja, o índice de gravidade é calculado assim:

$$G = \frac{(B91 \times 0,10) + (B92 \times 0,30) + (B93 \times 0,50) + (B94 \times 0,10)}{\text{número médio de vínculos}} \times 1000.$$

O índice de custo representa o custo dos benefícios por afastamento cobertos pela Previdência. Para esse índice são computados os valores pagos pela Previdência em rendas mensais de benefícios e o tempo de afastamento em meses ou fração, sendo que benefícios sem data final têm data de fim de ano como base de cálculo. Ou seja, o índice de custo é calculado assim:

$$\text{Custo} = \frac{\text{valor total de benefícios} \times 1000}{\text{massa salarial}}$$

em que ‘massa salarial’ significa a soma, em reais, dos valores salariais informados pela empresa no CNIS, via SEFIP/GFIP.

Após o cálculo dos índices de frequência, de gravidade e de custo, são atribuídos os percentis de ordem, chamados de número de ordem, para as empresas por setor (subclasse da Classificação Nacional de Atividades Econômicas (CNAE)) para cada um desses três índices. Este ordenamento somente poderá ser feito pelo Ministério da Previdência Social, em razão de ser necessário o conhecimento de todos os dados acidentários das demais empresas pertencentes ao mesmo CNAE/Subclasse. Nesse caso, fica resguardado o sigilo das informações.

O percentil de ordem para cada um desses índices para as empresas dessa subclasse é dado pela fórmula a seguir:

$$\text{Percentil de ordem } j = 100 \times (\text{Norden de } j - 1) / (N - 1),$$

em que 'N' significa número de estabelecimentos na subclasse CNAE e 'Norden de j' significa a posição do índice no ordenamento da empresa na subclasse CNAE, para cada um dos índices j calculados.

A partir dos percentis de ordem, é criado um índice composto, atribuindo ponderações aos percentis de ordem de cada índice. O índice composto (IC), que é o valor do FAP, pondera o percentil de gravidade com 50% de importância, o percentil de frequência com 35% de importância e o percentil de custo com 15% de importância. Ou seja, o índice composto é calculado assim:

$$\text{IC} = ((0,5 \times \text{percentil de ordem de G}) + (0,35 \times \text{percentil de ordem de F}) + (0,15 \times \text{percentil de ordem do Custo})) \times 0,02.$$

A aplicação da fórmula do IC resulta em valores entre 0 e 2. Então, a faixa de bonificação ($\text{IC} < 1,0$) deve ser ajustada para que o FAP esteja contido em intervalo compreendido entre 0,5 e 1,0. Este ajuste é possível mediante a aplicação da fórmula para interpolação:

$$\text{FAP} = 0,5 + 0,5 \times \text{IC}.$$

Para o processamento do FAP 2010, vigência 2011, não será aplicada a regra de interpolação para $\text{IC} < 1,0$, faixa de bonificação. As empresas que não apresentarem acidentalidade terão direito ao desconto de 50%, por definição.

A partir do processamento em 2010, vigência 2011, o FAP não será aplicado no intervalo de 1 a 2 em sua totalidade. O valor do IC deve ser ajustado para a faixa de penalidade ($\text{IC} > 1$) mediante aplicação da fórmula para interpolação. A aplicação dessa fórmula implica o cálculo do FAP em função de uma redução de 25% no valor do IC calculado:

$$\text{FAP} = \text{IC} - (\text{IC} - 1) \times 0,25.$$

Caso a empresa apresente casos de morte ou invalidez permanente e seu IC seja superior a 1, faixa de penalidade, o valor do FAP será igual ao IC calculado. Nesses casos, a fórmula de interpolação da faixa de penalidade não se aplica. Se os casos de morte ou invalidez forem decorrentes de acidente de trabalho tipificado como acidente de trajeto, fica mantida a aplicação da redução de 25% ao valor do IC calculado equivalente à faixa de penalidade.

O Fator Acidentário de Prevenção é declarado pelas empresas na GFIP através da SEFIP.

1.4.2.2. Seguro Acidente do Trabalho (SAT)

O número de casos da empresa com auxílio-doença acidentário assim como os registros de toda a comunicação de acidente do trabalho (CAT) compõem os cálculos para a definição do Fator Acidentário de Prevenção (FAP), que entrou em vigor em janeiro de 2010, implicando aumento ou redução da alíquota de contribuição da empresa para o Seguro Acidente do Trabalho (SAT).

Até o fim de 2009, o valor do SAT por empresa era calculado pela multiplicação de sua folha de pagamentos por uma alíquota de Riscos Ambientais do Trabalho (RAT), de 1%, 2% ou 3%, definida para cada uma das 1.301 atividades econômicas da CNAE. Ou seja, SAT até 2009:

$$\text{SAT} = \text{folha de pagamento} \times \text{alíquota RAT.}$$

SAT a partir de 2010:

$$\text{SAT} = \text{folha de pagamento} \times (\text{alíquota RAT} \times \text{FAP}).$$

Por exemplo, em uma empresa do ramo alimentício com CNAE 1099-6/99, grau de risco 3, com 129 trabalhadores, seu RAT é igual a 3% e o FAP igual a 0,93. A

última folha de pagamento foi de R\$ 125.406,42. Aplicando estes dados na fórmula do SAT, temos:

$$\text{SAT} = \text{folha de pagamento} \times (\text{alíquota RAT} \times \text{FAP})$$

$$\text{SAT} = \text{R\$ } 125.406,42 \times (3\% \times 0,93)$$

$$\text{SAT} = \text{R\$ } 3.498,83.$$

No próximo capítulo estudaremos sobre programação linear mista.

2. CAPÍTULO 2 – O PROBLEMA DE PROGRAMAÇÃO LINEAR MISTA

Neste capítulo estudaremos sobre o problema de programação linear mista (PLM) a partir da programação linear (PL) e da programação linear inteira (PLI).

A primeira seção deste capítulo está baseada em Alves e Menezes (2010), a segunda em Menezes (2011) e a terceira em Salkin (1975). Neste ponto, sugerimos as referências de Arenales et al. (2007), Maculan e Fampa (2006) e Papadimitriou e Steiglitz (1998). E, na última seção, nos baseamos no manual do PROLIN que é um software para resolver problemas de PLM.

Iniciamos o nosso propósito tratando sobre o processo de modelagem, segundo Ravindran, Phillips e Solberg (1987); conforme Alves e Menezes (2010).

2.1. O processo de modelagem

Os responsáveis pela tomada de decisões nos mais variados campos da atividade humana defrontam-se com a necessidade de resolver algum problema específico de pesquisa operacional. A compreensão e a definição do problema são de fundamental importância para o processo de modelagem.

O primeiro passo para a resolução de um problema de pesquisa operacional é a formulação, que consiste em traduzir a realidade empírica para sentenças lógicas e dados objetivos, a partir dos quais é possível o estabelecimento de um modelo matemático. É aí que devemos decidir – julgamento humano – os aspectos do sistema real que devemos incorporar ao modelo e os que podem ser ignorados, as suposições que podem ser consideradas e as que podem ser descartadas. Essa tradução está sujeita a erros e falhas de comunicação. Também não existem técnicas precisas, capazes de permitir o estabelecimento do modelo de um problema.

O segundo passo é a dedução do modelo, isto é, a sua análise e resolução através de algoritmos específicos. Essa solução, atenta aos métodos numéricos em computação, sugere uma tomada de decisão. Para a sua sustentação, recorreremos ao terceiro passo, que é a interpretação de uma solução do modelo para uma solução do sistema real. Se não for validado, o modelo deve ser reformulado, e assim por diante. A esse processo dá-se o nome de modelagem.

A propósito, neste trabalho, desenvolveremos a etapa de formulação, dedução e interpretação. Na etapa de dedução optamos pelo software PROLIN, em virtude de discutirmos modelos de natureza acadêmica, ser um software livre e, também, não limitar o número de variáveis para a execução de problemas gerais.

Na próxima seção definiremos o problema de programação linear.

2.2. O problema de Programação Linear

Consideremos os números inteiros m e n , tais que $0 < m < n$. Dados uma matriz numérica com coeficientes reais A , $m \times n$, e vetores $b \in \mathfrak{R}^m$ e $c \in \mathfrak{R}^n$, o problema de programação linear no formato padrão é o seguinte problema de otimização:

$$(P_1) \quad \begin{array}{ll} \text{minimizar} & c^T x \\ \text{sujeito a:} & Ax = b \\ & x \geq 0. \end{array}$$

Seguem-se algumas definições associadas ao problema (P_1) .

Definição 2.1 Considere o problema de PL (P_1) .

- (a) A função linear $x \mapsto c^T x$ é chamada função objetivo, e o valor $c^T x$ é chamado o valor da função objetivo.
- (b) O conjunto $X_1 = \{x \in \mathfrak{R}^n ; Ax = b, x \geq 0\}$ é chamado conjunto viável, e um ponto $x \in X_1$ é denominado ponto viável.

- (c) O conjunto $X(P_1) = \{x^* \in X_1; c^T x^* \leq c^T x, \text{ para todo } x \in X_1\}$ é chamado conjunto de soluções ótimas e um ponto $x^* \in X(P_1)$ é denominado solução ótima.
- (d) O problema (P_1) será chamado problema ilimitado quando existir uma sequência (x^k) , tal que $x^k \in X_1$ e $c^T x^k \rightarrow -\infty$, quando $k \rightarrow \infty$.
- (e) O problema (P_1) será chamado problema inviável quando X_1 for vazio.

Podemos interpretar o problema de PL (P_1) da seguinte maneira: dados uma matriz tecnológica com números reais A , $m \times n$, um vetor do lado direito $b \in \mathfrak{R}^m$ e um vetor custo $c \in \mathfrak{R}^n$, encontrar, se existir, um vetor de variáveis de decisão $x^* \in X_1$ tal que

$$c^T x^* = \min\{c^T x; x \in X_1\}.$$

Quando não existir, certificar problema ilimitado ou problema inviável.

Segue-se a definição de minimizador global, que coincide com solução ótima em PL.

Definição 2.2 Sejam dados um subconjunto $C \subset \mathfrak{R}^n$ e uma função $f: C \rightarrow \mathfrak{R}$. Dizemos que um ponto $\bar{x} \in C$ é um minimizador global de f em C quando, para todo $x \in C$,

$$f(\bar{x}) \leq f(x).$$

O próximo resultado caracteriza o conjunto viável de um problema de PL.

Teorema 2.1 Considere o problema de PL (P_1) . Todo conjunto viável X_1 é um poliedro com um número finito de pontos extremos e, quando não vazio, possui ao menos um ponto extremo.

O próximo resultado caracteriza o conjunto de soluções ótimas de um problema de PL.

Teorema 2.2 Considere o problema de PL (P_1). O conjunto de soluções ótimas é um poliedro e, quando não vazio, possui uma única ou uma infinidade de soluções ótimas. Além disso, quando existir, ao menos uma solução ótima é um ponto extremo.

Na próxima seção definiremos o problema de programação linear inteira.

2.3. O problema de programação linear inteira

Consideremos os números inteiros m e n , tais que $0 < m < n$. Dados uma matriz numérica com coeficientes reais A , $m \times n$, e vetores $b \in \mathfrak{R}^m$ e $c \in \mathfrak{R}^n$, uma formulação para o problema de programação linear inteira é o seguinte problema de otimização:

$$(P_2) \quad \begin{array}{ll} \text{minimizar} & c^T x \\ \text{sujeito a:} & Ax = b \\ & x \geq 0 \\ & x \in Z^n. \end{array}$$

Por outro lado, uma formulação para o problema de programação linear inteira 0-1 (binário) é o seguinte problema de otimização:

$$(B_2) \quad \begin{array}{ll} \text{minimizar} & c^T x \\ \text{sujeito a:} & Ax = b \\ & x \in \{0, 1\}^n. \end{array}$$

Seguem-se algumas definições associadas aos problemas (P_2) e (B_2).

Definição 2.3 Considere os problemas de PLI (P_2) e (B_2).

- (a) A função linear $x \mapsto c^T x$ é chamada função objetivo, e o valor $c^T x$ é chamado o valor da função objetivo.
- (b) O conjunto $XI = \{x \in Z^n ; Ax = b, x \geq 0\}$ é chamado conjunto viável do problema (P_2), e um ponto $x \in XI$ é denominado ponto viável de (P_2). O conjunto $XB = \{x \in \{0, 1\}^n ; Ax = b\}$ é chamado conjunto viável do problema (B_2), e um ponto $x \in XB$ é denominado ponto viável de (B_2).

- (c) O conjunto $X(P_2) = \{x^* \in XI; c^T x^* \leq c^T x, \text{ para todo } x \in XI\}$ é chamado conjunto de soluções ótimas do problema (P_2) e um ponto $x^* \in X(P_2)$ é denominado solução ótima do problema (P_2) . O conjunto $X(B_2) = \{x^* \in XB; c^T x^* \leq c^T x, \text{ para todo } x \in XB\}$ é chamado conjunto de soluções ótimas do problema (B_2) e um ponto $x^* \in X(B_2)$ é denominado solução ótima do problema (B_2) .
- (d) O problema (P_2) será chamado problema ilimitado quando existir uma sequência (x^k) , tal que $x^k \in XI$ e $c^T x^k \rightarrow -\infty$, quando $k \rightarrow \infty$.
- (e) O problema (P_2) será chamado problema inviável quando XI for vazio. O problema (B_2) será chamado problema inviável quando XB for vazio.

Podemos interpretar o problema de PLI (P_2) da seguinte maneira: dados uma matriz tecnológica com números reais A , $m \times n$, um vetor do lado direito $b \in \mathfrak{R}^m$ e um vetor custo $c \in \mathfrak{R}^n$, encontrar, se existir, um vetor de variáveis de decisão $x^* \in XI$ tal que

$$c^T x^* = \min\{c^T x; x \in XI\}.$$

Quando não existir, certificar problema ilimitado ou problema inviável.

Por outro lado, podemos interpretar o problema de PLI 0-1 (B_2) da seguinte maneira: dados uma matriz tecnológica com números reais A , $m \times n$, um vetor do lado direito $b \in \mathfrak{R}^m$ e um vetor custo $c \in \mathfrak{R}^n$, encontrar, se existir, um vetor de variáveis de decisão $x^* \in XB$ tal que

$$c^T x^* = \min\{c^T x; x \in XB\}.$$

Quando não existir, certificar problema inviável.

Segue-se a definição de minimizador local.

Definição 2.4 Sejam dados um subconjunto $E \subset Z^n$ e uma função $f: E \rightarrow R$. Dizemos que $\bar{x} \in E$ é um minimizador local de f em E quando, existe $\varepsilon \geq 1$ tal que, para todo $x \in \{x \in E; \|x - \bar{x}\|_\infty \leq \varepsilon\}$,

$$f(\bar{x}) \leq f(x).$$

Na próxima seção definiremos o problema de programação linear mista.

2.4. O problema de programação linear mista

A programação linear é o modelo matemático que é designado para encontrar as variáveis de decisão não negativas que minimizam uma função linear satisfazendo um sistema de igualdades lineares. É evidente que muitas situações produzem formulações de programação linear com variáveis que devem ter valores inteiros. A programação linear com algumas, mas não todas, as variáveis necessitando ser inteiras, é a programação linear mista.

Consideremos os números inteiros m, n_1 e n_2 , tais que $0 < m < n$, para $n = n_1 + n_2$. Dados uma matriz numérica com coeficientes reais A , $m \times n_1$, e uma matriz numérica com coeficientes reais D , $m \times n_2$, e vetores $b \in \mathfrak{R}^m$, $c \in \mathfrak{R}^{n_1}$ e $d \in \mathfrak{R}^{n_2}$, uma formulação para o problema de programação linear mista é o seguinte problema de otimização:

$$\begin{aligned} (P) \quad & \text{minimizar} && c^T x + d^T y \\ & \text{sujeito a:} && Ax + Dy = b \\ & && x \geq 0, y \geq 0, \\ & && x \in \mathfrak{R}^{n_1}, y \in Z^{n_2}. \end{aligned}$$

Seguem-se algumas definições associadas ao problema (P) .

Definição 2.5 Considere o problema de PLM (P) .

- (a) A função linear $(x, y) \mapsto c^T x + d^T y$ é chamada função objetivo, e o valor $c^T x + d^T y$ é chamado o valor da função objetivo.

(b) O conjunto

$$X = \{(x, y) \in \mathfrak{R}^{n_1} \times \mathfrak{Z}^{n_2}; Ax + Dy = b, x \geq 0 \text{ e } y \geq 0\}$$

é chamado conjunto viável, e um ponto $(x, y) \in X$ é denominado ponto viável.

(c) O conjunto

$$X(P) = \{(x^*, y^*) \in X; c^T x^* + d^T y^* \leq c^T x + d^T y, \text{ para todo } (x, y) \in X\}$$

é chamado conjunto de soluções ótimas e um ponto $(x^*, y^*) \in X(P)$ é denominado solução ótima.

(d) O problema (P) será chamado problema ilimitado quando existir uma sequência

$$((x^k, y^k)), \text{ tal que } (x^k, y^k) \in X \text{ e } c^T x^k + d^T y^k \rightarrow -\infty, \text{ quando } k \rightarrow \infty.$$

(e) O problema (P) será chamado problema inviável quando X for vazio.

A programação linear mista em que as variáveis inteiras são restringidas a ser 0 ou 1 são chamadas de programação linear mista 0-1.

A seguir enunciaremos um teorema cujo enunciado mostra que o problema de PLM (P) pode ser reduzido ao problema de PLM 0-1.

Teorema 2.3 Suponha que em um problema de programação linear mista cada $y_j \leq u_j$ (um inteiro positivo). Então, um problema de PLM é equivalente a um problema de PLM 0-1.

Às vezes relaxamos a parte inteira de um problema de PLM para resolvê-lo como um problema de PL. O próximo resultado afirma que o valor ótimo obtido é um limitante inferior para o problema de PLM original.

Teorema 2.4 O valor mínimo da função objetivo para um problema de PLM resolvido como um problema de PL é um limitante inferior sobre o valor para qualquer ponto viável de um problema de PLM.

Uma consequência deste teorema é o seguinte resultado.

Corolário 2.1 Se um problema de PLM for resolvido como um problema de PL tal que o resultado é um problema inviável, então o problema de PLM também será um problema inviável.

Na próxima seção apresentaremos o software PROLIN.

2.5. Software PROLIN

O PROLIN de Matos e Matos (2004) resolve problemas na área de programação linear, programação linear inteira e programação linear mista. Os autores do programa são João Matos (Coordenador) e Ricardo Matos (Programador) da Escola Superior de Tecnologia de Setúbal/Portugal. Foi desenvolvido em VB.Net.

O PROLIN não tem limite de variáveis ou de restrições. Os requisitos mínimos de instalação são: sistema operacional Windows XP e componente Microsoft Framework v1.0 ou superior.

Abaixo segue imagem da tela principal do sistema.

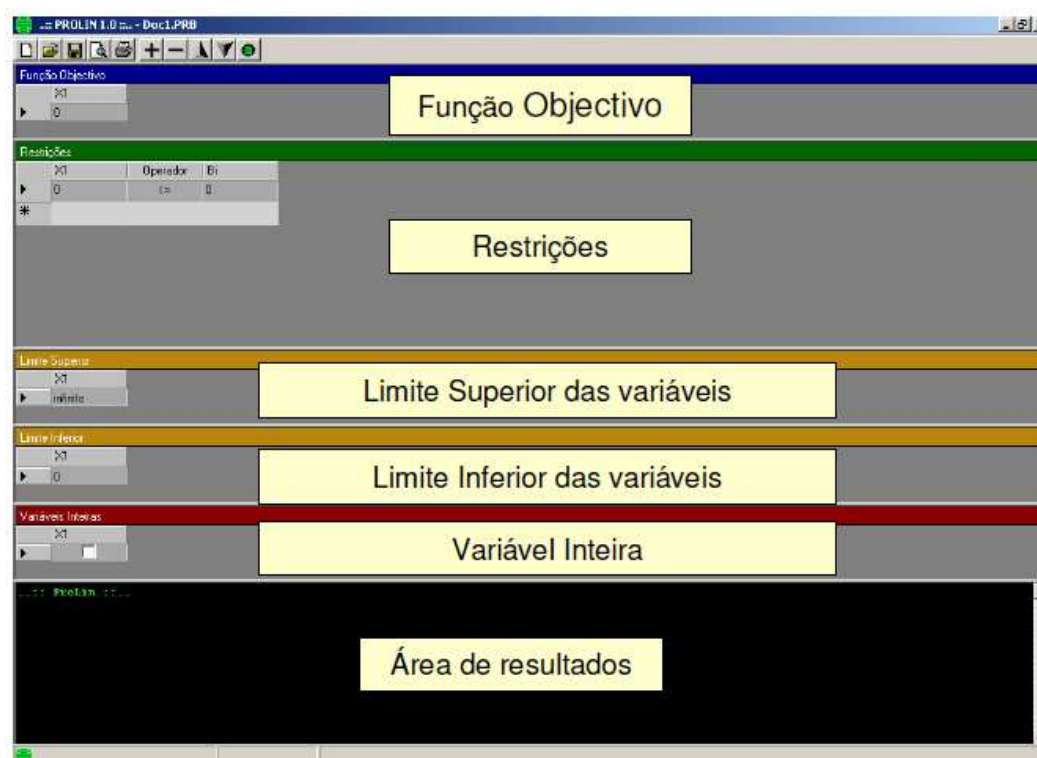


Figura 2.1 – Tela principal do PROLIN

No próximo capítulo apresentaremos o nosso resultado.

3. CAPÍTULO 3 – PROBLEMAS E FORMULAÇÃO

Nesse capítulo definiremos alguns problemas e, em um processo de modelagem, formularemos o nosso modelo matemático.

Iniciaremos o nosso intuito tratando sobre alguns tópicos da disciplina ergonomia para a construção do nosso modelo matemático. Dessa forma, nosso foco consistirá na ergonomia física, que inclui a postura no trabalho, carga manual e duração máxima de trabalho. Além disso, discutiremos sobre acidentes de trabalho. Para um maior aprofundamento do estudo destes tópicos sugerimos o capítulo 1 com suas referências bibliográficas citadas.

3.1. Preliminares

Ergonomia física ocupa-se das características de algumas disciplinas da saúde relacionadas com a atividade física. Em particular, a biomecânica ocupacional ocupa-se dos movimentos corporais e forças relacionadas ao trabalho.

3.1.1. Postura no trabalho e carga manual

Ao levantar um peso com as mãos o esforço é transferido para a coluna vertebral, descendo pela bacia e pernas, até chegar ao piso. O manuseio de cargas é responsável por grande parte dos traumas musculares entre os trabalhadores, principalmente no transporte e levantamento de cargas. Isso sugere a seguinte definição, conforme a NR 17 (veja Manuais de Legislação Atlas (2011)).

Definição 3.1

(a) Transporte manual de cargas designa todo transporte no qual o peso de carga é suportado inteiramente por um só trabalhador, compreendendo o levantamento e a deposição da carga.

(b) Transporte manual regular de cargas designa toda atividade realizada de maneira contínua ou que inclua, mesmo de forma descontínua, o transporte manual de cargas.

Trabalho estático é aquele que exige contração contínua de alguns músculos, para manter uma determinada posição. A boa postura é importante para a realização do trabalho sem desconforto e estresse. Todavia, existem três situações principais em que a má postura pode produzir consequências danosas ao trabalhador: trabalhos estáticos que envolvem uma postura parada por longos períodos; trabalhos que exigem muita força; e trabalhos que exigem posturas desfavoráveis. Isso sugere a seguinte definição, conforme Iida (2005).

Definição 3.2 Postura é o estudo do posicionamento relativo de partes do corpo, como cabeça, tronco, membros superiores e membros inferiores, no espaço.

Um sistema prático de registro, chamado OWAS (Ovako Working Posture Analysing System – Sistema de Análise de Postura no Trabalho) classifica as posturas em uma das seguintes categorias:

Classe 1 – postura normal, que dispensa cuidados, a não ser em casos excepcionais.

Classe 2 – postura que deve ser verificada durante a próxima revisão rotineira dos métodos de trabalho.

Classe 3 – postura que deve merecer atenção em curto prazo.

Classe 4 – postura que deve merecer atenção imediata.

Essas classes dependem do tempo de duração das posturas, em porcentagens da jornada de trabalho, conforme se vê na tabela 1.1 do capítulo 1, ou da combinação das quatro variáveis (dorso, braços, pernas e carga), conforme se vê na tabela 1.2 do capítulo 1.

Na próxima seção discutiremos acidente de trabalho.

3.1.2. Acidente de trabalho

Iniciaremos o nosso propósito definindo acidente de trabalho, conforme Martins (2011), que é baseada no artigo 19 da Lei nº 8.213/91.

Definição 3.3 Acidente de trabalho é a contingência que ocorre pelo exercício de trabalho a serviço do empregador ou pelo exercício de trabalho dos segurados especiais, provocando lesão corporal ou perturbação funcional que cause a morte ou a perda ou redução, permanente ou temporária, da capacidade para o trabalho.

A empresa contribui para o custeio dos benefícios concedidos em razão do grau de incidência de incapacidade laborativa decorrente dos riscos ambientais do trabalho. Os percentuais da contribuição para o custeio de acidente do trabalho são os seguintes:

- (a) 1% para a empresa em cuja atividade preponderante de risco de acidentes do trabalho seja considerado leve;
- (b) 2% para a empresa que estiver enquadrada em atividade preponderante de risco de acidentes do trabalho do tipo médio;
- (c) 3% para a empresa que tenha atividade preponderante de risco de acidentes do trabalho do tipo grave.

O regime em que há a incidência da alíquota adicional para custear a aposentadoria especial é chamado de Riscos Ambientais do Trabalho (RAT).

Fator Acidentário de Prevenção (FAP) é o mecanismo que permite à Receita Federal do Brasil, aumentar ou diminuir a alíquota de 1% (risco leve), 2% (risco médio) ou 3% (risco grave), que cada empresa recolhe para o financiamento dos benefícios por incapacidade. Essas alíquotas poderão ser reduzidas em até 50% ou aumentadas em até 100%, conforme a frequência, a gravidade e o custo das ocorrências acidentárias em cada empresa em relação ao seu segmento econômico.

O número de casos de empresa com auxílio-doença acidentário assim como os registros de toda a Comunicação de Acidente do Trabalho (CAT) comporão os cálculos para a definição do FAP, que entrou em vigor em janeiro de 2010, implicando aumento ou redução da alíquota de contribuição da empresa para o Seguro Acidente do Trabalho (SAT). O SAT a partir de 2010 é:

$$\text{SAT} = \text{folha de pagamento} \times (\text{alíquota RAT} \times \text{FAP}).$$

O cálculo do FAP foi apresentado na seção 1.4.2.1.

Na próxima seção propomos alguns problemas com a intenção de obter o modelo de otimização que leva em consideração aspectos ergonômicos.

3.2. Problemas

Em diversos processos produtivos, produtos são produzidos a partir de subprodutos através da operação de máquinas ou elaboração manual com a participação efetiva do trabalhador. Cabe às empresas cumprir e fazer cumprir as normas de segurança e medicina do trabalho, isto é, procurar reduzir a fadiga, estresse e acidentes, proporcionando saúde, segurança e satisfação aos trabalhadores, durante o seu relacionamento com esse sistema produtivo. Além disso, é uma realidade a contribuição para o custeio das prestações de acidente do trabalho pagas pela empresa.

Em uma tentativa de representar um modelo significativo que utiliza otimização com foco, também, em aspectos ergonômicos, apresentaremos a seguir três exemplos simples, reais e significativos.

Consideremos uma indústria fictícia em que seu objetivo é encontrar quanto produzir de seu único produto p respeitando as restrições de produção, para maximizar sua função lucro.

Nos próximos exemplos consideraremos um índice para cada classe OWAS, conforme tabela 3.1.

<i>OWAS</i>	Índice
1	-1
2	0
3	1
4	2

Tabela 3.1 – Aplicação de índice à classificação OWAS

A utilização destes índices fez-se necessário para melhor representar a qualidade das condições de trabalho no processo produtivo, uma vez que a soma da avaliação OWAS de cada trabalhador será subtraído da função objetivo original, ou seja, estes índices implicarão em ganho ou perda no valor da função objetivo. Neste ponto é importante observar que estaremos utilizando a ferramenta ergonômica OWAS, porém, poderíamos utilizar uma outra (NIOSH, REBA, etc.).

3.2.1. Exemplo 1

Neste exemplo consideramos o processo produtivo com um posto de trabalho e dois trabalhadores atuando em conjunto na produção de cada produto, sendo estes dois auxiliares de produção, com carga horária de 40 horas semanais. Cada trabalhador gasta 0,125 do seu tempo para produzir um produto. O valor de venda de cada produto é de R\$ 50,00. A figura abaixo refere-se ao exemplo 1, em que denotamos MP para matéria-prima, PA para produto acabado e y_i trabalhador i , $i = 1, 2$.

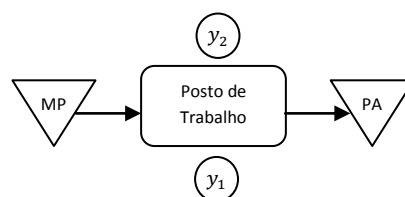


Figura 3.1 – Diagrama referente ao exemplo 1.

Desta forma, temos o seguinte modelo, sem considerar a avaliação OWAS, em que a variável de decisão, denotada por x , representa a quantidade, em unidades, do produto:

$$\begin{aligned} & \text{maximizar } 50x \\ & \text{sujeito a: } 0,125x \leq 2 \\ & \quad x \geq 0. \end{aligned}$$

Utilizando o software PROLIN obtivemos os seguintes resultados:

- ✓ Solução ótima: $x = 16$
- ✓ Valor da função objetivo = R\$ 800,00.

Agora, neste modelo proposto consideraremos todas as combinações possíveis da avaliação OWAS para os dois trabalhadores na função objetivo, em uma tentativa de mostrar que o modelo de otimização justifica as condições de trabalho registradas por uma ferramenta ergonômica. Assim, segue-se que o modelo matemático para esse exemplo é o seguinte problema de programação linear (inteira) mista, em que as variáveis de decisão, denotadas por x, y_1 e y_2 , representam a quantidade, em unidades, do produto, e os trabalhadores envolvidos no processo, respectivamente:

$$\begin{aligned} & \text{maximizar } 50x - \alpha(OWAS_1(y_1) + OWAS_2(y_2)) \\ & \text{sujeito a: } 0,125x \leq (y_1 + y_2) \\ & \quad x \geq 0 \\ & \quad y_1, y_2 \in \{0,1\}, \end{aligned}$$

onde α é um número real ($\alpha = 1,00$) e, $OWAS_1(y_1) + OWAS_2(y_2)$ representa a soma da avaliação OWAS de todos os trabalhadores.

Utilizando o software PROLIN obtivemos os seguintes resultados, conforme a tabela 3.2.

<i>OWAS</i>					
y_1	y_2	x^*	<i>vfo</i>	y_1	y_2
-1	-1	16	R\$ 802,00	1	1
0	0	16	R\$ 800,00	1	1
1	1	16	R\$ 798,00	1	1
2	2	16	R\$ 796,00	1	1
-1	2	16	R\$ 799,00	1	1
0	1	16	R\$ 799,00	1	1
-1	0	16	R\$ 801,00	1	1
-1	1	16	R\$ 800,00	1	1
0	-1	16	R\$ 801,00	1	1
0	2	16	R\$ 798,00	1	1
1	-1	16	R\$ 800,00	1	1
1	0	16	R\$ 799,00	1	1
1	2	16	R\$ 797,00	1	1
2	-1	16	R\$ 799,00	1	1
2	0	16	R\$ 798,00	1	1
2	1	16	R\$ 797,00	1	1

Tabela 3.2 – Resultados para o exemplo 1 sem SAT

Com os resultados apresentados na tabela 3.2 verificamos que independente das condições de trabalho, os funcionários y_1 e y_2 continuarão trabalhando, uma vez que estão com os valores em 1, caso contrário seria 0. Assim, justifica-se o valor da solução ótima, para todas as combinações do OWAS, ser 16, assim como o encontrado na otimização sem a avaliação OWAS. Verificamos que nas melhores condições de trabalho para os dois funcionários, ou seja, índice OWAS em -1, encontramos o melhor resultado para o valor da função objetivo, ainda melhor que na otimização sem considerar a avaliação OWAS. O que pode representar um ganho de produtividade. Porém, com a solução ótima permanecendo constante, o ganho da empresa poderá ser representado em um menor retrabalho, conseqüentemente em redução de horas máquinas utilizadas e economia em matéria-prima, menor probabilidade de doenças e acidentes do trabalho oferecendo a seus trabalhadores uma melhor qualidade de vida e uma produção socialmente responsável. Agora, para as piores condições de trabalho para os dois funcionários, ou seja, índice OWAS em 2, encontramos o pior resultado para o valor da função objetivo, sendo ainda abaixo do valor encontrado sem

considerar a avaliação OWAS. Como a solução ótima permanece constante, a perda da empresa pode ser representada pelo desgaste físico dos trabalhadores e a perda de qualidade dos produtos, gerando um maior retrabalho, desperdício de matéria-prima e maior utilização das máquinas, aumentando a probabilidade de deparada de máquinas, doenças e acidentes de trabalho.

Agora, suponhamos que esta indústria fictícia possua CNAE 22.29-3 (Fabricação de artefatos de material plástico), e seu grau de risco máximo, isto é, RAT igual a 3%, e que, no ano anterior, o FAP definido pela Previdência Social tenha sido de 1,5. Considerando que o salário de cada auxiliar de produção é R\$ 545,00, temos uma folha mensal de R\$ 1.090,00. Para este cenário temos o seguinte SAT:

$$SAT = 1.090 \times 0,03 \times 1,5$$

$$SAT = R\$ 49,05.$$

Agora, neste modelo proposto acrescentaremos o valor do SAT na função objetivo em uma tentativa de mostrar que as condições de trabalho podem influenciar no lucro da empresa. Assim, segue-se que o modelo matemático para esse exemplo é o seguinte problema de programação linear (inteira) mista, em que as variáveis de decisão, denotadas por x , y_1 e y_2 , representam a quantidade, em unidades, do produto, e os trabalhadores envolvidos no processo, respectivamente:

$$\text{maximizar } 50x - SAT(OWAS_1(y_1) + OWAS_2(y_2))$$

$$\text{sujeito a: } 0,125x \leq (y_1 + y_2)$$

$$x \geq 0$$

$$y_1, y_2 \in \{0,1\},$$

onde SAT representa a alíquota de contribuição mensal para o seguro acidente do trabalho, neste caso R\$ 49,05 e, $OWAS_1(y_1) + OWAS_2(y_2)$, representa a soma da avaliação OWAS de todos os trabalhadores.

Utilizando o software PROLIN obtivemos os seguintes resultados, conforme a tabela 3.3:

OWAS						
y_1	y_2	SAT	x^*	vfo	y_1	y_2
-1	-1	R\$ 49,05	16	R\$ 898,10	1	1
0	0	R\$ 49,05	16	R\$ 800,00	1	1
1	1	R\$ 49,05	16	R\$ 701,90	1	1
2	2	R\$ 49,05	16	R\$ 603,80	1	1
-1	2	R\$ 49,05	16	R\$ 750,95	1	1
0	1	R\$ 49,05	16	R\$ 750,95	1	1
-1	0	R\$ 49,05	16	R\$ 849,05	1	1
-1	1	R\$ 49,05	16	R\$ 800,00	1	1
0	-1	R\$ 49,05	16	R\$ 849,05	1	1
0	2	R\$ 49,05	16	R\$ 701,90	1	1
1	-1	R\$ 49,05	16	R\$ 800,00	1	1
1	0	R\$ 49,05	16	R\$ 750,95	1	1
1	2	R\$ 49,05	16	R\$ 652,85	1	1
2	-1	R\$ 49,05	16	R\$ 750,95	1	1
2	0	R\$ 49,05	16	R\$ 701,90	1	1
2	1	R\$ 49,05	16	R\$ 652,85	1	1

Tabela 3.3 – Resultados para o exemplo 1 com SAT

Com a introdução do *SAT* neste exemplo, verificamos na tabela 3.3 que permanecem as mesmas inferências atribuídas à tabela 3.2, sendo mais expressivos, apenas, os valores da função objetivo.

3.2.2. Exemplo 2

Neste exemplo consideramos o processo produtivo com um posto de trabalho e dois trabalhadores, cada trabalhador atuando em uma etapa da produção de um mesmo produto, sendo um auxiliar de produção e um operador de máquina, com carga horária de 40 horas semanais. O auxiliar de produção gasta 0,2 do seu tempo para fazer a sua parte de um produto, o operador de máquina gasta 0,3 do seu tempo para concluir este produto. O valor de venda de cada produto é de R\$ 50,00. A figura abaixo refere-se ao exemplo 2, em que denotamos MP para matéria-prima, PA para produto acabado e y_i trabalhador i , $i = 1, 2$.

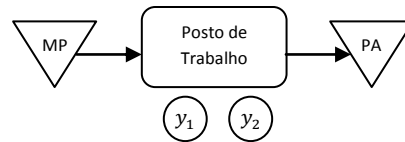


Figura 3.2 – Diagrama referente ao exemplo 2.

Desta forma, temos o seguinte modelo, sem considerar a avaliação OWAS, em que a variável de decisão, denotada por x , representa a quantidade, em unidades, do produto:

$$\begin{aligned} & \text{maximizar } 50x \\ & \text{sujeito a: } 0,2x \leq 1 \\ & \quad 0,3x \leq 1 \\ & \quad x \geq 0. \end{aligned}$$

Utilizando o software PROLIN obtivemos os seguintes resultados:

- ✓ Solução ótima = 3,33
- ✓ Valor da função objetivo = R\$ 166,50.

Agora, neste modelo proposto consideraremos todas as combinações possíveis da avaliação OWAS para os dois trabalhadores. Assim, segue-se que o modelo matemático para esse exemplo é o seguinte problema de programação linear (inteira) mista, em que as variáveis de decisão, denotadas por x, y_1 e y_2 , representam a quantidade, em unidades, do produto, e os trabalhadores envolvidos no processo, respectivamente:

$$\begin{aligned} & \text{maximizar } 50x - \alpha(OWAS_1(y_1) + OWAS_2(y_2)) \\ & \text{sujeito a: } \quad 0,2x \leq y_1 \\ & \quad \quad 0,3x \leq y_2 \\ & \quad \quad x \geq 0 \\ & \quad \quad y_1, y_2 \in \{0,1\}, \end{aligned}$$

onde α é um número real ($\alpha = 1,00$) e, $(OWAS_1(y_1) + OWAS_2(y_2))$, representa a soma da avaliação OWAS de todos os trabalhadores.

Utilizando o software PROLIN obtivemos os seguintes resultados, conforme a tabela 3.4:

<i>OWAS</i>		x^*	<i>vfo</i>	y_1	y_2
y_1	y_2				
-1	-1	3,33	R\$ 168,67	1	1
0	0	3,33	R\$ 166,67	1	1
1	1	3,33	R\$ 164,67	1	1
2	2	3,33	R\$ 162,67	1	1
-1	2	3,33	R\$ 165,67	1	1
0	1	3,33	R\$ 165,67	1	1
-1	0	3,33	R\$ 167,67	1	1
-1	1	3,33	R\$ 166,67	1	1
0	-1	3,33	R\$ 167,67	1	1
0	2	3,33	R\$ 164,67	1	1
1	-1	3,33	R\$ 166,67	1	1
1	0	3,33	R\$ 165,67	1	1
1	2	3,33	R\$ 163,67	1	1
2	-1	3,33	R\$ 165,67	1	1
2	0	3,33	R\$ 164,67	1	1
2	1	3,33	R\$ 163,67	1	1

Tabela 3.4 – Resultados para o exemplo 2 sem SAT

Com os resultados apresentados na tabela 3.4 verificamos que permanecem as mesmas inferências atribuídas à tabela 3.2, e que independente das condições de trabalho, os funcionários y_1 e y_2 continuarão trabalhando, uma vez que estão com os valores em 1. O que não poderia ser diferente já que cada trabalhador participa em uma etapa diferente na produção dos produtos, necessitando sempre das duas etapas para a conclusão de cada produto. Concluimos que este modelo segue o que acontece na maioria das empresas, isto é, desgaste físico do trabalhador em prol da produtividade, independente das condições de trabalho oferecidas.

Agora, suponhamos que esta indústria fictícia possua CNAE 22.29-3 (Fabricação de artefatos de material plástico), e seu grau de risco máximo, isto é, RAT igual a 3%, e que, no ano anterior, o FAP definido pela Previdência Social tenha sido de 1,5. Considerando que o salário do auxiliar de produção é R\$ 545,00 e o salário do

operador de máquina é R\$ 817,50, temos uma folha mensal de R\$ 1.362,50. Para este cenário temos o seguinte SAT:

$$\text{SAT} = 1.362,50 \times 0,03 \times 1,5$$

$$\text{SAT} = \text{R\$ } 61,31.$$

Agora, neste modelo proposto consideraremos todas as combinações possíveis da avaliação OWAS para os dois trabalhadores e o valor do SAT. Assim, segue-se que o modelo matemático para esse exemplo é o seguinte problema de programação linear (inteira) mista, em que as variáveis de decisão, denotadas por x , y_1 e y_2 , representam a quantidade, em unidades, do produto, e os trabalhadores envolvidos no processo, auxiliar de produção e operador de máquina, respectivamente:

$$\text{maximizar } 50x - \text{SAT}(\text{OWAS}_1(y_1) + \text{OWAS}_2(y_2))$$

$$\text{sujeito a: } \quad 0,2x \leq y_1$$

$$0,3x \leq y_2$$

$$x \geq 0$$

$$y_1, y_2 \in \{0,1\},$$

onde SAT representa a alíquota de contribuição mensal para o seguro acidente do trabalho, neste caso R\$ 61,31, e, $(\text{OWAS}_1(y_1) + \text{OWAS}_2(y_2))$, representa a soma da avaliação OWAS de todos os trabalhadores.

Utilizando o software PROLIN obtivemos os seguintes resultados, conforme a tabela 3.5:

<i>OWAS</i>						
y_1	y_2	<i>SAT</i>	x^*	<i>vfo</i>	y_1	y_2
-1	-1	R\$ 61,31	3,33	R\$ 289,29	1	1
0	0	R\$ 61,31	3,33	R\$ 166,67	1	1
1	1	R\$ 61,31	3,33	R\$ 44,05	1	1
2	2	R\$ 61,31	0	R\$ -	0	0
-1	2	R\$ 61,31	3,33	R\$ 105,36	1	1
0	1	R\$ 61,31	3,33	R\$ 105,36	1	1
-1	0	R\$ 61,31	3,33	R\$ 227,98	1	1
-1	1	R\$ 61,31	3,33	R\$ 166,67	1	1
0	-1	R\$ 61,31	3,33	R\$ 227,98	1	1
0	2	R\$ 61,31	3,33	R\$ 44,05	1	1
1	-1	R\$ 61,31	3,33	R\$ 166,67	1	1
1	0	R\$ 61,31	3,33	R\$ 105,36	1	1
1	2	R\$ 61,31	0	R\$ -	0	0
2	-1	R\$ 61,31	3,33	R\$ 105,36	1	1
2	0	R\$ 61,31	3,33	R\$ 44,05	1	1
2	1	R\$ 61,31	0	R\$ -	0	0

Tabela 3.5 – Resultados para o exemplo 2 com SAT

Com a introdução do *SAT* neste exemplo, verificamos que o modelo, pela primeira vez, altera o valor da solução ótima, atribuindo para os trabalhadores y_1 e y_2 o valor 0, ou seja, com suas atividades laborais paralisadas, atingindo o valor da solução ótima que, neste caso é 0. Observamos que a paralisação ocorre para os dois trabalhadores independente da avaliação OWAS, uma vez que a parada de um resulta na parada de produção, conseqüentemente parando o outro trabalhador. Nesta situação, inferimos que o modelo identificou que os trabalhadores estavam em más condições de trabalho, sendo melhor para o sistema a paralisação das atividades laborais do que forçar a produção em más condições, o que traria prejuízos para o sistema. Estes prejuízos podem ser identificados como produtos fora de especificação, agressão ao meio ambiente, perdas de matéria-prima, desperdícios e paradas de produção e, principalmente, acidentes do trabalho ou doenças do trabalho. Quando estes resultam em processos trabalhistas as perdas são ainda maiores para a empresa.

3.2.3. Exemplo 3

Neste exemplo consideramos o processo produtivo com dois postos de trabalho e três trabalhadores, sendo três auxiliares de produção, com carga horária de 40 horas semanais. Sendo que no primeiro posto de trabalho, onde trabalham dois auxiliares de produção independentes, utilizando 0,2 do seu tempo para fazer a primeira parte de um produto, e no segundo posto de trabalho onde fica um auxiliar de produção gastando 0,3 do seu tempo para concluir este produto. O valor de venda de cada produto é de R\$ 50,00. A figura abaixo refere-se ao exemplo 3, em que denotamos MP para matéria-prima, PA para produto acabado e y_i trabalhador i , $i = 1, 2, 3$.

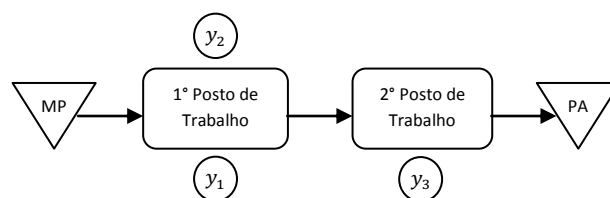


Figura 3.3 – Diagrama referente ao exemplo 3.

Desta forma, temos o seguinte modelo, sem considerar a avaliação OWAS, em que a variável de decisão, denotada por x , representa a quantidade, em unidades, do produto:

$$\begin{aligned} & \text{maximizar } 50x \\ & \text{sujeito a: } 0,2x \leq 2 \\ & \quad \quad \quad 0,3x \leq 1 \\ & \quad \quad \quad x \geq 0 \end{aligned}$$

Utilizando o software PROLIN obtivemos os seguintes resultados:

- ✓ Solução ótima = 3,33
- ✓ Valor da função objetivo = R\$ 166,67.

Agora, neste modelo proposto consideraremos todas as combinações possíveis da avaliação OWAS para os três trabalhadores. Assim, segue-se que o modelo

matemático para esse exemplo é o seguinte problema de programação linear (inteira) mista, em que as variáveis de decisão, denotadas por x, y_1, y_2 e y_3 , representam a quantidade, em unidades, do produto, e os trabalhadores envolvidos no processo, respectivamente:

$$\begin{aligned}
 & \text{maximizar } 50x - \alpha(OWAS_1(y_1) + OWAS_2(y_2) + OWAS_3(y_3)) \\
 & \text{sujeito a:} \quad 0,2x \leq y_1 + y_2 \\
 & \quad \quad \quad 0,3x \leq y_3 \\
 & \quad \quad \quad x \geq 0 \\
 & \quad \quad \quad y_1, y_2, y_3 \in \{0,1\},
 \end{aligned}$$

onde α é um número real ($\alpha = 1,00$) e, $OWAS_1(y_1) + OWAS_2(y_2) + OWAS_3(y_3)$, representa a soma da avaliação OWAS de todos os trabalhadores.

Utilizando o software PROLIN obtivemos os seguintes resultados, conforme a tabela 3.6:

OWAS							
y_1	y_2	y_3	x^*	vfo	y_1	y_2	y_3
-1	-1	-1	3,33	R\$ 196,67	1	1	1
0	0	0	3,33	R\$ 166,67	1	0	1
1	1	1	3,33	R\$ 164,67	1	0	1
2	2	2	3,33	R\$ 162,67	1	0	1
-1	-1	0	3,33	R\$ 168,67	1	1	1
-1	-1	1	3,33	R\$ 167,67	1	1	1
-1	-1	2	3,33	R\$ 166,67	1	1	1
-1	0	-1	3,33	R\$ 168,67	1	0	1
-1	0	0	3,33	R\$ 167,67	1	0	1
-1	0	1	3,33	R\$ 166,67	1	0	1
-1	0	2	3,33	R\$ 165,67	1	0	1
-1	1	-1	3,33	R\$ 168,67	1	0	1
-1	1	0	3,33	R\$ 167,67	1	0	1
-1	1	1	3,33	R\$ 167,67	1	0	1
-1	1	2	3,33	R\$ 165,67	1	0	1
-1	2	-1	3,33	R\$ 168,67	1	0	1
-1	2	0	3,33	R\$ 167,67	1	0	1
-1	2	1	3,33	R\$ 166,67	1	0	1
-1	2	2	3,33	R\$ 165,67	1	0	1
0	-1	-1	3,33	R\$ 168,67	0	1	1
0	-1	0	3,33	R\$ 167,67	0	1	1
0	-1	1	3,33	R\$ 166,67	0	1	1
0	-1	2	3,33	R\$ 165,67	0	1	1
0	0	-1	3,33	R\$ 167,67	1	0	1
0	0	1	3,33	R\$ 165,67	1	0	1
0	0	2	3,33	R\$ 164,67	1	0	1
0	1	-1	3,33	R\$ 167,67	1	0	1
0	1	0	3,33	R\$ 166,67	1	0	1
0	1	1	3,33	R\$ 165,67	1	0	1
0	1	2	3,33	R\$ 164,67	1	0	1
0	2	-1	3,33	R\$ 167,67	1	0	1
0	2	0	3,33	R\$ 166,67	1	0	1
0	2	1	3,33	R\$ 165,67	1	0	1
0	2	2	3,33	R\$ 164,67	1	0	1
1	-1	-1	3,33	R\$ 168,67	0	1	1
1	-1	0	3,33	R\$ 167,67	0	1	1
1	-1	1	3,33	R\$ 166,67	0	1	1
1	-1	2	3,33	R\$ 165,67	0	1	1
1	0	-1	3,33	R\$ 167,67	0	1	1
1	0	0	3,33	R\$ 166,67	0	1	1
1	0	1	3,33	R\$ 165,67	0	1	1
1	0	2	3,33	R\$ 164,67	0	1	1
1	1	-1	3,33	R\$ 166,67	1	0	1
1	1	0	3,33	R\$ 165,67	1	0	1
1	1	2	3,33	R\$ 163,67	1	0	1
1	2	-1	3,33	R\$ 166,67	1	0	1
1	2	0	3,33	R\$ 165,67	1	0	1
1	2	1	3,33	R\$ 164,67	1	0	1
1	2	2	3,33	R\$ 163,67	1	0	1
2	-1	-1	3,33	R\$ 168,67	0	1	1
2	-1	0	3,33	R\$ 167,67	0	1	1
2	-1	1	3,33	R\$ 166,67	0	1	1
2	-1	2	3,33	R\$ 165,67	0	1	1
2	0	-1	3,33	R\$ 167,67	0	1	1
2	0	0	3,33	R\$ 166,67	0	1	1
2	0	1	3,33	R\$ 165,67	0	1	1
2	0	2	3,33	R\$ 164,67	0	1	1
2	1	-1	3,33	R\$ 166,67	0	1	1
2	1	0	3,33	R\$ 165,67	0	1	1
2	1	1	3,33	R\$ 164,67	0	1	1
2	1	2	3,33	R\$ 163,67	0	1	1
2	2	-1	3,33	R\$ 165,67	1	0	1
2	2	0	3,33	R\$ 164,67	1	0	1
2	2	1	3,33	R\$ 163,67	1	0	1

Tabela 3.6 – Resultados para o exemplo 3 sem SAT

Com os resultados apresentados na tabela 3.6 verificamos que independente das variações OWAS, o trabalhador y_3 continuará trabalhando, uma vez que a sua parada resultaria na parada de produção. Os trabalhadores y_1 e y_2 , que atuam no mesmo posto de trabalho, de acordo com a variação OWAS aquele que possuir a pior avaliação terá suas atividades paralisadas e, quando esta avaliação for igual, o modelo propõe a parada do segundo trabalhador, y_2 . Somente teremos a atuação dos trabalhadores y_1 e y_2 , em conjunto, quando suas avaliações OWAS forem ótimas, com valor -1. E, quando isto ocorrer combinado com a avaliação OWAS ótima do trabalhador y_3 teremos o melhor resultado para o valor da função objetivo. Neste cenário, no pior caso, teremos sempre dois trabalhadores atuando no processo, um no primeiro posto de trabalho e outro no segundo posto de trabalho, desta forma, observamos nos resultados encontrados que mesmo com dois trabalhadores atuando, teremos produtividades diferentes, ou seja, o valor da função objetivo varia para mais ou para menos de acordo com as boas ou más condições de trabalho mostrando que este modelo reflete o que realmente ocorre nas empresas.

Agora, suponhamos que esta indústria fictícia possua CNAE 22.29-3 (Fabricação de artefatos de material plástico), e seu grau de risco máximo, isto é, RAT igual a 3%, e que, no ano anterior, o FAP definido pela Previdência Social tenha sido de 1,5. Considerando que o salário do auxiliar de produção é R\$ 545,00, temos uma folha mensal de R\$ 1.635,00. Para este cenário temos o seguinte SAT:

$$\text{SAT} = 1.635,00 \times 0,03 \times 1,5$$

$$\text{SAT} = \text{R\$ } 73,58.$$

Agora, neste modelo proposto consideraremos todas as combinações possíveis da avaliação OWAS para os três trabalhadores e o valor do SAT. Assim, segue-se que o modelo matemático para esse exemplo é o seguinte problema de programação linear

(inteira) mista, em que as variáveis de decisão, denotadas por x, y_1, y_2 e y_3 , representam a quantidade, em unidades, do produto, e os trabalhadores envolvidos no processo, respectivamente:

$$\begin{aligned}
 & \text{maximizar } 50x - SAT(OWAS_1(y_1) + OWAS_2(y_2) + OWAS_3(y_3)) \\
 & \text{sujeito a:} \quad 0,2x \leq y_1 + y_2 \\
 & \quad \quad \quad 0,3x \leq y_3 \\
 & \quad \quad \quad x \geq 0 \\
 & \quad \quad \quad y_1, y_2, y_3 \in \{0,1\}
 \end{aligned}$$

onde SAT representa a alíquota de contribuição mensal para o seguro acidente do trabalho e, $OWAS_1(y_1) + OWAS_2(y_2) + OWAS_3(y_3)$, representa a soma da avaliação OWAS de todos os trabalhadores.

Utilizando o software PROLIN obtivemos os seguintes resultados, conforme a tabela 3.7:

OWAS								
y_1	y_2	y_3	SAT	x^*	vfo	y_1	y_2	y_3
-1	-1	-1	R\$ 73,58	3,33	R\$ 387,41	1	1	1
0	0	0	R\$ 73,58	3,33	R\$ 166,67	1	0	1
1	1	1	R\$ 73,58	3,33	R\$ 19,51	1	0	1
2	2	2	R\$ 73,58	0	R\$ -	0	0	0
-1	-1	0	R\$ 73,58	3,33	R\$ 313,83	1	1	1
-1	-1	1	R\$ 73,58	3,33	R\$ 240,25	1	1	1
-1	-1	2	R\$ 73,58	3,33	R\$ 166,67	1	1	1
-1	0	-1	R\$ 73,58	3,33	R\$ 313,83	1	0	1
-1	0	0	R\$ 73,58	3,33	R\$ 240,25	1	0	1
-1	0	1	R\$ 73,58	3,33	R\$ 166,67	1	0	1
-1	0	2	R\$ 73,58	3,33	R\$ 93,09	1	0	1
-1	1	-1	R\$ 73,58	3,33	R\$ 313,83	1	0	1
-1	1	0	R\$ 73,58	3,33	R\$ 240,25	1	0	1
-1	1	1	R\$ 73,58	3,33	R\$ 166,67	1	0	1
-1	1	2	R\$ 73,58	3,33	R\$ 93,09	1	0	1
-1	2	-1	R\$ 73,58	3,33	R\$ 313,83	1	0	1
-1	2	0	R\$ 73,58	3,33	R\$ 240,25	1	0	1
-1	2	1	R\$ 73,58	3,33	R\$ 166,67	1	0	1
-1	2	2	R\$ 73,58	3,33	R\$ 93,09	1	0	1
0	-1	-1	R\$ 73,58	3,33	R\$ 313,83	0	1	1
0	-1	0	R\$ 73,58	3,33	R\$ 240,25	0	1	1
0	-1	1	R\$ 73,58	3,33	R\$ 166,67	0	1	1
0	-1	2	R\$ 73,58	3,33	R\$ 93,09	0	1	1
0	0	-1	R\$ 73,58	3,33	R\$ 240,25	1	0	1
0	0	0	R\$ 73,58	3,33	R\$ 166,67	1	0	1
0	0	1	R\$ 73,58	3,33	R\$ 93,09	1	0	1
0	0	2	R\$ 73,58	3,33	R\$ 19,51	1	0	1
0	1	-1	R\$ 73,58	3,33	R\$ 240,25	1	0	1
0	1	0	R\$ 73,58	3,33	R\$ 166,67	1	0	1
0	1	1	R\$ 73,58	3,33	R\$ 93,09	1	0	1
0	1	2	R\$ 73,58	3,33	R\$ 19,51	1	0	1
0	2	-1	R\$ 73,58	3,33	R\$ 240,25	1	0	1
0	2	0	R\$ 73,58	3,33	R\$ 166,67	1	0	1
0	2	1	R\$ 73,58	3,33	R\$ 93,09	1	0	1
0	2	2	R\$ 73,58	3,33	R\$ 19,51	1	0	1
1	-1	-1	R\$ 73,58	3,33	R\$ 313,83	0	1	1
1	-1	0	R\$ 73,58	3,33	R\$ 240,25	0	1	1
1	-1	1	R\$ 73,58	3,33	R\$ 166,67	0	1	1
1	-1	2	R\$ 73,58	3,33	R\$ 93,09	0	1	1
1	0	-1	R\$ 73,58	3,33	R\$ 240,25	0	1	1
1	0	0	R\$ 73,58	3,33	R\$ 166,67	0	1	1
1	0	1	R\$ 73,58	3,33	R\$ 93,09	0	1	1
1	0	2	R\$ 73,58	3,33	R\$ 19,51	0	1	1
1	1	-1	R\$ 73,58	3,33	R\$ 166,67	1	0	1
1	1	0	R\$ 73,58	3,33	R\$ 93,09	1	0	1
1	1	1	R\$ 73,58	0	R\$ -	0	0	0
1	1	2	R\$ 73,58	3,33	R\$ 166,67	1	0	1
1	2	0	R\$ 73,58	3,33	R\$ 93,09	1	0	1
1	2	1	R\$ 73,58	3,33	R\$ 19,51	1	0	1
1	2	2	R\$ 73,58	0	R\$ -	0	0	0
2	-1	-1	R\$ 73,58	3,33	R\$ 313,83	0	1	1
2	-1	0	R\$ 73,58	3,33	R\$ 240,25	0	1	1
2	-1	1	R\$ 73,58	3,33	R\$ 166,67	0	1	1
2	-1	2	R\$ 73,58	3,33	R\$ 93,09	0	1	1
2	0	-1	R\$ 73,58	3,33	R\$ 240,25	0	1	1
2	0	0	R\$ 73,58	3,33	R\$ 166,67	0	1	1
2	0	1	R\$ 73,58	3,33	R\$ 93,09	0	1	1
2	0	2	R\$ 73,58	3,33	R\$ 19,51	0	1	1
2	1	-1	R\$ 73,58	3,33	R\$ 166,67	0	1	1
2	1	0	R\$ 73,58	3,33	R\$ 93,09	0	1	1
2	1	1	R\$ 73,58	3,33	R\$ 19,51	0	1	1
2	1	2	R\$ 73,58	0	R\$ -	0	0	0
2	2	-1	R\$ 73,58	3,33	R\$ 93,09	1	0	1
2	2	0	R\$ 73,58	3,33	R\$ 19,51	1	0	1
2	2	1	R\$ 73,58	0	R\$ -	0	0	0

Tabela 3.7 – Resultados para o exemplo 3 com SAT

Com a introdução do *SAT* neste exemplo, verificamos na tabela 3.7 que o modelo entende que o melhor para o sistema, na maioria dos casos, é ter somente dois trabalhadores atuando, exceto quando o valor da avaliação OWAS dos três trabalhadores é -1, ou seja, boas condições de trabalho, gerando o maior valor para a função objetivo. O pior caso acontece quando os trabalhadores y_1, y_2 e y_3 estiverem, em conjunto, em más condições de trabalho, ou seja, com seu valor da avaliação OWAS em 1 ou 2, quando o melhor para o sistema é a parada de produção, seguindo o que indica a solução ótima, neste caso, 0.

Na próxima seção apresentaremos o nosso modelo.

3.3. O modelo

Baseado na seção anterior propomos o seguinte modelo de otimização que considera aspectos ergonômicos: dados uma matriz numérica com coeficientes reais A , $m \times n_1$, e uma matriz numérica com coeficientes reais B , $m \times n_2$, e vetores $d \in \mathfrak{R}^m$ e $c \in \mathfrak{R}^{n_1}$, e o valor de OWAS de acordo com os índices da tabela 3.1, e o valor do SAT,

$$\begin{aligned}
 \text{(M)} \quad & \text{maximizar } c^T x - \text{SAT}(\sum_{j=1}^{n_2} \text{OWAS}_j(y_j)) \\
 & \text{sujeito a:} \quad Ax - By \leq d \\
 & \quad \quad \quad x \in R_+^{n_1} \\
 & \quad \quad \quad y \in \{0, 1\}^{n_2}.
 \end{aligned}$$

A seguir faremos as nossas considerações finais.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Todo projeto ergonômico inicia-se com o a análise ergonômica do trabalho, isto é, o ergonomista analisa como são realizadas as atividades dos trabalhadores identificando os possíveis riscos ergonômicos. E, para validá-los, pode-se utilizar de algumas ferramentas ergonômicas. Certo dos riscos existentes, sugere para a empresa as correções a serem feitas em um plano de ação, onde a empresa avaliará o seu custo-benefício.

O modelo proposto (M) vem apoiar as sugestões do ergonomista e auxiliar na análise de custo-benefício para a empresa, conforme capítulo 3. Além disso, este modelo pode ser adaptado para empresas em outros países considerando suas legislações vigentes.

Sugerimos uma tentativa para validar esse modelo através de aplicações em sistemas produtivos diversos, por exemplo, empresas na construção civil, hospitais, etc..

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

IIDA, ITIRO. **Ergonomia: Projeto e Produção**. 2ª Ed. São Paulo. Ed. Edgard Blucher, 2005.

MARTINS, SERGIO PINTO. **Direito do Trabalho**. 26ª Ed. São Paulo. Ed. Atlas S.A, 2010.

MARTINS, SERGIO PINTO. **Direito da Seguridade Social**. 31ª Ed. São Paulo. Ed. Atlas S.A, 2011.

Manuais de Legislação Atlas. **Segurança e Medicina do Trabalho**. 67ª Ed. São Paulo. Ed. Atlas S.A, 2011.

Manual NTEP e FAP: **Nexo Técnico Epidemiológico Previdenciário (NTEP) e suas implicações na composição do Fator Acidentário de Prevenção (FAP)**. SESI/DN. – Brasília, 2011.

A. C. B. ALVES e M. A. F. MENEZES. **Introdução à pesquisa operacional**. Goiânia: Editora da PUC Goiás, 2010.

M. A. F. MENEZES. **Uma Breve Introdução à Programação Linear Inteira**. Boletim – Informativo do Grupo de Pesquisa Matemática Computacional, Ano 9, Número 17, março de 2011.

H. M. SALKIN. **Integer Programming**. Massachusetts: Addison Wesley, 1975.

M. ARENALES, V. ARMENTANO, R. MORABITO e H. YANASSE. **Pesquisa operacional**. 5ª. reimpressão. Rio de Janeiro. Editora Elsevier, 2007.

N. MACULAN e M. H. FAMPA. **Otimização linear**. Brasília. Editora UnB, 2006.

N. H. PAPADIMITRIOU e K. STEIGLITZ. **Combinatorial Optimization: algorithms and complexity**. Mineola: Dover, 1998.

J. MATOS e R. MATOS. **Software PROLIN**. Escola Superior de Tecnologia de Setúbal/Portugal. Disponível em: <http://prolin.no.sapo.pt/>. Acesso em: 25 de julho de 2011.