

MAÍRA ZAMA E SANTIAGO

Estudo Ergonômico em Ambiente de Fabricação de Móveis no Pólo Moveleiro de Ubá - MG

Tese apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Ciência Florestal, para obtenção do título de *Magister Scientiae*.

VIÇOSA
MINAS GERAIS - BRASIL
2005

MAÍRA ZAMA E SANTIAGO

Estudo Ergonômico em Ambiente de Fabricação de Móveis no Pólo Moveleiro de Ubá - MG

Tese apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Ciência Florestal, para obtenção do título de *Magister Scientiae*.

Aprovada: 13 de maio 2005.

Luciano J. Minette
(Conselheiro)

Antônio Cleber G. Tibiriçá
(Conselheiro)

Aline Werneck B. de Carvalho

José de Castro Silva

Amaury P. de Souza
(Orientador)

AGRADECIMENTOS

À minha família, pelos valiosos conselhos e ajuda indispensável.

Ao Luís Otávio, pelo apoio, paciência e enorme carinho.

Aos professores Amaury Paulo de Souza, Luciano José Minette e Antônio Cleber G. Tibiriçá, pela orientação.

Às minhas amigas, pelo companheirismo.

À Universidade Federal de Viçosa e ao Departamento de Engenharia Florestal, pela oportunidade oferecida.

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), pelo suporte financeiro.

À Indústria de Móveis Itatiaia, pela receptividade e disponibilidade.

BIOGRAFIA

MAÍRA ZAMA E SANTIAGO, filha de Acyr dos Santos Zama e Marly Mezêncio dos Santos e Zama, nasceu na cidade de Viçosa MG, em 11 de março de 1979.

Em março de 1997, ingressou na Universidade Federal de Viçosa (UFV), graduando-se Arquiteta e Urbanista em maio de 2002.

Em março de 2003, iniciou o Programa de Pós-Graduação em Ciência Florestal, na mesma universidade, para obtenção do título de *Magister Scientiae*, submetendo-se à defesa da tese em maio de 2005.

CONTEÚDO

RESUMO	vii
ABSTRACT	viii
I. INTRODUÇÃO	1
1. Importância e caracterização do problema	2
2. Objetivos	3
II. REVISÃO DE LITERATURA	4
1. Ergonomia	5
1.1. Introdução	5
1.2. Ergonomia arquitetônica	6
2. Princípios da Arquitetura Industrial	8
2.1. A cor no ambiente de trabalho	9
2.2. A funcionalidade do leiaute nos locais de trabalho	11
2.2.1. Leiaute industrial	13
2.3. Condições ambientais dos locais de trabalho	15
2.3.1. Meio térmico	16
2.3.2. Meio sonoro	16
2.3.3. Meio luminoso	17
3. Conforto nas Edificações Industriais	18
3.1. Insolação e comportamento térmico dos materiais	18
3.2. Conforto higrotérmico	21
3.3. Ventilação industrial	23
3.3.1. Ventilação natural	24
3.3.2. Ventilação artificial	26
3.3.3. Ventiladores	28
3.4. Acústica arquitetônica	28
3.4.1. Propagação do som	29
3.4.2. Absorção do som	31
3.5. Aspectos qualitativos da iluminação	34

4. O Setor Moveleiro	37
4.1. O setor moveleiro de Ubá	38
III. METODOLOGIA	40
1. Caracterização da Área de Estudo	41
1.1. A cidade de Ubá	41
1.2. A Indústria de Móveis Itatiaia	42
1.2.1. O processo de fabricação de móveis em aço	43
2. Metodologias Empregadas	47
2.1. Observação sistematizada	47
2.1.1. Funcionalidade e flexibilidade	48
2.1.2. Condições ambientais internas	48
2.2. Consulta aos trabalhadores	49
2.3. Interpretação dos dados	49
IV. RESULTADOS E DISCUSSÕES	50
1. Caracterização da Área de Produção	51
1.1. Galpão de produção	51
1.1.1. Leiaute industrial	55
1.1.2. Dimensões do espaço interno de trabalho	58
1.1.3. Funcionalidade e flexibilidade interna	58
2. Conforto Ambiental	62
2.1. Conforto higrotérmico	63
2.2. Conforto acústico	66
2.3. Conforto luminoso	67
3. Síntese dos resultados	71
3.1. Funcionalidade e flexibilidade	71
3.2. Conforto ambiental	71
3.2.1. Condições higrotérmicas interna	71
3.2.2. Ruído interno	71
3.2.3. Iluminação interna	72

V. RECOMENDAÇÕES	73
1. Funcionalidade	74
2. Conforto Ambiental	76
2.1. Medidas mitigadoras para condições térmicas internas	76
2.1.1. Insolação	76
2.1.2. Calor interno	79
2.2. Medidas mitigadoras para condições de ruído interno	81
2.3. Medidas de controle para o trabalhador	83
2.4. Medidas para melhoria da iluminação	83
2.5. Considerações finais	86
VI. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	87
VII. ANEXOS	91
1. Roteiro para observação	92
2. Roteiro para entrevista	97

RESUMO

SANTIAGO, Maíra Zama, M.S., Universidade Federal de Viçosa, maio de 2005.
Estudo ergonômico em ambiente de fabricação de móveis no pólo moveleiro de Ubá - MG. Orientador: Amaury Paulo de Souza. Conselheiros: Luciano José Minette e Antônio Cleber Gonçalves Tibiriçá.

Partindo do princípio de que para a elaboração de projetos arquitetônicos industriais, comerciais, administrativos ou habitacionais é necessário visar o conforto e o bem-estar do ser humano, a arquitetura deve ter como referência os conhecimentos da ergonomia. Portanto, o objetivo desta pesquisa foi fazer uma avaliação de fatores arquitetônicos e ergonômicos em uma edificação de tipologia industrial: o galpão de produção da Indústria de Móveis Itatiaia, empresa pertencente ao pólo moveleiro de Ubá - MG. Para isso, o espaço de trabalho foi analisado conforme a metodologia de observação sistematizada e mediante consulta aos funcionários, a fim de obter um diagnóstico relativo à funcionalidade do fluxo de produção, à flexibilidade do espaço de trabalho e, sobretudo, às condições de conforto interno em termos térmico, acústico e lumínico. Com base nessas análises, pôde-se melhor caracterizar e compreender as condições de trabalho enfrentadas pelos funcionários, em razão dos fatores avaliados, sobretudo quanto às origens daquelas condições. Constatou-se que o ambiente físico apresenta características desfavoráveis ao conforto dos trabalhadores, o que, conseqüentemente, pode afetar o seu desempenho produtivo. Percebeu-se que, além dos meios de produção, a arquitetura da edificação teve grande influência nas causas dos problemas encontrados, como uso de materiais de revestimentos inadequados, aberturas insuficientes, ventilação artificial inapropriada, ausência de tratamentos acústicos, baixo grau de luminância, entre outros fatores que podem ser amenizados com a implantação de alternativas potencialmente aplicáveis na arquitetura existente. Em contrapartida, foram constatados boa funcionalidade do espaço interno de trabalho e certo grau de flexibilidade do leiaute implantado.

ABSTRACT

SANTIAGO, Maíra Zama, M.S., Universidade Federal de Viçosa, may of 2005.
Ergonomics study of assembly line in a furniture center of Ubá - MG. Adviser: Amaury Paulo de Souza. Committee Members: Luciano José Minette and Antônio Cleber Gonçalves Tibiriçá.

In principle, the elaboration of industrial, commercial, administrative or habitational architectural projects necessarily can consider both comfort and human well-being. Thus, the architecture needs to incorporate the ergonomical knowlegment. Therefore, this work had as objective to evaluate the architectonical and ergonomical factors in an industrial typology edification, *i.e.* the hangar for furniture production of the Itatiaia Industry, pertaining to the industrial pole of furniture of Ubá, MG. For this, the workstation was analyzed according methodologies of systematical observation and workers report for obtain a diagnosis about production flow functionality, flexibility of internal space and their environment conditions, considering temperature, noise and illumination. These analyses determinate the origin and the impact of some factors in the work conditions meeting in this industrial activity. We conclude that the physical space contribute for workers discomfort and, that, therefore, could become harmful for their efficiency. It is notable that besides the production mode, the architecture of the edification had a great influence in the causes of the problems, as in the use of inadequate materials for coverage, the insufficient openings, the inadequate artificial ventilation, the exemption of acoustic treatments, the inadequate illumination, besides other factors. All of these could be increased with the implantation of some potential alternatives applied on the actual architecture. In the other hand, we verify a good functionality of the internal work space and a moderate level of flexibility of the implanted layout.

I. INTRODUÇÃO

1. Importância e caracterização do problema

Os princípios da ergonomia estão, cada vez mais, sendo considerados e agregados ao cotidiano das pessoas, quando se pensa no desenvolvimento de um projeto arquitetônico. Na realidade, sua participação sempre se fez necessária, mas hoje em dia, com a busca incessante por uma vida saudável, a ergonomia ganhou um respaldo maior das ciências médicas, valorizando e exigindo a sua aplicação. Por conseqüência, outras áreas como arquitetura, engenharia e *design* também entraram em contato mais profundo com essa nova necessidade, enriquecendo suas obras.

Nos projetos arquitetônicos, a qualidade e a estética dos espaços individuais e coletivos são determinantes. No entanto, outros fatores devem ser incluídos nessas exigências, como as recomendações ergonômicas, que visam à satisfação e ao conforto humano.

A ergonomia defende a adaptação do espaço ao homem, de modo que a arquitetura, no processo de arranjo físico, antecipe e adeqüe as necessidades dos futuros usuários. Todavia, o que freqüentemente acontece é justamente o inverso: o homem é quem precisa se adaptar ao espaço proposto.

Nessa conjugação "arquitetura-ergonomia", as soluções ergonômicas podem se referir às várias condições de exposição e realização do trabalho, como: as características físicas dos postos de trabalho, por exemplo, dimensões, alturas e materiais; o planejamento e a disposição do leiaute interno de trabalho; a localização de dispositivos e materiais de trabalho; a quantidade, qualidade e localização da iluminação; o controle da temperatura; e as indicações sobre melhorias nas condições de ruído e seu controle, bem como na organização da atividade.

Além disso, a consideração do contexto, ou seja, do ambiente físico onde tais postos estão inseridos, é essencial no sentido de adequação e melhoramento espacial. Dessa forma, são de extrema importância as avaliações ergonômica e arquitetônica dos ambientes de trabalho. Estas, certamente, possibilitarão atender às características físicas e mentais do ser humano, considerado como peça principal a ser preservada, melhorando as condições de uso e convivência com o espaço, bem como inibindo mal-estares freqüentes de ambientes mal planejados.

2. OBJETIVOS

O objetivo geral desta tese foi fazer uma avaliação dos fatores arquitetônicos e ergonômicos na edificação destinada à produção, pertencente à Indústria de Móveis Itatiaia, em Ubá, Minas Gerais, visando a melhoria das condições de conforto, saúde e segurança dos trabalhadores.

Os objetivos específicos foram:

- 1) Diagnosticar e avaliar o ambiente de trabalho sob três aspectos fundamentais:
 - a funcionalidade, no que diz respeito ao fluxo de produção adotado;
 - a flexibilidade do espaço interno de trabalho; e
 - as condições de conforto no ambiente de trabalho, sob os pontos de vista térmico, acústico e lumínico.
- 2) Indicar alternativas arquitetônicas e ergonômicas aplicáveis ao local estudado, a fim de contribuir para a melhoria das condições de trabalho.

II. REVISÃO DE LITERATURA

1. ERGONOMIA

1.1. Introdução

Embora o polonês Woitej Yastembowsky tenha produzido - Ensaio de Ergonomia ou Ciência do Trabalho - em 1857, é marcante para a ergonomia, como ciência, o dia 12 de julho de 1949 (IIDA, 1990). Nessa data, cientistas e pesquisadores reuniram-se pela primeira vez, na Inglaterra, para discutir seus fundamentos; posteriormente, em 1950, em uma segunda reunião, foi proposto e adotado o neologismo ERGONOMIA¹, derivado dos termos gregos "ERGO", trabalho, e "NOMOS", regras, leis naturais.

No Brasil, a ergonomia foi introduzida na década de 1960, quando se desenvolveu a primeira tese sobre o tema na Universidade de São Paulo. Esse trabalho, intitulado Ergonomia do Manejo, de autoria do Professor Itiro Iida, pode ser considerado um ponto inicial da ergonomia no Brasil; posteriormente surgiram cursos e foram publicados livros sobre o assunto. Na mesma época, foi introduzido o tema na Faculdade de Psicologia da USP de Ribeirão Preto e nos cursos de medicina das universidades do Rio de Janeiro (UFRJ e UERJ) (www.ergonomia.com.br).

Embora postulada por um grupo de pesquisadores, a conceituação é bastante diversa. Grandjean (1968, *apud* www.ergonomia.com.br) destacou que ergonomia é uma ciência interdisciplinar, compreendendo a fisiologia e a psicologia do trabalho. O objetivo prático da ergonomia é a adaptação dos instrumentos, das máquinas, dos horários e do meio ambiente às exigências do homem, nos postos de trabalho. A realização de tais objetivos, no ambiente industrial, propicia a facilidade do trabalho e o rendimento do esforço humano.

Essa visão de ciência interdisciplinar é corroborada por outras definições (MURREL, 1965, *apud* www.ergonomia.com.br; WISNER, 1972, *apud* www.ergonomia.com.br); no entanto, outros autores propõem a ergonomia como tecnologia, por seu caráter aplicativo, de transformação. Nesse sentido, Montmollin (1971, *apud* www.ergonomia.com.br) afirmou que a ergonomia é a

¹ Atualmente, o termo ergonomia é empregado em muitos países da Europa, na Austrália e Nova Zelândia, e também no Brasil. No Japão, utiliza-se o termo Ergologia e nos Estados Unidos adota-se a expressão Fatores Humanos ou Engenharia Humana.

tecnologia das comunicações homem-máquina. Leplat (1972, *apud* www.ergonomia.com.br) relatou que a ergonomia é uma tecnologia, e não uma ciência, cujo objetivo é a organização dos sistemas homem-máquina. Com a modernização da sociedade, observou-se um intenso crescimento dos setores de serviços, de tráfego e transporte, de habitação e locais de lazer, dentre outros, os quais se denominam - Ergonomia de Atividades não-Profissionais.

A *Ergonomics Research Society*, sociedade científica formada no início da década de 1950, postula que a ergonomia se apresente como o estudo do relacionamento entre o homem e o seu trabalho, equipamento e ambiente e, particularmente, como a aplicação dos conhecimentos de anatomia, fisiologia e psicologia na solução dos problemas surgidos desse relacionamento (IIDA, 1990). Já Maciel (1995) enfatizou o ser humano, afirmando que toda intervenção ergonômica é a proposição de melhorias nas condições de trabalho, visando o conforto e o bem-estar do operador, a partir da análise da atividade.

Por fim, Vidal (2001) citou a definição da *International Ergonomic Association* - IEA: "ergonomia é a disciplina científica relacionada com a compreensão das interações entre os seres humanos e os outros elementos de um sistema; é a profissão que aplica princípios teóricos, dados, métodos e projetos que visam à otimização do bem-estar humano e a performance global do sistema. Os praticantes da ergonomia e os ergonômistas contribuem para o planejamento, o projeto e a avaliação de tarefas, postos de trabalho, produtos, ambientes e sistemas, a fim de torná-los compatíveis com as necessidades, habilidades e limitações das pessoas".

1.2. Ergonomia arquitetônica

Não importando qual seja, uma atividade recreativa, doméstica, profissional, reflexiva ou, mesmo, de descanso exigirá, no mínimo, um local que apresente funcionalidade, adequabilidade e agradabilidade aos seus ocupantes. As características físico-geométricas são determinantes nos locais de trabalho, pois permitirão o relacionamento entre homens e tecnologia

(equipamentos e máquinas), resultando em benefícios e eficiências para ambos.

Embora o assunto tenha sido discutido ao longo de muitos anos, somente a partir de 1990 a arquitetura passou a se ocupar mais desses aspectos, e talvez por isso se iniciasse a atualização dos processos de projeção e planejamento organizacional, aliando-os, definitivamente, à ergonomia. Diante de tantos prejuízos causados (humanos e tecnológicos), sabe-se, hoje, da importância de um local de trabalho bem dimensionado, em que a correção do ambiente físico, no sentido de fluxo, ruído, ventilação, temperatura e iluminação, pode atuar como prevenção para vários sintomas – visuais, auditivos, posturais e, até, intelectuais.

Atualmente, pode-se dizer que a ergonomia também encontrou um lugar junto à arquitetura, podendo atuar desde a formalização das idéias preliminares até a execução, tornando-se então presente em todo o processo projetual. A ergonomia tem, neste campo, a finalidade de definir, conceitualmente, o trabalho ou a atividade, estabelecendo referências e gerando subsídios para o projeto do ambiente físico.

A ergonomia pode contribuir para a melhoria das condições de conforto ambiental, funcionalidade do leiaute, criação de áreas diferenciadas, estética dos ambientes, por exemplo, quanto ao uso das cores, à concepção do mobiliário, às especificações dos materiais, além de ajudar na redução dos custos e na negociação com outras equipes de projeto (elétrico, telefônico, hidráulico, sanitário etc.).

Nesse processo conjunto, pode-se dizer que a ergonomia define as exigências práticas e a arquitetura estuda a forma como adaptá-las ao espaço, de acordo com a estética e a percepção espacial.

Na NR 17/1991 – Ergonomia (Norma Regulamentadora do Ministério do Trabalho e do Emprego), estão estabelecidos parâmetros que permitem a adaptação das condições de trabalho às características psicofisiológicas dos trabalhadores, de modo a proporcionar o máximo de conforto, segurança e desempenho eficiente (FERREIRA *et al.*, 2001). 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 (FERREIRA *et al.*, 2001).

2. PRINCÍPIOS DA ARQUITETURA INDUSTRIAL

Há mais de 2 mil anos, Vitruvius já definia a arquitetura por estas três palavras: solidez, comodidade e beleza. O funcionalismo², na visão da arquitetura, considera a distribuição das diversas partes com o objetivo de formar o todo perfeito: é funcional aquilo cuja forma resulta de uma exata adaptação ao uso.

Das primeiras fábricas construídas com tijolo aparente, que tinham nas grandes chaminés sua marca registrada, às indústrias automatizadas deste final de século, muita coisa mudou no ambiente industrial. Se de início os galpões atendiam formas simplificadas de manufatura, nas últimas décadas a maioria das indústrias passou a absorver sofisticados processos de produção, abrindo novas perspectivas para a arquitetura industrial (PAIVA, 1991).

A arquitetura industrial sempre foi considerada como uma das mais difíceis realizações que o homem empreendeu, ao longo dos tempos, pela complexidade de todas as necessidades que ela deve satisfazer, pela dificuldade de pôr em contato instalações industriais, máquinas, energia e homens, em perfeita harmonia, além dos problemas de fazer circular, economicamente, os produtos mais diversos.

Sem perder de vista as principais exigências dos empresários, que solicitam soluções simples, econômicas e passíveis de ampliação, os programas de edifícios industriais passam a incorporar conquistas dos trabalhadores. Sanitários e vestiários mais confortáveis, refeitórios com instalações para atender aos serviços de nutrição, áreas de lazer, serviço de ambulatório médico e de atendimento bancário são alguns destes elementos.

As áreas de produção devem ser flexíveis a novas alternativas, além de atender a requisitos técnicos e de leiaute e responder, de maneira adequada, aos aspectos de conforto ambiental. Áreas industriais, concebidas dentro de padrões de conforto e higiene, com ventilação e iluminação adequadas, com

² Em termos gerais, funcionalismo seria a prática da expressão: a forma segue a função. Atualmente, o termo foi substituído por usabilidade; conceitualmente, ambos possuem o mesmo objetivo: tratam da adequação entre o produto e as tarefas a cujo desempenho ele se destina, da adequação com o usuário que o utilizará e da adequação ao contexto em que será usado.

complementos visuais de vegetação e vistas para áreas externas, elevam os índices de qualidade e produtividade (PAIVA, 1991).

As oficinas com alta densidade humana vêm aumentando seu conforto com o desenvolvimento das técnicas de condicionamento de ar e das cores ambientais, tornando o conforto um dos elementos mais importantes da concepção. “Em frente à sua máquina-ferramenta, seu posto de controle, seu escritório, o homem manipulará as formas humanizadas pelos arquitetos industriais. Preocupações como essas fazem com que o arquiteto contribua no planejamento das indústrias para que elas possam se transformar em espaços coerentes com suas funções” (PAIVA, 1991).

2.1. A cor no ambiente de trabalho

Criar um ambiente humano apenas com a cor é criar uma obra de arte, na qual as pessoas vão viver e sentir sua influência. Se a coloração do ambiente é bem-sucedida, correspondente à própria função do local e auxilia o homem no seu trabalho, influenciará a tal ponto seus utilizadores que estes se inspirarão em sua harmonia para transformar a sua própria habitação (HUISMAN e PATRICK, 1967).

Durante o primeiro século industrial, parece que a cor não teve qualquer função no seu desenvolvimento. O papel fundamental da construção era de recobrir as máquinas. Estas eram, geralmente, escuras sobre um fundo de oficina cinzento. Tem-se a impressão de que a ordem era pintar com uma cor suja, de modo que a sujeira não aparecesse.

Atualmente, as indústrias recebem numerosas influências e começam a modificar sua fisionomia através de novas técnicas. Surgem as relações entre cores frias e quentes, cores funcionais e cores ambientes, assim consideradas em razão de os seres humanos perceberem-nas em superfícies que visualizam. As cores funcionais ou informativas servem para advertir o pessoal: a simples visão permite conhecer a sua natureza. As cores informativas, quando são distribuídas sem qualquer preocupação estética, criam um ambiente desagradável e, muitas vezes, brutal. Já as cores ambientes não podem ser regulamentadas (são casos particulares) e elementos específicos aos espaços onde devem ser aplicadas as influenciam.

No Quadro 1 estão a ilusão física e os efeitos psicológicos que determinadas cores são capazes de causar ao ser humano: é a psicodinâmica das cores. Assim, em função do tipo de trabalho a ser desenvolvido, especial atenção deverá ser dada às cores que comporão o ambiente.

Quadro 1 - Psicodinâmica das cores

Cores	Ilusões Físicas	Efeitos Psicológicos
Vermelho	Aumento de volume, de peso, de calor.	Estimulante, envolvente, excitante, inclina à violência.
Azul	Refrescante, diminuição de peso.	Repousante, acalma os nervos (céu).
Amarelo	Impressão de calor e de aumento de volume.	Incita à ação, ao esforço (sol, fogo).
Laranja	Impressão de calor e de aumento de volume.	Tonificante, leva à euforia, inspira alegria (fogo).
Verde	Impressão de frescura e leveza.	Sensação de paz (natureza).
Violeta	Diminuição de volume.	Leva à melancolia.
Preto	Aumento de peso e calor, diminuição de volume.	Repousante, porém deprimente (noite).
Branco	Aumento de volume.	Cansativa.
Cinza	Diminuição de volume.	Conduz à depressão e à apatia (mau tempo).
Marrom	Diminuição de volume.	Leva à depressão e à melancolia (caverna).

Fonte: Rocha (1991).

As cores se manifestam à visão humana em função de os materiais constituintes das superfícies serem capazes de retornar para os olhos de um observador determinados comprimentos de ondas, no intervalo de 0,38 – 0,78 μm . Certas constituições de superfícies são mais utilizadas para determinados ambientes, em função da espécie de trabalho que neles se desenvolverá. No Quadro 2 está o coeficiente de reflexão de uma série de cores, que normalmente poderão ser utilizadas na pintura de paredes e tetos.

Quadro 2 - Reflexão da luz

Cores	Reflexão (%)
Branco	70 a 85
Creme	55 a 70
Amarelo-palha	55 a 70
Rosa-claro	55 a 60
Amarelo	45 a 60
Rosa	45 a 55
Cinza-claro	40 a 50
Bege	40 a 45
Verde-claro	35 a 55
Ouro-velho e Havana-claro	35 a 40
Azul-claro	30 a 50
Vermelho-claro	25 a 40
Cinza-escuro	15 a 25
Verde-escuro	10 a 30
Azul e vermelho-escuro	10 a 25
Azul-escuro	5 a 15
Preto	5 a 10

Fonte: Rocha (1991).

Em função dessas porcentagens, utiliza-se normalmente para o teto e o alto das paredes (acima da altura dos olhos) uma cor de alto poder de reflexão, como o branco; para as partes abaixo da altura dos olhos, as paredes devem ser pintadas com cores de poder de reflexão entre 55 e 70%; para as bases das máquinas, estantes, mesas etc., sugerem-se cores com poder de reflexão entre 15 e 50%.

2.2. A funcionalidade do leiaute nos locais de trabalho

É crescente o interesse por parte das empresas com referência ao leiaute de suas instalações, em razão do desenvolvimento tecnológico nos dias atuais. Assim, parte do estudo da organização dos espaços, que estava um pouco "adormecida", reavivou-se; hoje em dia este tópico assumiu papel

preponderante quando da instalação, criação ou ampliação de alguma instituição, seja para fins burocráticos (escritórios) ou industriais (fábricas).

Segundo a Organização Internacional do Trabalho, arranjo físico ou leiaute é definido como sendo a posição relativa dos departamentos, das seções ou dos escritórios, dentro do conjunto de uma fábrica, oficina ou área de trabalho; das máquinas, dos pontos de armazenamento e do trabalho manual ou intelectual, dentro de cada departamento ou seção; dos meios de suprimento e acesso às áreas de armazenamento e de serviços, tudo relacionado dentro do fluxo do trabalho (MACHLINE e SCHOEPS, 1971).

Lima e Reingaintz (2004) definem leiaute de um local de trabalho como uma proposta para arranjo físico (distribuição espacial) de um conjunto de operadores, equipamentos, infra-estrutura e materiais; afirmam, ainda, que cada um destes elementos demanda condições bem particulares que, quando integradas sem critério, podem tornar-se conflitantes.

O principal objetivo de se estudar um leiaute é simular o posicionamento dos equipamentos e operadores, ao mesmo tempo em que possibilite verificar como estarão distribuídos e equacionados no local de trabalho³ seus requisitos em termos de infra-estrutura e materiais, e finalmente se todo o conjunto atende às diretrizes e condicionantes estabelecidas para o projeto (LIMA e REINGAINTZ, 2004).

A maneira mais prática para se adequar um leiaute às diretrizes e condicionantes estabelecidas para o projeto consiste em reproduzir alternativas de arranjo físico em escalas que condizem com a realidade, para então analisar, comparar e definir os pontos positivos e negativos de cada alternativa. Os recursos mais simples e rápidos são as plantas baixas e cortes da edificação, maquetes ou, mais recentemente, modelos virtuais em computador.

Segundo Machline e Schoeps (1971), alguns princípios básicos orientam o raciocínio para quando se pensar em soluções sempre partir do geral para o

³ Tanto em termos de espaço ocupado quanto de organização espacial, o menor nível de trabalho considerado é o posto de trabalho: uma posição fixa ocupada por um operador em determinado momento. Um nível acima está a estação de trabalho, composta por um ou mais postos de trabalho, associados aos seus respectivos equipamentos e itens de infra-estrutura. O conjunto de estações de trabalho, englobando toda a ambiência necessária ao desempenho das atividades, é denominado local ou espaço de trabalho, e, portanto, o maior nível.

particular, do ideal para o realizável, e quando se propuser alternativas, contemplar tanto o qualitativo quanto o quantitativo, ou seja, o ato de organizar o espaço de trabalho está diretamente ligado a racionalizar recursos e minimizar conflitos.

Machline e Schoeps (1971) revelaram alguns princípios para a organização de um arranjo físico:

1. promover economia nas operações: um leiaute ideal tende a encurtar a distância entre os operários e as ferramentas, nas diversas operações de fabricação;
2. facilitar o fluxo de pessoas e de materiais, para proporcionar distribuição mais racional entre máquinas e equipamentos, objetivando, de modo geral, minimizar os atropelos, assim como as distâncias entre os postos de trabalho. Quanto mais contínuo for o movimento entre uma operação e a subsequente, sem paradas, voltas ou cruzamentos, na combinação dos recursos produtivos, mais coerente e consistente estará o leiaute. A disposição do maquinário deve facilitar, ao máximo, a circulação;
3. utilizar a área de trabalho da melhor forma possível, para propiciar conforto e segurança aos funcionários; e
4. gerar arranjos com diferentes graus de flexibilidade, para casos de modificações e expansão futura.

2.2.1. Leiaute industrial

O leiaute industrial é, em termos teóricos, dividido em dois grupos, de acordo com a característica do fluxo do produto e da seqüência das máquinas (MACHLINE e SCHOEPS, 1971).

1º Grupo - Leiaute por produto móvel: quando o produto é móvel, a seqüência das máquinas apresenta a seguinte divisão:

- Leiaute em linha (ou por produto): as máquinas e os processos envolvidos na obtenção ou montagem de um produto ou série de produtos encontram-se agrupados juntos e em seqüência, de modo a propiciar que os materiais, ao entrarem na fase de produção, sigam sempre a mesma linha entre os pontos de

processamento. Uma operação é imediatamente adjacente à anterior. É recomendada quando se tem grande variedade de peças, seguindo uma padronização.

- Leiaute funcional (ou por processo): todas as operações semelhantes ou máquinas do mesmo tipo são agrupadas para aproveitar ao máximo sua potencialidade. Possui esta nomenclatura pelo fato de a localização da máquina e, ou, equipamento determinar sua função; em outras palavras, a posição das máquinas indicará sua função ou finalidade. Sua vantagem está em poder adaptar-se aos vários tipos de produtos diferentes.
- Leiaute celular: representa um meio-termo entre o arranjo funcional e o arranjo linear. Constitui um agrupamento de máquinas, em células, destinadas a uma família de produtos com roteiros de produção semelhantes, isto é, que necessitam das operações das mesmas máquinas na mesma seqüência de processamento (AGUIAR, 2003, disponível em: <www.em.ufop.br/em/DEPRO/monografias>. Acesso em: 01 abr. 2005).

2º Grupo - Leiaute por produto imóvel

Caracteriza-se pelo grande peso ou a inviabilidade de movimentação do objeto do trabalho. Assim, os operários trabalham em pontos diversos do produto, pois nem sempre homens e máquinas têm condições de se apresentar num ponto fixo de localização relativo ao conjunto fabril, por exemplo, os trabalhos realizados nas torres das refinarias etc.

Cada sistema apresenta suas vantagens e conseqüentes limitações ou desvantagens. Através de determinadas combinações de sistemas, no entanto, muitas delas podem ser eliminadas.

2.3. Condições ambientais dos locais de trabalho

A ergonomia é comumente definida como o estudo científico da relação entre o homem e o seu ambiente de trabalho (PALMER, 1976). Em se tratando de ambiente ou meio físico, uma das preocupações é com relação às condições de exposição aos fatores ambientais dos meios térmico, sonoro e luminoso, como temperatura, ruído e iluminação, respectivamente. Este conjunto de aspectos associados aos fatores humanos foi denominado pelos estudiosos de Ambiência. Toda atividade de trabalho está inserida em uma dada área, em um dado espaço, portanto o ambiente físico do trabalho pode fornecer ou dificultar a sua execução. Seus componentes podem ser fontes de insatisfação, desconforto, sofrimento e doenças, ou proporcionar a sensação de conforto.

A maioria das pessoas tem consciência da importância de manter certos padrões para garantir a saúde e a segurança dos trabalhadores. Não percebe, entretanto, que a eficiência depende da adaptação do ambiente aos requisitos de determinados trabalhos. Por exemplo, não é apenas a intensidade de iluminação que importa: o tipo e a posição da fonte de luz também podem ajudar o operador, através da redução do ofuscamento, do destaque que dão à peça de trabalho em contraste com o fundo e da direção que impõem aos olhos para as características especiais de trabalho. Além disso, o meio físico constitui-se numa fonte de informação para o homem no trabalho, ou seja, um ruído pode informá-lo sobre as condições de funcionamento de uma máquina, um clarão pode deformar, disfarçar ou revelar um detalhe de determinado objeto.

A ergonomia se aplica, então, na determinação das características ótimas desses meios, de acordo com os tipos de atividades executadas, considerando que o homem só pode conservar a integridade de seu organismo, físico ou psicológico, quando esses meios não ultrapassam certos limites (LAVILLE, 1977). A abordagem ambiental sob a ótica da ergonomia é centrada no ser humano e abrange tanto o critério de saúde quanto os critérios de conforto e de desempenho. As avaliações ambientais, quando necessárias, não dissociam o trabalhador do ambiente. De acordo com Rivero

(1985), o arquiteto tem em suas mãos as possibilidades de intervir nas variáveis do meio para melhorar a sua habitabilidade.

2.3.1. Meio térmico

Rivero (1985) definiu o quanto um ambiente termicamente desfavorável pode prejudicar o ser humano:

Não está provado que um meio mantido permanentemente em condições de conforto ótimo se traduza em benefícios para a saúde. As variações dentro dos limites de aceitabilidade de 20°C e 28°C provocam certas reações orgânicas que inclusive alguns pesquisadores consideram convenientes. O que já está provado é a consequência prejudicial dos meios desconfortáveis, que produzem fadiga, extenuação física e nervosa, diminuição de rendimento, aumento dos erros e riscos de acidentes no trabalho, além de expor o organismo a adquirir diversas doenças.

De acordo com Laville (1977), durante o trabalho físico no calor constatam-se: aumento do *déficit* sanguíneo e, portanto, da frequência cardíaca; aumento da sudorese e, portanto, perda de peso (que pode atingir 5 a 6% do peso do corpo, quando em condições extremas) e de sal; aumento da temperatura da pele, que tende a se igualar à das partes internas; e aumento da temperatura central. A capacidade de trabalho muscular também se reduz, o rendimento diminui e a atividade mental se altera, apresentando perturbações da coordenação sensório-motora, tempo de decisão alongado e vigilância diminuída.

2.3.2. Meio sonoro

Segundo Gerges (1992, 1997), os termos som e ruído são freqüentemente utilizados indistintamente, mas, geralmente, som é utilizado para caracterizar as sensações prazerosas, como música ou fala, enquanto ruído, para descrever um som indesejável, como buzina, explosão, barulho de trânsito e máquinas.

O ruído constitui um problema por três razões primordiais: por aborrecer, por perturbar e, finalmente, por poder causar surdez. Os níveis de ruído, no entanto, devem ser entendidos não somente como aqueles passíveis de provocar lesões no aparelho auditivo, tal como a perda auditiva, mas

também como uma perturbação passível de prejuízo ao bom desempenho da tarefa. Além da possibilidade de lesões irreversíveis no aparelho auditivo, como a surdez, os ruídos também podem provocar alterações reversíveis, como a fadiga auditiva. Esses efeitos estão relacionados com a intensidade do ruído, mas outros fatores podem atuar: o caráter inesperado, quando se trata de ruídos breves, aleatórios no tempo, que perturbarão uma tarefa que exija atenção; e os ruídos contínuos, que perturbarão a execução de tarefas mentais complexas. Máscia e Santos (1989) também afirmam que a presença de ruído prejudica o desempenho, perturba as relações interindividuais e diminuem as possibilidades de fixação e concentração, comprometendo, ainda, as atividades psicomotoras.

Finalmente, os ruídos podem ter conseqüência sobre a segurança: disfarce de um sinal sonoro, indicando o mau funcionamento de uma máquina ou de um instrumento; e disfarce ou deformação da palavra, impedindo a recepção exata de ordens ou informações.

2.3.3. Meio luminoso

De acordo com Laville (1977), o sistema visual é um recurso particularmente importante na procura de informações a respeito do trabalho: é um meio privilegiado de reconhecimento do espaço no qual o homem se desloca, controlando, de modo imediato e permanente, os atos do operador e seus efeitos sobre a tarefa e o meio ambiente. As condições em que as informações visuais são apresentadas determinam, com forte ênfase, a dificuldade do trabalho.

Segundo Lamberts *et al.* (1997), uma boa iluminação pode ser entendida como a existência de um conjunto de condições, em determinado ambiente, no qual o ser humano pode desenvolver suas tarefas visuais, com o máximo de acuidade e precisão e com o menor esforço.

Uma iluminação adequada do ambiente de trabalho é essencial para evitar problemas, como fadiga visual, incidência de erros, queda de rendimento e acidentes. O ideal é privilegiar a busca conjunta de soluções para garantir ao trabalhador os níveis de iluminância condizentes ao desempenho de suas tarefas.

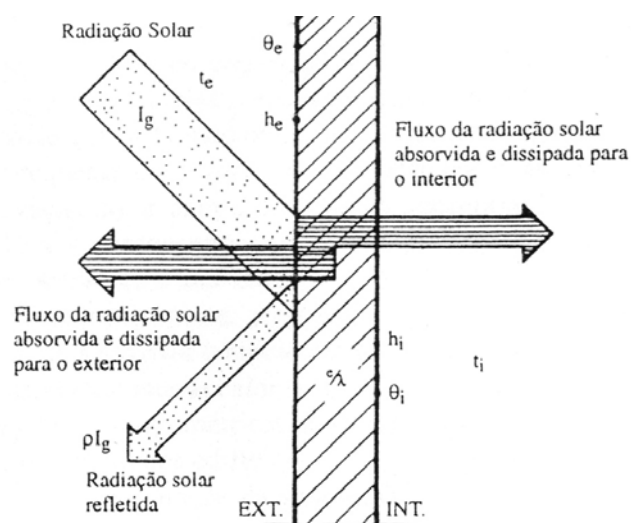
3. CONFORTO NAS EDIFICAÇÕES INDUSTRIAIS

Depois da estabilidade das edificações, que está intimamente relacionada com a preservação da vida humana, em razão da possibilidade de acidentes, o conforto ambiental dos usuários deve merecer a atenção da equipe responsável pela sua concretização. Parte deste conforto provém da boa orientação da edificação, no intuito do melhor aproveitamento de fatores como insolação e ventilação e das técnicas de iluminação e controle de ruídos.

3.1. Insolação e comportamento térmico dos materiais

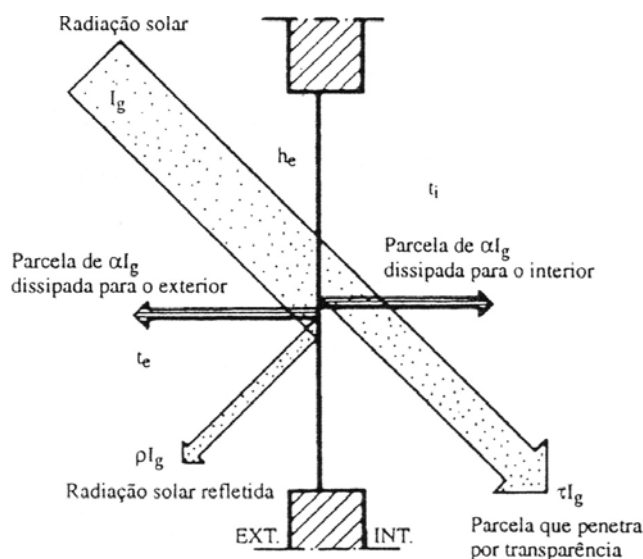
A radiação solar, importante fonte de energia, sempre representará um ganho extra de calor ao incidir sobre um edifício. Normalmente, este ganho se dá em função da intensidade de radiação incidente, porém as características térmicas dos fechamentos da edificação também exercem forte influência nos processos de trocas de calor entre o interior e o exterior das construções.

Os fechamentos de um edifício se referem à cobertura, ao piso e às paredes com suas aberturas, que podem ser representados por materiais opacos, translúcidos ou transparentes. Esta característica é um importante fator de influência quando se considera o calor de insolação, pois diferentes mecanismos de trocas de calor poderão ocorrer, dependendo do caso específico (Figuras 1 e 2).



Fonte: Frota e Schiffer (2001).

Figura 1 - Trocas de calor através de materiais opacos.



Fonte: Frota e Schiffer (2001).

Figura 2 - Trocas de calor através de materiais transparentes ou translúcidos.

Para o conforto dos usuários, é importante conhecer onde e de que maneira o calor penetra diretamente - por exemplo, nas janelas, e o quanto de calor pode ser absorvido pelas paredes, de acordo com seu material constituinte, para assim saber como melhor amenizá-lo. Em relação às superfícies transparentes, é importante ficar atento ao seu fator solar (F_s), que fornece o percentual da quantidade de radiação solar incidente penetra no interior do ambiente (Quadro 03).

Quadro 3 - Índice de fator solar (F_s)

Superfícies Separadoras		F_s
Vidro	Transparente (simples) 3 mm	0,87
	Transparente (duplo) 3 mm	0,75
	Cinza (fumê) 3 mm	0,72
	Verde 3 mm	0,72
	Reflexivo 3 mm	0,26 – 0,37
Película	Reflexiva	0,25 – 0,50
	Absorvente	0,40 – 0,50
Acrílico	Claro	0,85
	Cinza ou bronze	0,64
Policarbonato	Claro	0,85
	Cinza ou bronze	0,64
Domos	Claro	0,70
	Translúcido	0,40
Tijolo de vidro		0,56

Fonte: Adaptado de Lamberts *et al.* (1997).

Nos materiais opacos, vários fatores podem afetar a sua transmitância térmica (U), ou seja, na transferência do calor do exterior para o interior, sujeitos a uma diferença de temperatura. Para isto, é preciso considerar as três fases que compõem o fluxo térmico:

1. Troca de calor entre a superfície externa do fechamento e o meio exterior, condição em que a radiação solar global incidente terá uma parcela refletida e outra absorvida. Seu valor dependerá da refletividade (ρ) e da absorptividade (α) da superfície do material (Quadros 4 e 5) e da resistência superficial externa do fechamento. A principal determinante dessa condição é a cor superficial.

Quadro 4 - Absortividade de alguns materiais

Superfície	(α) Absorção p/ radiação solar
Tijolo ou pedra ou telha vermelha	0,65 – 0,80
Tijolo ou pedra amarela, couro	0,50 – 0,70
Alumínio, ouro, bronze (brilhantes)	0,30 – 0,50
Latão, alumínio fosco, aço galvanizado	0,40 – 0,65
Latão, cobre (polidos)	0,30 – 0,50
Alumínio, cromo (polidos)	0,10 – 0,40

Fonte: Frota e Schiffer (2001).

Quadro 5 - Absortividade de cores

Cor	(α) Absorção p/ radiação solar
Branca	0,2 – 0,3
Amarela, laranja, vermelho-clara	0,3 – 0,5
Vermelho-escura, verde-clara, azul-clara	0,5 – 0,7
Marrom-clara, verde-escura, azul-escura	0,7 – 0,9
Marrom-escura, preta	0,9 – 1,0

Fonte: Frota e Schiffer (2001).

2. Condução do calor através do fechamento, devido ao gradiente de temperatura formado. O fluxo depende das propriedades térmico-geométricas de cada camada do fechamento, ou seja, da capacidade de conduzir maior ou menor quantidade de calor. Quanto maior a

capacidade, tanto maior será a quantidade de calor transferida entre as superfícies (Quadro 6) delimitadoras de um fechamento.

Quadro 6 - Condutividade térmica de materiais típicos em edificações

Material	λ (W/m°C)
Concreto	1,50
Tijolo maciço	0,72
Argamassa celular	0,30
Madeira	0,14
Isopor	0,03

Fonte: Lamberts *et al.* (1997).

3. Troca de calor entre a superfície interna e o meio interno: dependerá da resistência superficial interna do fechamento (R_{si}) e de sua emissividade (ε) (Quadro 7).

Quadro 7 - Emissividade de materiais usados em edificações

Material	ε
Alumínio polido	0,05
Ferro galvanizado	0,20
Demais materiais de construção	0,90

Fonte: Lamberts *et al.* (1997).

3.2. Conforto higrotérmico

Segundo Macintyre (1990), o calor pode ser transmitido de um corpo para o outro, quando entre eles existe uma diferença de nível energético térmico. Como não se pode medir diretamente o calor como energia em si, mede-se o nível de intensidade do calor, que se designa temperatura.

A sensação térmica depende não só da temperatura externa, mas também do grau de umidade do ar e da velocidade do vento (COSTA, 1999). Com isto, para caracterizar a sensação de bem-estar, adota-se o conceito de temperatura efetiva⁴, que segundo Costa (1982) pode ser definida como a temperatura de um recinto que, contendo ar praticamente em repouso e

⁴ Para a maioria das pessoas, podem ser consideradas como ótimas as temperaturas efetivas que no verão situam-se entre 20 e 23°C e no inverno entre 18 e 21°C (FIALHO e SANTOS, 1997).

completamente saturado de umidade, proporciona a mesma sensação de frio ou calor que o ambiente em consideração.

A legislação brasileira sobre ergonomia (NR 17/1991) recomenda as seguintes condições para conforto higrotérmico: índice de temperatura efetiva entre 20 e 23°C; velocidade do ar não superior a 0,75m/s e umidade relativa do ar não inferior a 40% e não superior a 75%.

Os valores fornecidos por Costa (1999) e os da NR 17 estipulam uma zona de conforto, determinada estatisticamente por experiências realizadas com indivíduos expostos a diferentes condições ambientais, podendo fornecer limites considerados seguros para um trabalho contínuo de oito horas diárias.

O calor, no entanto, pode ser avaliado e classificado não só quanto aos Índices de Conforto Térmico, mas também de acordo com Índices de Sobrecarga Térmica. Estes últimos são mais complexos, pois, além de estipular os limites considerados seguros, permitem o cálculo de períodos adequados de trabalho e descanso para os casos onde o calor ultrapassa tais limites.

Segundo a FUNDACENTRO (1972), os principais índices de sobrecarga térmica são os Índices de Bulbo Úmido Termômetro de Globo, ou somente Índices de IBUTG. Estes consideram, além da temperatura, a umidade e a velocidade do ar, o calor radiante e o tipo de atividade exercida pelo indivíduo.

A legislação brasileira sobre Atividades e Operações Insalubres (NR 15 – anexo nº 3, do Ministério do Trabalho e Emprego) prescreve o uso dos Índices de IBUTG para avaliação da exposição ao calor, ficando estabelecidos alguns limites de tolerância (Quadro 8).

Quadro 8 - Limites de tolerância para a exposição ao calor

Consumo energético atividade (kcal/h)	Limites de Temperatura em °C para Regime de Trabalho de 1 hora				Situação em que é proibido trabalhar
	1 hora de trabalho	45 min de trabalho e 15 min de descanso	30 min de trabalho e 30 min de descanso	15 min de trabalho e 45 min de descanso	
Trabalho leve até 150	até 30,0	30,1 - 30,6	30,7 - 31,4	31,5 - 32,2	acima de 32,2
Moderado 150 - 300	até 26,7	26,8 - 28,0	28,1 - 29,4	29,5 - 31,1	acima de 31,1
Pesado Acima de 300	até 25,0	25,1 - 25,9	26,0 - 27,9	28,0 - 30,0	acima de 30,0

Fonte: Norma Regulamentadora nº15, anexo nº3, *apud* Silva (2003).

O calor é o agente físico mais difícil de ser avaliado, em virtude da multiplicidade de fatores ambientais e individuais que influem na sensação térmica, como:

- a presença humana;
- o sistema de iluminação artificial⁵;
- os motores e equipamentos;
- os processos industriais;
- o calor solar, representado pela intensidade da radiação solar e as características térmicas dos materiais.

Para auxiliar essa questão, o estudo de ventilação industrial passa a ser primordial.

3.3. Ventilação industrial

Dá-se o nome de ventilação ao processo de renovação do ar de um recinto. Macintyre (1990) confirmou esta breve explicação, acrescentando que a renovação de ar pode significar o seu deslocamento, tanto com a finalidade de retirada como de fornecimento de ar a um ambiente.

Ainda de acordo com Macintyre (1990), a finalidade primordial da renovação é obter, no interior de um recinto fechado, ar com um grau de pureza e velocidade de escoamento compatíveis com as exigências fisiológicas para a saúde e o bem-estar humano, e sua adequada distribuição no local. A renovação consegue, além disso, proporcionar a dissipação do calor, dentro de certos limites, ou seja, controle da temperatura e manutenção da zona de conforto⁶, e a diluição de vapores, fumaças, poeiras, odores e demais poluentes.

A ventilação industrial é, em geral, entendida como a operação realizada por meios mecânicos, ou seja, quando a renovação do ar é

⁵ De cada 100W de energia elétrica consumidos em iluminação têm-se: a) nas lâmpadas incandescentes, 90% transformam-se e dissipam-se sob a forma de calor e 10% em radiação luminosa; e b) nas lâmpadas fluorescentes (inclusive o reator), 75% transformam-se e dissipam-se sob a forma de calor e 25% em radiação luminosa.

⁶ Zona de Conforto: zona da carta psicométrica que compreende pontos representativos da temperatura efetiva, correspondentes às condições de sensação térmica julgada de conforto por um grupo de pessoas, de determinado local, submetidas a controle estatístico (COSTA, 1999).

proporcionada por diferença de pressão criada artificialmente. Seja de forma natural ou artificial, a movimentação do ar sempre se processará pelo estabelecimento de uma diferença de pressão entre dois pontos (normalmente um externo e outro interno), que devem ser cuidadosamente planejados, a fim de que sejam prevenidos danos à saúde, à segurança e ao bem-estar dos trabalhadores.

São tipos usuais de ventilação:

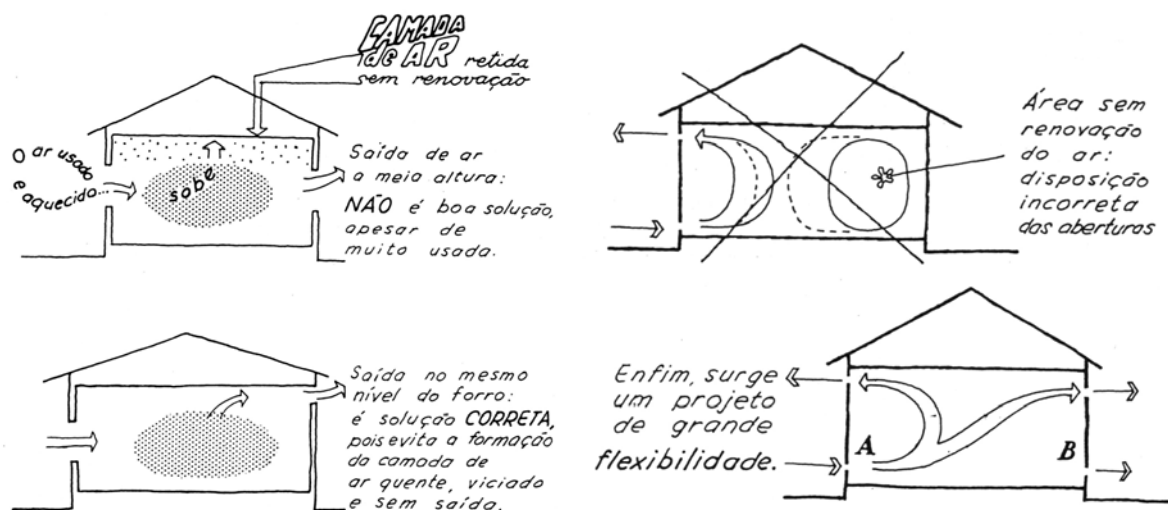
- Natural ou espontânea.
- Artificial ou forçada: local (exaustora); geral (diluidora) por insuflação, exaustão ou mista.

3.3.1. Ventilação natural

A ventilação natural é o deslocamento de ar no edifício, através de aberturas (janelas, portas e lanternins) que, quando dispostas convenientemente, funcionam, umas, como entradas e, outras, como saídas de ar. A vazão de ar, por ventilação natural, entrando ou saindo de um edifício, depende da diferença de pressão entre os ambientes interno e externo da edificação (FUNDACENTRO, 1972). Esta diferença de pressão pode ser ocasionada pelo vento, pela diferença de densidade do ar, fora e dentro do edifício, ou por ambas as forças, agindo simultaneamente. A ventilação do ar promovida pelos ventos é denominada ação dos ventos. O efeito da diferença de densidade provoca o chamado efeito chaminé (FROTA e SCHIFFER, 2001).

Esse efeito é, freqüentemente, o principal fator e acontece, segundo Frota e Schiffer (2001), quando a temperatura dentro do edifício é maior do que a exterior (Figura 3). Os ganhos de calor a que um edifício está submetido ocasionam a elevação da temperatura do ar contido no seu interior. O ar aquecido torna-se menos denso e com a tendência natural à ascensão. Se um recinto dispuser de aberturas próximas ao piso e próximas ao teto ou no teto, o ar interno, mais aquecido que o externo, terá a tendência de sair pelas aberturas altas, enquanto o ar externo, quando a temperatura for inferior ao ar interno, encontrará condições de penetrar pelas aberturas baixas (FROTA e SCHIFFER, 2001).

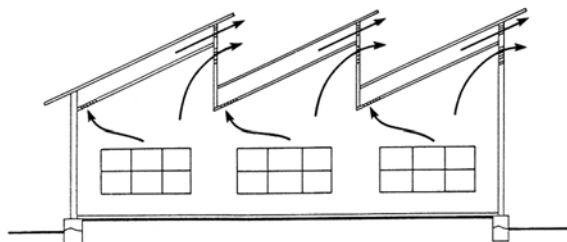
O fluxo de ar será tanto mais intenso quanto mais baixas forem as aberturas de entrada de ar e quanto mais altas forem as aberturas de saída de ar, podendo ser intensificada por meio de canais de saída de ar, ou seja, chaminés de ventilação, técnica usual em ambientes industriais (COSTA, 1982).



Fonte: Montenegro (1998).

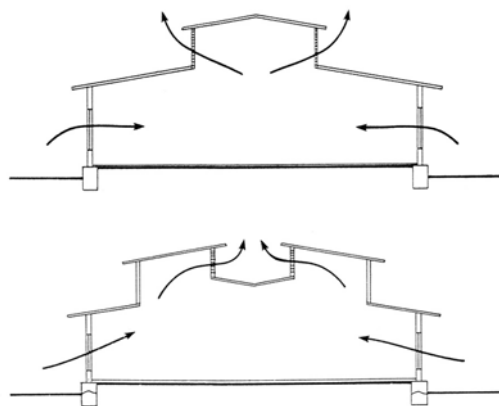
Figura 3 - Ventilação por diferença de temperatura.

Solução semelhante é a colocação de aberturas nas coberturas para o caso de grandes ambientes, onde o aquecimento preponderante é o do próprio recinto. Nestes casos o forro normalmente é dispensado e, então, utilizam-se *sheds* ou lanternins (Figuras 4 e 5).



Fonte: Costa (1982).

Figura 4 - Cobertura tipo *shed*.



Fonte: Costa (1982).

Figura 5 - Cobertura tipo lanternim.

3.3.2. Ventilação artificial

Nas localidades onde o valor da temperatura externa média já é superior ou muito próximo ao limite do conforto humano, ou seja, 28°C, e onde as condições de circulação natural do ar funcionam precariamente, não é possível garantir, internamente às construções, temperaturas dentro da faixa de conforto apenas utilizando-se recursos naturais.

Para esses casos, se for necessário garantir um mínimo de ganho de calor solar, é indispensável o emprego de equipamentos mecânicos (ventiladores) para proporcionar as diferenças de pressão necessárias à renovação do ar.

Para cada caso específico existe uma alternativa apontada por especialistas. São elas:

- Ventilação local exaustora

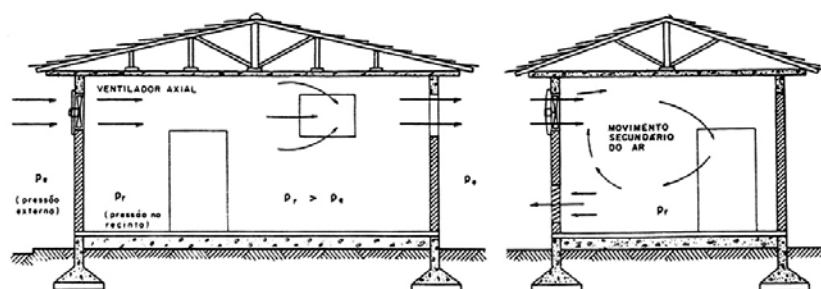
Age com equipamento captor de ar junto à fonte poluidora, ou seja, o ar contaminado é capturado antes de se espalhar pelo recinto (COSTA, 1999). Exemplos: tanques para tratamento químico, cabines de pintura, aparelhos de solda, entre outros.

- Ventilação geral diluidora

Segundo Costa (1999), nesse tipo de ventilação o ar exterior é misturado com o ar viciado do ambiente, conseguindo-se com isso uma diluição do contaminante até limites higienicamente admissíveis e, por vezes, proporcionando sensações térmicas mais agradáveis.

Pode ser realizado por diferentes métodos: insuflação, exaustão ou misto.

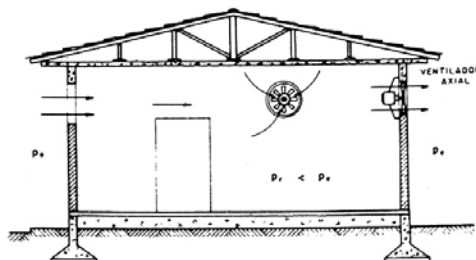
A insuflação ocorre conforme ilustrado na Figura 6, ou seja, com ventiladores enviando ar exterior para o interior do recinto. Como a pressão interna se torna maior que a pressão externa, o ar insuflado sai por outras aberturas existentes, produzindo os efeitos desejados de diluição dos contaminantes, de diminuição de temperatura e de arejamento (MACINTYRE, 1990).



Fonte: Macintyre (1990).

Figura 6 - Insuflação mecânica e exaustão natural.

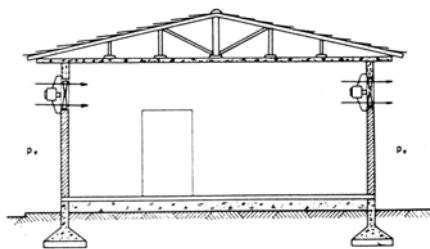
O processo de exaustão ou aspiração é recomendado quando a contaminação do ambiente for elevada (sala de máquinas, ambientes com pó) (COSTA, 1999), usando-se ventiladores axiais para remover o ar do recinto para o exterior (Figura 7). Nesse caso, a pressão no interior abaixa e, através de aberturas, estabelece-se e promove-se um novo fluxo de ar do interior para o exterior do recinto. Segundo Macintyre (1990), a localização dos ventiladores deve estar no nível mais alto possível, em relação ao piso.



Fonte: Macintyre (1990).

Figura 7 - Insuflação natural e exaustão mecânica.

Entretanto, a ventilação pode não ser resolvida satisfatoriamente por apenas um dos métodos. Nesse caso, usa-se um sistema misto (Figura 8) onde há ventiladores que insuflam o ar e ventiladores que removem o ar ambiente, quer sejam colocados diretamente no recinto, quer seja atuando através de sistemas de dutos (MACINTYRE, 1990). Apesar de se tratar de um sistema mais dispendioso, dessa forma consegue-se uma ventilação mais controlável, tanto em relação à qualidade do ar que entra, quanto à sua distribuição no recinto.



Fonte: Macintyre (1990).

Figura 8 - Insuflação e exaustão mecânica.

3.3.3. Ventiladores

As instalações de ventilação por insuflamento e, ou, exaustão de ar necessitam de ventiladores⁷ como veículos para criar o gradiente energético que permite o desejado escoamento do ar (MACINTYRE, 1990).

Quanto aos tipos, os ventiladores podem ser centrífugos, helicoidais ou axiais. Geralmente é utilizado o tipo centrífugo de pás voltadas para frente, que auxilia no processo de resfriamento térmico e arejamento em condições localizadas, ou seja, pontos específicos voltados a um número restrito de funcionários. Esse tipo de ventilador, no entanto, não renova o ar, apenas o agita. Faz uma espécie de “coquetel”, misturando o ar quente e o ar frio das camadas altas e baixas. Provoca, assim, alguma evaporação e conforto, mas não é higiênico, pois não suga o ar externo e, conseqüentemente, não promove a renovação do ar ambiente (MONTENEGRO, 1998).

Por isso, os ventiladores axiais também são bastante utilizados, principalmente quando se trata de extração de ar onde as diferenças de pressão necessárias são baixas.

3.4. Acústica arquitetônica

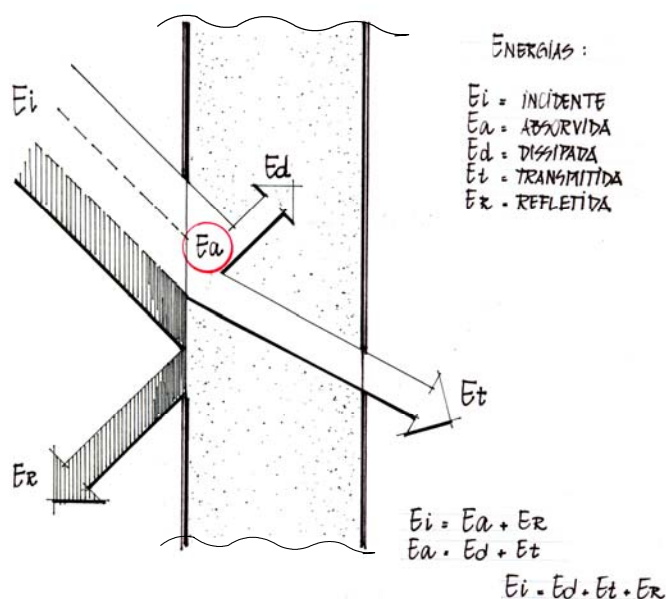
A física define o som como uma perturbação que se propaga nos meios materiais e é capaz de ser detectada pelo ouvido humano. A perturbação é gerada por um corpo que vibra, transmitindo suas vibrações ao meio que o rodeia (DE MARCO, 1982).

⁷ Os ventiladores são turbomáquinas geratrizes ou operatrizes, também designadas por máquinas turbodinâmicas, que se destinam a produzir o deslocamento dos gases. Movimentam-se através da rotação de um rotor dotado de pás adequadas, acionadas por um motor (MONTENEGRO, 1998).

Os sons podem ser gerados no ar ou por um impacto, sendo percebido sob forma de vibração ou de sensação sonora (SILVA, 1971).

3.4.1. Propagação do som

Quando uma onda sonora atinge uma parede ou um obstáculo qualquer, o choque que se segue, em nível molecular, faz com que parte de sua energia volte na forma de uma onda refletida e que o resto produza uma vibração das moléculas do novo meio – em quantidades muito pequenas, impossíveis de se ver ou, geralmente, de se sentir; visto de fora, é como se a parede absorvesse parte do som incidente (DE MARCO, 1990). Parte da energia de vibração das moléculas da parede será dissipada sob a forma de calor, devido aos atritos que as moléculas enfrentam no seu movimento ondulatório; outra parte voltará ao primeiro meio, somando-se com a onda refletida; o resto da energia, contida na vibração da própria parede, produzirá a vibração do ar do lado oposto, funcionando a parede como uma nova fonte sonora que criará uma onda no terceiro meio (Figura 9).



Fonte: Adaptado de Silva (1971).

Figura 9 - Comportamento da energia sonora.

Segundo Silva (1971), qualquer superfície plana funciona, ao refletir as ondas sonoras, como se fosse um espelho plano refletindo luz, o que pode ser verificado por meio de estudos sobre as formas dos compartimentos.

Todavia, os obstáculos que as ondas sonoras encontram pelo seu caminho não projetam as chamadas sombras acústicas (referência às ondas luminosas) de forma completa, ou seja, para os sons acontece um fenômeno chamado difração, que seria como se a onda sonora contornasse os obstáculos.

São também fenômenos comuns relacionados à propagação do som:

- Eco: segundo Silva (1971), qualquer anteparo rígido, a mais de 11 metros de distância de uma fonte sonora, reflete as ondas que nele incidem, reforçando a frente de uma onda primária existente. É o chamado eco. Quando a distância atinge 17 m, o eco fica tão definido que dois sons breves, consecutivos, são ouvidos distintamente um do outro.
- Ressonância: quando os objetos são atingidos por uma onda sonora, entram em vibração. Às vezes, para algumas frequências, a vibração é tão grande que o objeto soa, como os vidros e auto-falantes. Para todo corpo físico existem, em função de suas formas e dimensões, uma ou várias frequências que, quando excitadas por uma onda sonora que as contenha, provocam a vibração do corpo, resultando um som na mesma frequência. São as chamadas 'Frequências de Ressonância' (DE MARCO, 1990). Resumidamente, seria a prolongação de um som, ocasionado por sua repercussão em outros corpos ou superfícies que entram em vibração (SILVA, 1971).
- Reverberação: a simples existência de fechamentos em um recinto dá origem aos sons refletidos e implica o surgimento da Intensidade Reverberante. O fenômeno, chamado reverberação, persiste certo tempo no local, depois que a fonte deixa de emitir o som. Na realidade, tempo de reverberação nada mais é do que o tempo necessário para que o som deixe de ser ouvido, após cessar a emissão da fonte sonora, como um "prolongamento" do som. Segundo Silva (1971), qualquer som produzido em um ambiente fechado persiste, sempre, nos nossos ouvidos, devido às múltiplas reflexões produzidas nas suas paredes e superfícies internas. Quanto mais rígidas e polidas, maior o tempo de reverberação.

3.4.2. Absorção do som

O projeto acústico de um determinado local é feito a fim de corrigir ou controlar a presença dos ecos ou de reflexões nocivas, as suas condições de ressonância e o seu tempo de reverberação, o que é conseguido, na maioria das vezes, reduzindo-se a capacidade de reflexão das paredes, ou seja, aumentando sua absorção, com o uso de materiais absorventes do som. Absorver o som é impedir sua reflexão.

Segundo Silva (1971), um material é dito absorvente acústico quando uma grande porcentagem de energia sonora que nele incide é retida no seu seio, degradando-se em energia mecânica ou calorífica ou transmitindo-se para o outro lado, sendo nele refletida apenas uma pequena parcela.

Dessa forma, tem-se o coeficiente de absorção acústica, que corresponde à diferença entre a energia incidente e a refletida: $\alpha = (E_i - E_r) / E_i$.

O Quadro 9 exemplifica, com valores, o coeficiente de absorção de alguns materiais freqüentemente usados nas construções.

Quadro 9 - Coeficiente de absorção dos materiais

Material		Espes- sura (cm)	α : Coeficiente de Absorção para Frequências c.p.s. (ciclos por segundo)					
			125	250	500	1000	2000	4000
1	Lã de rocha	10	0,42	0,66	0,73	0,74	0,76	0,79
2	Lã de vidro solta	10	0,29	0,55	0,64	0,75	0,80	0,85
3	Feltro leve	1,2	0,02	0,04	0,10	0,21	0,57	0,92
4	Piso de madeira		0,15	0,11	0,10	0,07	0,06	0,07
5	Piso de madeira com espaço livre		0,40	0,30	0,20	0,17	0,15	0,10
6	Carpete simples sobre concreto	0,01	0,09	0,08	0,21	0,26	0,27	0,37
7	Tapete de lã, forrado	1,5	0,20	0,25	0,35	0,40	0,50	0,75
8	Concreto aparente (não-pintado)		0,01	0,01	0,02	0,02	0,02	0,03
9	Mármore		0,01	0,01	0,01	0,01	0,02	0,03
10	Parede de alvenaria não-pintada		0,02	0,02	0,03	0,04	0,05	0,07
11	Parede de alvenaria pintada		0,01	0,01	0,02	0,02	0,02	0,02
12	Reboco liso sobre alvenaria	1,5	0,02	0,02	0,02	0,03	0,03	0,06
13	Reboco de gesso, pintado ou não		0,02	0,02	0,02	0,03	0,04	0,04

(continuação)

14	Reboco de vermiculite acústico	3	0,23	0,30	0,37	0,42	0,48	0,46
15	Reboco de vermiculite não-acústico	3	0,12	0,10	0,07	0,09	0,07	0,07
16	Superfícies metálicas		0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
17	Compensado de madeira	0,3	0,20	0,28	0,26	0,1	0,12	0,11
18	Madeira maciça envernizada	5	0,05	0,05	0,03	0,03	0,03	0,03
19	Cortina de veludo esticada		0,05		0,35		0,38	
20	Idem, a 10 cm da parede		0,06	0,27	0,44	0,50	0,40	0,35
21	Vidro simples		0,35	0,25	0,18	0,12	0,07	0,04
22	Vidro duplo		0,03		0,01		0,02	
23	Eucatex acústico	0,19	0,48		0,62		0,76	
24	Azulejo		0,01	0,01	0,01	0,02	0,02	0,02
25	Granilite				0,015			
26	Pastilha cerâmica		0,012		0,015			
27	Piso cimentado		0,01		0,01		0,01	
28	Telhado de fibrocimento		0,01		0,01		0,01	

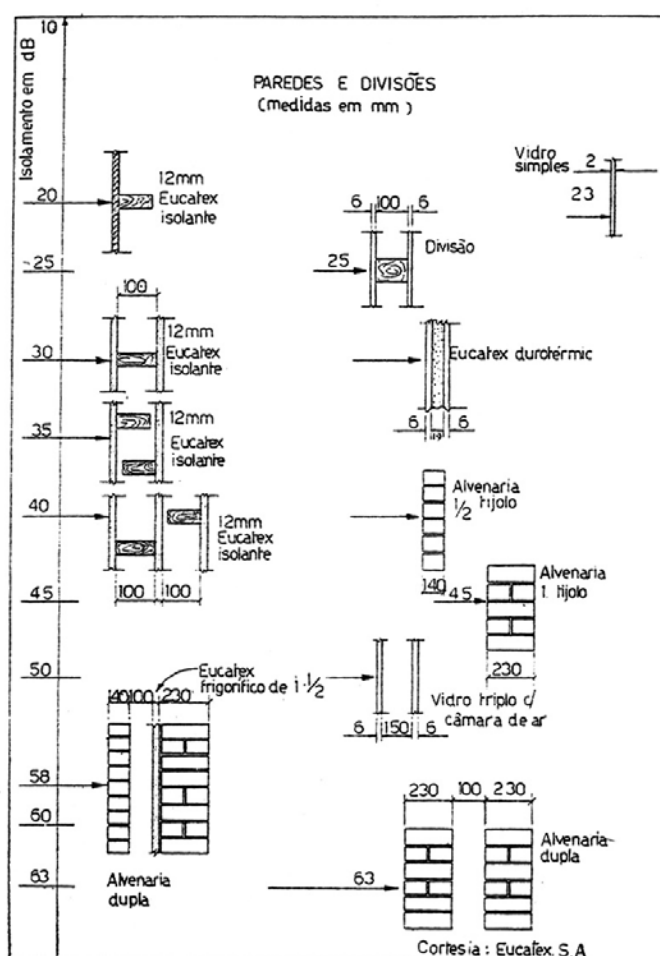
Fontes: Adaptado de Macintyre (1990) e Silva (1971).

A porosidade é a característica principal para esses materiais serem considerados absorventes. Quanto mais poroso for o material, maior o seu potencial de absorção. De Marco (1990) afirma que quando a energia sonora entra num material poroso, se este é tal que o ar tem condições de transitar livremente entre os poros, parte da energia é convertida em calor (em quantidades mínimas), devido à resistência viscosa e ao alto atrito nos poros e, ainda, pela vibração das pequenas fibras do material. Se a espessura do material for suficiente e a porosidade razoável, até 95% de energia pode ser dissipada desta maneira. Entretanto, se os poros não estão intercomunicados, caso do isopor e concreto celular, o material não poderá ter uma grande absorção. A mesma coisa acontece quando os poros são fechados, por exemplo, com uma película de tinta. Nestes casos, segundo o autor, o problema se resolve com furos introduzidos na superfície do material. Devido ao processo de difusão, um painel pintado, com furos, absorve sensivelmente a mesma quantidade de energia sonora que um painel inteiramente exposto.

De acordo com Silva (1971), são características importantes para os materiais absorventes do som:

- aparência;
- resistência ao fogo;
- resistência aos roedores, insetos, vermes;
- resistência mecânica ao impacto e ao desgaste;
- facilidade de assentamento e acesso;
- comportamento diante da luz, das poeiras ou da umidade (menos vulneráveis);
- coeficiente de isolamento térmico – todos os materiais absorventes acústicos são também, até certo limite, isolantes térmicos; e
- peso e espessura.

Na Figura 10 estão exemplos de constituição de paredes e divisões que promovem isolamento acústico na faixa entre 20 e 63 dB(A).



Fonte: Silva (1971).

Figura 10 - Capacidade de isolamento acústico de alguns fechamentos.

3.5. Aspectos qualitativos da iluminação

Uma boa iluminação deve, sempre que possível, aliar métodos naturais e artificiais. A luz natural provém das janelas e outras aberturas dispostas nas paredes e, ou, coberturas, como as clarabóias, os lanternins e os *sheds*, cuja luminância irá variar de acordo com suas posições, orientações, alturas e transparências.

Porém, é comum o uso da iluminação artificial em muitos ambientes de trabalho, ou seja, quando a iluminação natural não supre, suficientemente, o recomendado, tornando-se, assim, necessário o uso das luminárias. Para isso, fazem-se algumas recomendações:

- cor da luz: para a percepção das cores na realização de atividades, é preciso definir o sistema de iluminação artificial, o tipo e a temperatura de cor das lâmpadas, assim como o índice de reprodução de cores;
- distribuição da luz: deve ser feita de modo a atender às exigências para realizar as atividades com conforto visual em todo o ambiente de trabalho;
- difusão da luz: visa proporcionar uma iluminação do plano de trabalho, preferencialmente com luz vinda de múltiplas direções;
- ausência de ofuscamento: ofuscamento é o efeito prejudicial causado na função visual, devido à exposição excessiva da visão à presença de uma fonte de luz intensa (direta ou indireta). O ofuscamento pode ser desconfortável ou inabilitador.

Esse último tópico remete à importância dos tipos de revestimentos internos, em termos de incidência de luz, que podem ser: muito refletivos (pinturas brilhantes e materiais polidos), ligeiramente absorventes (pinturas foscas, papéis e madeiras) e muito absorventes (painéis perfurados e produtos porosos). Essas mesmas características se aplicam à incidência do som em superfícies.

As fontes de iluminação artificial podem ser compostas segundo diferentes sistemas de iluminação. Na iluminação geral, a luz fornecida por fontes instaladas a uma certa altura do piso proporciona luminância com um certo grau de uniformidade sobre toda a área. Na suplementar, localiza-se um

ponto de luz próximo à tarefa visual, de maneira a iluminar somente uma pequena área, com o objetivo de melhorar a visualização de atividades que requerem níveis de iluminamento mais elevados. No entanto, a situação mais adequada é a mista, onde, além do iluminamento geral, o trabalhador disponha de fontes luminosas individuais, nas quais possa regular o fluxo ou a intensidade da fonte de luz.

Quanto à disposição das luminárias, pode-se ter:

- iluminação geral uniforme: condição em que as luminárias são colocadas uniformemente em toda a área; é mais conveniente para os locais onde os postos de trabalho não são fixos (fundições, salas de montagem, depósitos);
- iluminação geral com iluminação localizada de apoio: caracteriza-se pela iluminação colocada nos postos de trabalho, reforçando a iluminação geral proporcionada, de maneira uniforme, por luminárias altas; e
- iluminação geral setorizada: semelhante à geral uniforme, mas não se ocupa da uniformidade de distribuição da luz, e sim da posição de determinadas máquinas e equipamentos. É conveniente para locais com um leiaute já determinado e onde existem máquinas dispostas em intervalos irregulares.

Considerando-se os tipos de luminárias, a CIE (*Comission Internazionale de L'Eclairage*) as classifica em cinco sistemas principais, que se baseiam na distribuição do fluxo luminoso⁸:

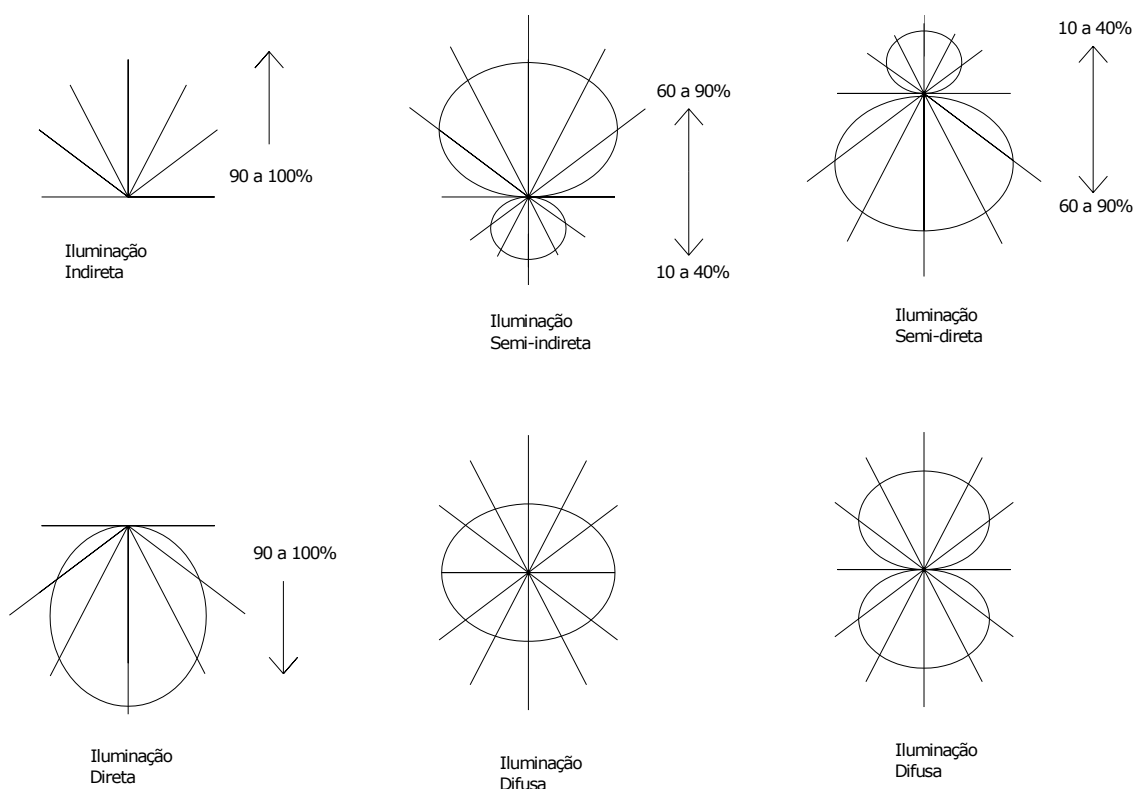
- iluminação indireta: neste sistema, 90 a 100% da luz proveniente das luminárias dirige-se diretamente para o teto e para as partes superiores das paredes, de onde se espalha por todo o ambiente. Desse modo, o teto torna-se fonte luminosa, eliminando as áreas ofuscantes, assim como as sombras. O teto passa a ser fator importante neste sistema e, por isto, especial atenção deve ser dada à sua cor - seu coeficiente de reflexão de luz deve ser alto;
- iluminação semi-indireta: sistema em que 60 a 90 % da luz é emitida diretamente para o teto ou para as partes superiores das paredes e o

⁸ Segundo a FUNDACENTRO (1972), do ponto de vista econômico, o recomendado seria o sistema direto. Já do ponto de vista higiênico, seria o indireto, que possibilita uma excelente distribuição e difusão de luz (melhor visão estereoscópica).

restante, 10 a 40%, diretamente para baixo. O teto, em termos de coloração, também continua a ser fator importante neste sistema;

- iluminação semi-direta: sistema em que 60 a 90% da luz emitida pela luminária é essencialmente dirigida para o plano de trabalho, havendo, ainda, determinada contribuição da luz dirigida para cima e refletida pelas paredes e pelo teto;
- iluminação direta: sistema em que praticamente a totalidade da luz, 90 a 100%, é direcionada para as áreas a iluminar; e
- iluminação difusa: abrange os sistemas em que a iluminação predominante nos planos horizontais, 40 a 60%, origina-se diretamente das fontes luminosas, com uma considerável contribuição da luz refletida do teto e das partes superiores das paredes. Apresenta maior claridade que os sistemas indiretos ou semi-indiretos e as áreas sombrias são muito comuns.

A Figura 11 ilustra os sistemas de iluminação classificados pela CIE.



Fonte: Laville (1977).

Figura 11 - Sistemas de iluminação de acordo com a luminária utilizada.

4. O SETOR MOVELEIRO

A consolidação da indústria moveleira nacional, como um setor, teve início a partir de 1940. Sua produtividade em alguns segmentos tem se aproximado dos níveis internacionais, sendo hoje da ordem de 83%. O constante crescimento do setor possibilitou grande salto exportador no período de 1993 a 2002, destacando-se entre os maiores mercados consumidores, como os Estados Unidos, a Alemanha e a França.

Segundo a Associação Brasileira das Indústrias do Mobiliário - ABIMÓVEL, a indústria de madeira e mobiliário teve uma baixa participação no Produto Interno Bruto (PIB) nacional em 2003, cerca de 0,75%; entretanto, as indústrias do mobiliário são consideradas intensivas de mão-de-obra, tendo gerado, naquele ano, 851.900⁹ empregos diretos. Um aspecto característico do setor é o predomínio das empresas familiares, de capital majoritariamente nacional, com elevado número de micro e pequenas empresas.

A cadeia produtiva do mobiliário envolve vários ramos e atividades, caracterizando-se, portanto, por diversos processos de produção e envolvendo diferentes matérias-primas para os diversificados produtos finais. A cadeia é segmentada principalmente em função dos materiais (madeira, vidro, metal, couro, e outros) e, também, pelos usos a que são destinados (residência, escritórios). A linha de produtos que predomina em termos de uso, em quase todos os pólos moveleiros do País, é a residencial, correspondendo a 60% do total produzido; seguem a linha para escritórios com 25% e a institucional (escolas, hospitais, consultórios, igrejas etc.) com 15%.

Quanto à localização, a indústria brasileira de móveis está distribuída por todo o território nacional, sendo sua maior concentração na região centro-sul do País, constituindo pólos moveleiros em alguns Estados. Em ordem de importância, destacam-se São Paulo e Rio Grande do Sul, com 42 e 18% da produção, respectivamente, seguidos de Santa Catarina, Paraná e Minas Gerais. Estes cinco Estados respondem por 88% da produção nacional. Minas Gerais representa 6% dessa fatia. São considerados pólos regionais a grande

⁹ Valor estimado, apresentado em Diagnóstico do Pólo Moveleiro de Ubá e Região (2003).

São Paulo, Votuporanga (SP), Mirassol (SP), Bento Gonçalves (RS), São Bento do Sul (SC), Araçatuba (SP) e Ubá (MG).

4.1. O setor moveleiro de Ubá

O Estado de Minas Gerais é um dos mais industrializados do País. Dados do Censo Demográfico (IBGE, 2000) apontam que o setor madeira e mobiliário está inserido em 408 municípios do Estado, empregando 62.063 pessoas. Há uma grande concentração de indústrias em localidades específicas, que podem ser denominadas pólos moveleiros. De acordo com o Instituto Euvaldo Lodi (Diagnóstico do Pólo Moveleiro de Ubá e Região, 2003), a indústria de móveis em Minas Gerais, em termos de número de estabelecimentos, está concentrada nas microrregiões de Belo Horizonte, Ubá e Divinópolis, representando 44,9% do total de empresas do setor moveleiro no Estado. Na microrregião de Ubá, segundo lugar em número de fábricas de móveis, predomina a produção de móveis em madeira, devendo-se destacar, ainda, a presença de uma grande empresa fabricante de móveis de aço. No Estado, essa microrregião é a mais importante na geração de empregos, superando Belo Horizonte, pólo que concentra o maior número de estabelecimentos no Estado. O crescimento da microrregião de Ubá, em número de estabelecimentos de móveis, foi de 12,03% de 1994 a 2001; neste mesmo período houve queda de 19,30% em Belo Horizonte.

Segundo o Diagnóstico do Pólo Moveleiro de Ubá e Região (2003), o pólo moveleiro de Ubá originou-se da aglomeração de empresas que foram atraídas pela instalação da Indústria de Móveis Itatiaia e Móveis Parma, na década de 1960.

Em Ubá e seu entorno, as indústrias de móveis variam de micro a grandes empresas, conforme classificação por número de funcionários; entretanto, predominam as microempresas (Quadro 10).

De acordo com o Diagnóstico do Pólo Moveleiro de Ubá e Região (2003), os funcionários das empresas de móveis dessa região têm, em sua maioria, baixo nível de escolaridade: aproximadamente 1,3% é analfabeto; apenas 13,6% concluíram o ensino médio; e 3,6% estão cursando ou possuem nível superior.

Quadro 10 - Quantificação de empresas segundo o número de funcionários

Tipo de Empresas	Nº de Funcionários	% em Ubá e Região
Microempresas	Até 19 funcionários	65%
Pequenas empresas	20 a 99 funcionários	30%
Médias empresas	100 a 199 funcionários	4,6%
Grandes empresas	Acima de 199 funcionários	0,4%

Fonte: Diagnóstico do Pólo Moveleiro de Ubá e Região (2003).

A produção de móveis na região de Ubá possui destino intra e inter-regional, sendo Minas Gerais o principal receptor dos produtos fabricados, seguido pelo Rio de Janeiro.

As empresas do pólo moveleiro da região de Ubá apresentam diversificação em sua linha de produtos. Entre os móveis fabricados, destacam-se as linhas de camas, guarda-roupas, cômodas e criados. Em seguida, destacam-se as salas de jantar e estofados.

III. METODOLOGIA

1. CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

1.1. A cidade de Ubá

Com uma área aproximada de 479 km², o município de Ubá localiza-se na região sudeste do Estado de Minas Gerais (lat. 21°07' S e long. 42°56' W), no centro da Zona da Mata¹⁰, na microrregião definida pelo IBGE como "Mata de Ubá – 196". Situa-se, ainda, próximo às divisas com os Estados do Rio de Janeiro e Espírito Santo, conforme pode ser constatado na Figura 12.

As distâncias de Ubá em relação aos principais centros nacionais e regionais estão indicadas no Quadro 11.

Quadro 11 - Distâncias de Ubá aos principais centros urbanos regionais

Cidades	Dist.	Cidades	Dist.
Belo Horizonte	290 km	Viçosa	60 km
Rio de Janeiro	290 km	Juiz de Fora	108 km
São Paulo	580 km	Barbacena	114 km
Brasília	1004 km	Ponte Nova	105 km

Fonte: Diagnóstico do Pólo Moveleiro de Ubá e Região (2003).

Ainda conforme a Figura 12, além de Ubá, fazem parte do seu pólo moveleiro as cidades de Guidoal, Guiricema, Piraúba, Rio Pomba, Rodeiro, São Geraldo, Tocantins e Visconde de Rio Branco.

O regime climático da região é classificado como tropical úmido. A sazonalidade térmica e pluviométrica se traduz pela ocorrência de verões quentes e chuvosos, em alternância com um período de seca mais pronunciada, registrada, em geral, nos meses que se estendem de abril a setembro (www.ubamais.com.br).

Simultaneamente ao período seco, são registradas as menores temperaturas. Os dados térmicos para a região do município de Ubá mostram temperaturas médias de 21,9°C, enquanto a média das mínimas anuais chega a 16°C e a média das máximas a 28,0°C (www.ubamais.com.br).

¹⁰ O território da Zona da Mata mineira ocupa 6% da área do Estado de Minas Gerais e está subdividida em sete microrregiões e 142 municípios. As microrregiões são: Cataguases, Juiz de Fora, Manhuaçu, Muriaé, Ponte Nova, Ubá e Viçosa.

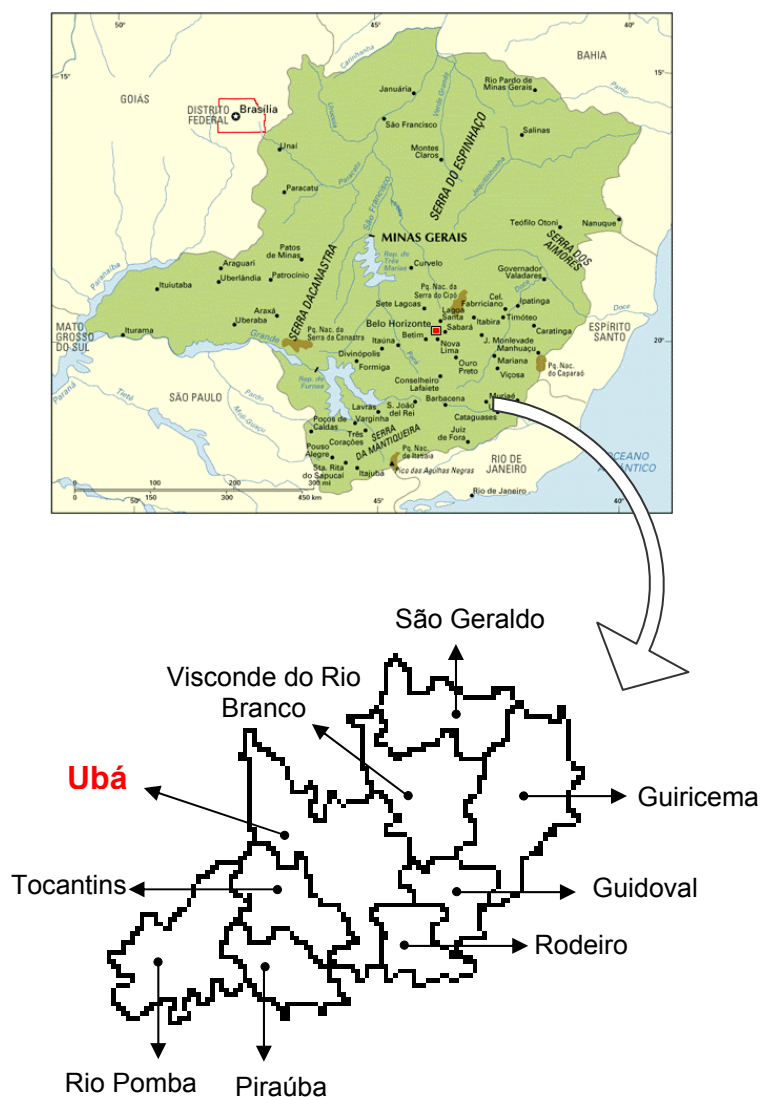


Figura 12 - Pólo moveleiro de Ubá.
(Adaptado de <http://www.guianet.com.br>)

1.2. A Indústria de Móveis Itatiaia

Fundada em 1964, a Indústria de Móveis Itatiaia tinha 810 funcionários em setembro de 2004, entre operários e administradores, produzindo, em suas várias linhas, armários de aço para cozinha e áreas de serviço. Além do aço, sua principal matéria-prima, outros materiais são empregados na produção, como plástico para gavetas e trilhos, aglomerados e MDF (*Medium Density Fiberboard*), para algumas linhas de portas, e papel e tinta, para acabamento final.

Em uma área com 320.000 m² está inserido o seu parque industrial, sendo as atividades administrativas e produtivas realizadas em uma área construída de aproximadamente 60.000 m², distribuída em várias edificações – produção, administração, oficinas, expedição, refeitório – parcialmente ilustrada na Figura 13. A empresa possui frota própria de caminhões para o transporte de seus produtos.

Em face da quantidade e diferenciação das construções e dos objetivos desta pesquisa, foi usado como objeto de estudo somente o galpão industrial destinado à produção, apresentado na Figura 14, por sua importância e proporção dentro do complexo industrial, possuindo área aproximada de 19.700 m².



Figura 13 - Parte do complexo Itatiaia.



Figura 14 - Fachada principal (produção).

1.2.1. O processo de fabricação de móveis em aço

A Indústria de Móveis Itatiaia passa, atualmente, por um processo de modernização em sua linha de produção. O que se tem hoje é a convivência transitória de dois processos, diferenciados pela tecnologia empregada, operando concomitantemente. Contudo, apenas 20% da produção atual é feita sob bases antigas, que seriam representados pelos produtos estocados, após a montagem.

O restante (80% da produção) já é realizado por maquinário altamente modernizado, sendo, por conseqüência, representada pelos produtos desmontáveis.

No antigo processo, a ordem seqüencial das etapas de trabalho é:

1. armazenamento da matéria-prima;
2. corte;
3. prensagem e estamparia;
4. tratamento químico;
5. soldagem e montagem das peças;
6. pintura;
7. montagem final; e
8. armazenamento final.

No novo processo tem-se, além da aceleração da produção pela economia de etapas de trabalho, a grande vantagem da forma de fabricação em si, que ao retirar a soldagem e introduzir o sistema de encaixe para a montagem pode finalizar os produtos totalmente desmontados e embalados em pequenos volumes, facilitando o transporte.

No novo processo realizam-se as seguintes etapas:

1. armazenamento da matéria-prima;
2. setor de conformação;
3. tratamento químico;
4. pintura;
5. setor de embalagem; e
6. armazenamento final.

Conformação

Utilizando máquinas de alta tecnologia neste setor, as chapas de aço, ainda em bobinas, são ajustadas ao equipamento e automaticamente desenroladas, cortadas nos tamanhos desejados (placas) e perfuradas, conforme determinação. Em seguida, as placas são transferidas para um segundo equipamento, onde também, automaticamente, são feitas as dobras para posterior encaixe. Todo o processo é realizado de forma computadorizada, com a utilização de programas específicos, ficando a mão-de-obra praticamente restrita à movimentação, ou seja, à retirada e colocação das placas.

Tratamento químico

Antes de serem pintadas, as chapas metálicas necessitam passar por um processo de tratamento químico, com o principal objetivo de limpá-las e desengraxá-las; posteriormente, faz-se uma preparação anticorrosão (oxidação), chamada fosfatização.

O processo é realizado em grandes tanques de imersão, posicionados sucessivamente, onde as peças são mergulhadas, normalmente protegidas por uma gaiola metálica. A passagem das gaiolas de um tanque para outro é acionada por um operador, através de um controle fixado a um sistema de elevação (SILVA, 2003).

Pintura a pó

Esse tipo de sistema para revestimento é muito simples. Segundo Burgess (1997), uma camada de pó, incorporando todos os componentes da tinta, é fluidificada para se conseguir uma nuvem de partículas e, assim, ser lançada sobre a peça de trabalho, através de uma pistola (manual, automática ou por sistema robótico ativo), após o que se faz o processamento em um forno que derrete o pó, convertendo-o em uma camada de tinta contínua, conferindo brilho à peça.

Ainda segundo Burgess (1997), a utilização do pó se aproxima de 99%, porém o excesso que for aplicado é coletado por um separador a ciclone (coifa), para ser reutilizado. Para isso, existe um filtro de cartucho que limpa o ar antes de ele ser circulado. Todo esse processo de pintura a pó acontece em um ambiente enclausurado: uma cabine totalmente revestida por folhas de plástico, trocadas a cada nova cor utilizada. Nesta etapa de produção existe um rigoroso processo de controle de qualidade, no qual as peças defeituosas são separadas, lixadas e, novamente, pintadas.

Embalagem

É um setor recém-modernizado na empresa: depois de posicionar as peças conforme devem ser embaladas, formam-se *kits* totalmente vedados e protegidos por chapas de isopor, para serem embalados. O empacotamento é realizado sobre uma esteira rolante, sendo as etapas processadas também em máquinas modernas. Em seguida, os *kits* são encaminhados à expedição.

Além das etapas descritas, integrantes do novo processo de produção, fazem parte ainda do galpão industrial os setores de corte, prensagem e estamparia, soldagem e montagem, utilizados no processo antigo de produção e que também influenciam o ambiente de trabalho, em geral. Resumidamente, funcionam da seguinte forma:

- **Corte das chapas:** as chapas são cortadas em diferentes tamanhos, de acordo com a peça do móvel a ser fabricado. O corte é realizado por uma guilhotina acionada por um operador, que é o responsável, também, pela retirada das peças.
- **Prensa e estampagem:** após a prensagem, as chapas (já reduzidas) são conformadas (estampadas), de acordo com sua função.
- **Soldagem:** as partes constituintes do móvel são montadas em separado e unidas manualmente, mediante sistema de soldagem a ponto (ou soldagem a resistência). Segundo Burgess (1997), uma corrente elétrica passa pelas peças, que são mantidas inicialmente juntas por pressão. Nas partes contactantes das superfícies há um aquecimento localizado, provocando a coalescência dos metais.
- **Montagem final:** as partes do móvel, por ora isoladas, são reunidas e montadas nesta etapa. Também são acrescentadas as gavetas plásticas, puxadores e pés, fabricados em outro galpão do parque industrial, ou terceirizados.

2. METODOLOGIAS EMPREGADAS

De acordo com Fialho e Santos (1997), fazer um diagnóstico em ergonomia é identificar patologias que estejam afetando o sistema considerado, baseando-se na análise das síndromes constatadas. O diagnóstico objetiva, ainda, a redação de um caderno de recomendações ergonômicas.

Dessa forma, os dados coletados das diversas síndromes devem ser devidamente explorados e interpretados, para que permitam o estabelecimento do diagnóstico da situação de trabalho analisada (FIALHO e SANTOS, 1997). É importante lembrar que, para se fazer uma análise ergonômica, é necessário, além da coleta e interpretação dos dados, ter-se um conhecimento que se especifica, de acordo com a situação a ser abordada pela pesquisa.

A coleta de dados para a caracterização e o diagnóstico do ambiente de trabalho, considerando o processo de produção, associado ao espaço físico, foi realizada em campo, conforme metodologia de observação sistematizada e de consulta aos funcionários, através de entrevistas.

2.1. Observação sistematizada

Os levantamentos arquitetônico e ergonômico do objeto de estudo foram realizados principalmente por observação direta e, por vezes, por medição das dimensões internas através, essencialmente, de uma trena, utilizada em construção civil. De forma complementar, utilizaram-se câmaras fotográficas, plantas arquitetônicas impressas e um programa de computador específico para projetos e desenhos de engenharia e arquitetura.

Quanto à observação sistematizada, foi desenvolvido um roteiro (Anexo 1) para orientação do processo. Na coleta de dados, foram elementos de atenção a funcionalidade e a flexibilidade do espaço interno de trabalho, seguidos das suas condições ambientais.

2.1.1. Funcionalidade e flexibilidade

Os fatores iniciais necessários para a avaliação da funcionalidade e flexibilidade interna foram, primordialmente, o entendimento do processo de fabricação local, observando-se os fluxos adotados para produção, assim como a setorização das máquinas e dos equipamentos existentes, o que permitiu avaliar o arranjo interno da área de produção. Também foram verificadas as dimensões do ambiente de produção, como pé-direito, circulação, espaço entre máquinas, além da área total da edificação. De posse destas informações, chegou-se às relações existentes entre os setores e seus possíveis conflitos, o que, por sua vez, determinou a funcionalidade do espaço interno de trabalho.

Para análise da flexibilidade, foi necessário o conhecimento complementar das instalações físicas, como a sua localização e estruturação física (por exemplo, pilares, bases de assentamentos e cabines protetoras).

2.1.2. Condições ambientais internas

Consideradas fundamentais para o bem-estar dos trabalhadores, as condições ambientais verificadas abrangeram os aspectos térmicos, acústicos e lumínicos.

Para isso, foram levantados os seguintes fatores, de forma qualitativa e quantitativa: orientação e insolação da edificação; tipos de materiais dos fechamentos (paredes e coberturas) e suas espessuras; cores e condições de manutenção dos materiais de revestimentos (pisos, paredes e tetos), interna e externamente; posicionamento, quantidade e qualidade dos materiais das aberturas existentes; sistema de ventilação empregado (natural e, ou, artificial); existência de dispositivos de proteção solar; existência de fontes geradoras de calor e, ou, ruído; proporção existente entre materiais reflexivos e absorventes do som, assim como do calor; e condições da iluminação natural e, principalmente, da artificial. A análise contextual desse conjunto fornece as carências e as modificações necessárias do local.

Quantitativamente, foram considerados dados de temperatura e níveis de ruído e de iluminância internos, registrados por aparelhagem específica, que contribuíram para a avaliação das sensações ambientais percebidas e manifestadas pelos trabalhadores. No caso desta pesquisa, essas

leituras foram registradas e fornecidas por Silva (2003), coletadas no período de abril a agosto de 2002, na Indústria de Móveis Itatiaia.

2.2. Consulta aos trabalhadores

A entrevista, elaborada em função das observações preliminares, segundo Fialho e Santos (1997), é um procedimento individualizado, que se diferencia do questionário no instante em que o entrevistado e o entrevistador entram em contato direto. Tem por objetivo recolher informações qualitativas.

Dessa forma, a consulta envolveu a aplicação de entrevistas dirigidas¹¹ (Anexo 2) aos operários que trabalham no local objeto de estudo, sendo o conjunto amostral constituído por funcionários de todos os setores da produção.

2.3. Interpretação dos dados

Segundo Fialho e Santos (1997), os objetivos da análise dos dados são descrever, interpretar e explicar os dados coletados, de maneira que venha responder às questões inicialmente formuladas.

No presente estudo, a interpretação dos dados foi feita pelo método de análise do conteúdo que, diferentemente do tratamento estatístico, avalia cada aspecto detalhadamente e, sobretudo, individualmente, permitindo, dessa forma, a identificação dos seus pontos críticos. Além disso, a confrontação entre os dados obtidos (observação sistematizada *versus* declarações registradas nas entrevistas) permitiu identificar e estabelecer inferências sobre os pontos críticos do local de estudo.

¹¹ Elaborada previamente, possui questões objetivas a serem respondidas pelos usuários (FIALHO e SANTOS, 1997).

IV. RESULTADOS E DISCUSSÕES

1. CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE PRODUÇÃO

Como parte do complexo da Indústria de Móveis Itatiaia, há edificações destinadas: ao refeitório, que atende a todos os setores e está localizado próximo ao galpão de produção; às oficinas de manutenção; à portaria; aos depósitos; aos almoxarifados; à garagem; à expedição; à administração central etc. Ainda que possam exercer alguma influência no objeto de estudo desta pesquisa - o bloco da produção, aspectos arquitetônicos dessas edificações não serão mencionados. Contudo, pode-se dizer que as áreas em torno das edificações mencionadas são tratadas com vários jardins e áreas sombreadas para descanso e lazer, conforme Figura 15.



Figura 15 - Refeitório, área p/ descanso e lazer.

Em área contígua ao parque industrial, junto à portaria principal, fica a área de estacionamento privativo, localizado na frente do bloco de produção, deste separado por uma rua. No entanto, seu acesso é fácil e rápido. Protegido contra intempéries por telhas metálicas, pode abrigar carros, motos e bicicletas.

1.1. Galpão de produção

De acordo com sua implantação, o galpão recebe incidência solar de manhã nas fachadas sudeste e nordeste, de tarde nas fachadas noroeste e sudoeste e o dia todo na cobertura metálica (Figura 16).



Figura 16 - Implantação do galpão de produção (sem escala).

Com forma retangular, o galpão de produção tem sua fachada principal voltada para a avenida 1 e o acesso principal, o que não significa que suas aberturas estejam aí localizadas. De forma desalinhada ao portão de entrada, sua implantação foi realizada em terreno praticamente plano (Figura 17), o que lhe confere acesso direto, afastado das demais construções por jardins e uma rua interna de circulação com largura média de 10 m. Em face da baixa altura das demais construções - 3,5 m - em relação à do galpão de produção - 8m, com pé-direito único, é desprezível o sombreamento termoluminoso daquelas sobre o galpão, o que, em determinados horários do dia, ocorre deste para as construções de menor porte.



Figura 17 - Fachada lateral (galpão de produção).

Foram empregados os seguintes materiais na sua construção: concreto armado nos pilares e nas fundações; estrutura metálica na cobertura, tipo *shed* (Figura 18), usando telhas metálicas simples para o recobrimento; e alvenarias de tijolos vazados para os fechamentos laterais, aparentes, interna e externamente. Para o fechamento dos vãos de portas foram utilizados portões metálicos com dimensões de 4,3 x 4,5 m, destinados à entrada dos funcionários e carrinhos, tipo empilhadeiras. Nos *sheds* foram usados vidros fantasia, tipo boreal, para limitar a radiação solar direta e o ofuscamento; no total, são 11 planos de vidros compondo os *sheds*, com 9,5 m entre eles, de forma modulada.

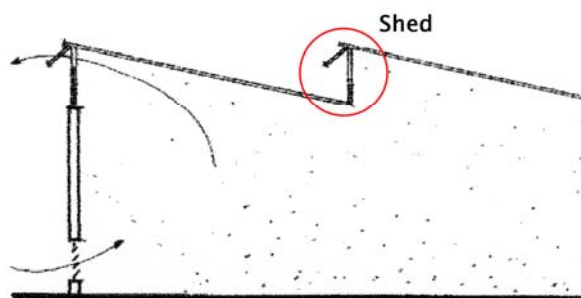


Figura 18 - Corte esquemático.

As aberturas tipo *shed* estão voltadas para a fachada sudeste, recebendo, portanto, insolação da manhã. Apesar de os raios solares não entrarem diretamente na construção, a insolação incidente nos fechamentos causa, por condução e subseqüente irradiação das superfícies internas, aquecimento que pode ser considerado excessivo, principalmente pela cobertura.

Existem outros detalhes importantes nos fechamentos verticais da edificação que interferem na ambientação local interna, como: a colocação de venezianas metálicas (1x1m) para ventilação na base da alvenaria da fachada sudeste (Figura 19), e o fechamento lateral da fachada noroeste, antiga expedição, que após ser desativada deu-se apenas por telhas de amianto ou fibrocimento (Figura 20).



Figura 19 - Venezianas p/ ventilação.



Figura 20 - Fechamento lateral por telhas de amianto.

Características dos materiais e aspectos construtivos:

- Telhas de aço: permitem cobrir grandes vãos sem apoio intermediário, mas têm os inconvenientes de transmitir calor e ruídos para o ambiente; pouca resistência à corrosão e, quando tratadas, se tornam muito caras (MONTENEGRO, 1998).
- Telhas de amianto: o amianto misturado com o cimento permite a moldagem das mais diversas peças, comumente usadas em coberturas, em caixas d'água e em tubulações. Seus inconvenientes são, também, deixar passar calor e ser considerado cancerígeno, provocando riscos para operários que a cortam ou furam (MONTENEGRO, 1998).
- Aberturas tipo *shed*: utilizadas em grandes vãos para auxiliar na ventilação e iluminação natural.

Após pesagem em uma balança rodoviária junto à fachada sudeste, a matéria-prima é conduzida, através de um dos portões dessa fachada,

diretamente para a área de armazenamento. Não possui, portanto, uma plataforma de desembarque.

Junto às áreas de produção da edificação há sanitários, bebedouros e extintores de incêndio, estes últimos devidamente sinalizados. Com relação aos avisos e sinalizações de risco, perigo e restrições, a indústria utiliza-se de cores para este fim (conforme NR 26 – Sinalização de Segurança). Estruturas de apoio, como pontes rolantes, são pintadas de amarelo, tubulações de azul ou verde, conforme uso, extintores de vermelho, a maioria das máquinas de verde e as marcações de piso indicando área de trabalho e área de circulação de amarelo (Figura 21).



Figura 21 - Marcação do piso.

1.1.1. Leiaute industrial

O galpão de produção da Indústria de Móveis Itatiaia possui as seguintes instalações, representando o seu o programa de necessidades básicas:

- área de trabalho (produção): abrange todo o maquinário e equipamentos;
- sanitários;
- área para estocagem de matéria-prima; e
- área de encaminhamento para a expedição,

além de:

- laboratório para controle de qualidade;
- ambulatório; e
- supervisão.

A área objeto de estudo na Itatiaia tem o seu arranjo físico como apresentado na Figura 22.

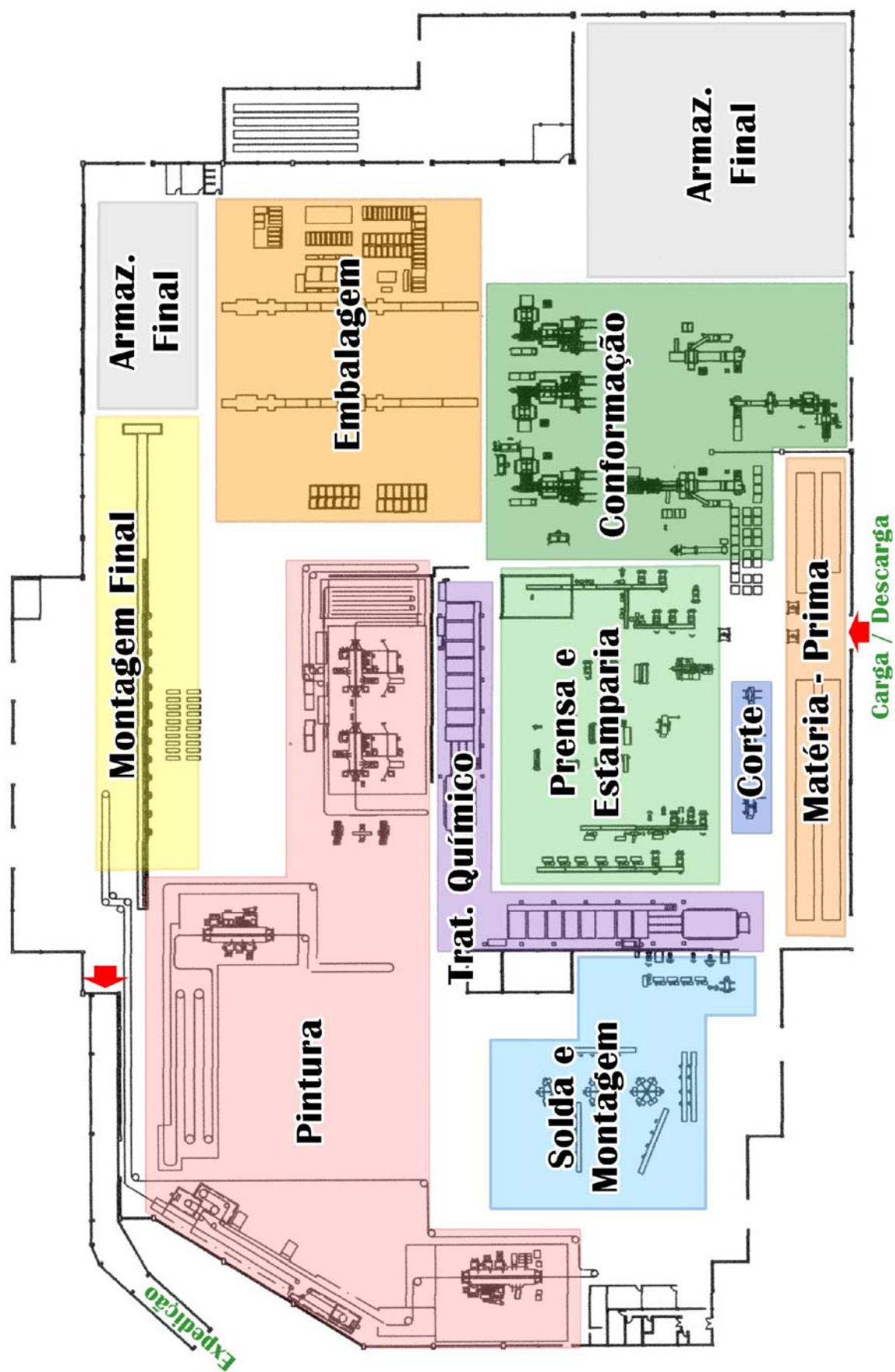


Figura 22 - Setorização do galpão de produção.

A setorização da área de produção ainda permanece com os dois processos em atividade. No processo antigo, o fluxo de produção ocorre através do setor de prensa e estamparia, já no processo moderno, este setor é substituído pelo setor de conformação; entretanto, observa-se que os dois processos convivem paralelamente, determinando fluxos diferentes na produção, conforme a Figura 23.

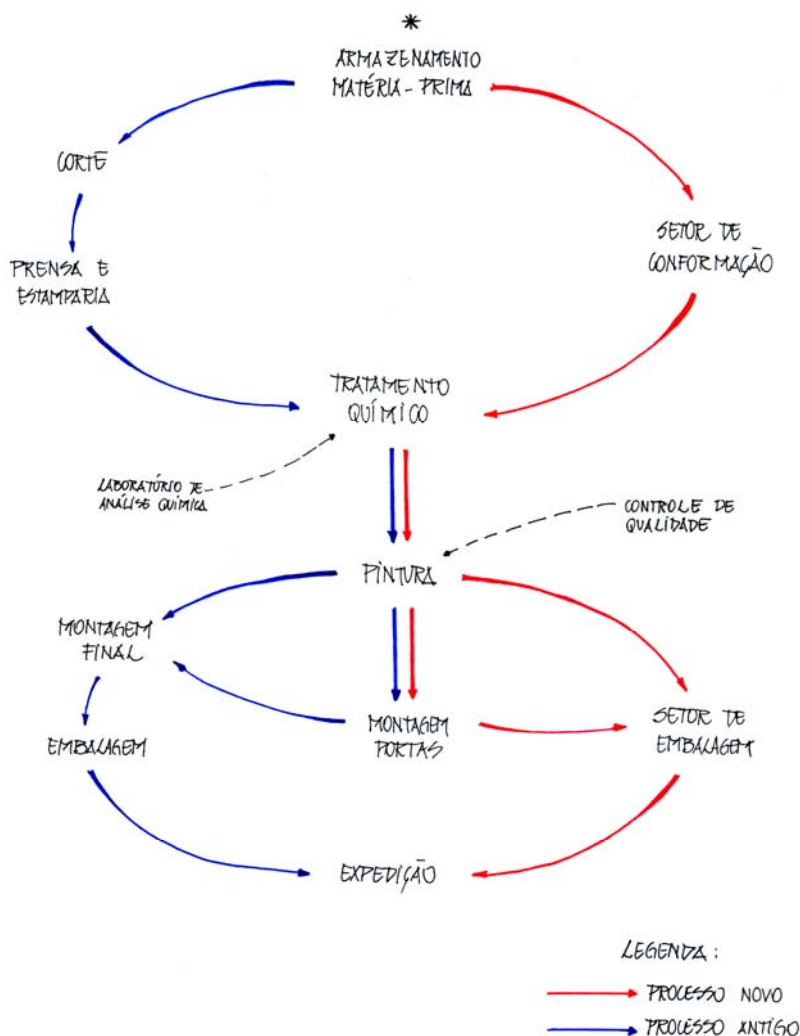


Figura 23 - Fluxograma de produção.

O arranjo físico de uma fábrica, ou seja, a disposição dos recursos de produção que define o processo de trabalho, pode ser posicional, funcional, linear ou celular.

No caso da Itatiaia, a setorização existente e os fluxos das operações de trabalho configuram um arranjo físico do tipo funcional no galpão de produção, devido ao agrupamento das operações de um mesmo processo ou tipo de processo. Por exemplo, toda a soldagem é realizada em uma área, a

pintura em outra, o corte em outra, e assim por diante. Esse tipo de arranjo físico permite adaptações para a produção de diferentes linhas de produtos e é justamente por essa necessária flexibilidade entre setores que é muito utilizado quando se tem uma variedade de produtos.

Ainda que o arranjo entre os setores seja do tipo funcional, internamente a muitos deles a forma de trabalho se adapta melhor ao tipo linear, como no caso do setor de embalagem final, na montagem dos produtos, na pintura, no tratamento químico e na conformação, onde uma operação é conseqüente da anterior, seguindo uma ordem, o que facilita a manutenção do padrão desejado.

1.1.2. Dimensões do espaço interno de trabalho

O espaço interno de trabalho é bastante amplo (19.700 m²), o que permite minimizar conflitos entre equipamentos e, ou, operadores.

Nas áreas de trabalho onde se desenvolvem operações do tipo linear, o operário possui como área individual de ação um espaço mais restrito; porém, quando opera um determinado maquinário isolado, seu espaço é ampliado, incorporando áreas como circulação. Os corredores de circulação variam de 1,70 a 3,00m, de acordo com o setor e tipo de transporte que utiliza (empilhadeiras, macacos...) e o espaço entre máquinas varia de 0,50 a 2,00 m. Os espaços de circulação são mantidos constantemente desobstruídos, pois devem estar sempre liberados para a passagem dos carrinhos transportadores de peças.

1.1.3. Funcionalidade e flexibilidade interna

Para a análise de um leiaute industrial, é necessário conhecer, anteriormente, os tipos de produtos a serem fabricados e a forma pela qual será realizada a produção.

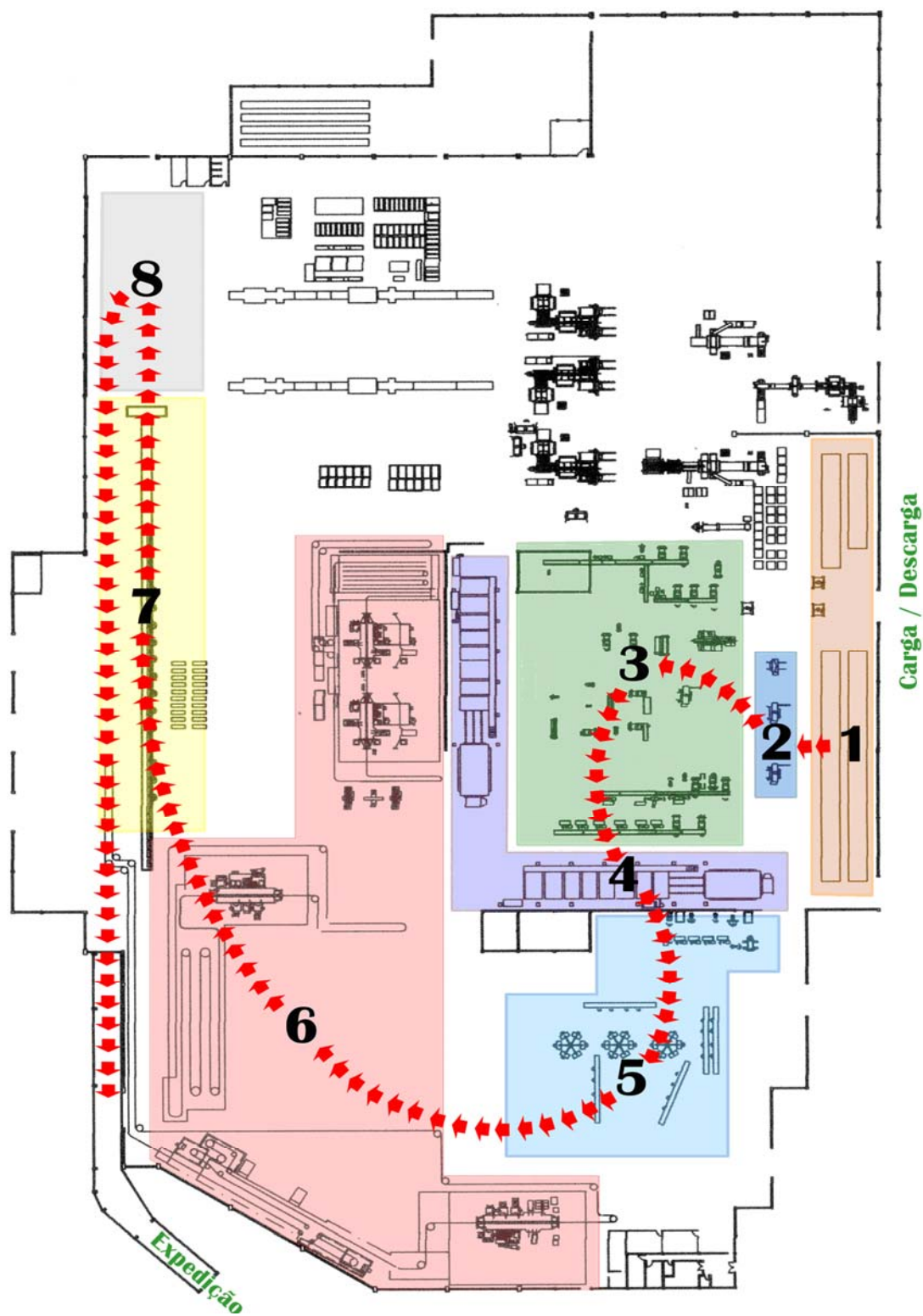
Os produtos finais dessa indústria são os armários em aço, destinados principalmente a cozinhas. Suas partes constituintes envolvem, sem exceções, em seus respectivos processos produtivos, cada um dos setores da seqüência de produção, já mencionada. Com isso, sabe-se que o fluxo realizado para produção de cada peça, seja ela uma porta, um balcão ou uma estrutura do móvel, percorrerá o mesmo caminho, de acordo com o

processo produtivo do qual faz parte, ou seja, novo ou antigo. Ainda que existam dois processos distintos, em concomitante funcionamento, compartilhando o mesmo espaço no galpão industrial, cada um segue o seu fluxo, sem causar conflitos entre si. As Figuras 24 e 25 representam os fluxos de cada processo (antigo e novo), separadamente.

Conforme essas figuras observa-se um espaço interno de trabalho bastante amplo, permitindo que os setores formem entre si um caminho contínuo, sem obstáculos e relativamente próximos uns dos outros. Além disso, ao se considerar a seqüência e as inter-relações existentes entre os setores produtivos, verifica-se que a relação de proximidade necessária entre eles justifica suas adjacências, a não ser por uma exceção: a área de estocagem dos produtos desmontados (nº6), do novo processo de produção. Esta se encontra de forma oposta à saída de expedição, causando conflitos com o setor de embalagem, que se localiza nesse caminho. Entretanto, esta situação será facilmente resolvida após a extinção do processo antigo de produção, onde setores que deixarão de existir poderão ceder seus espaços e promover um rearranjo interno.

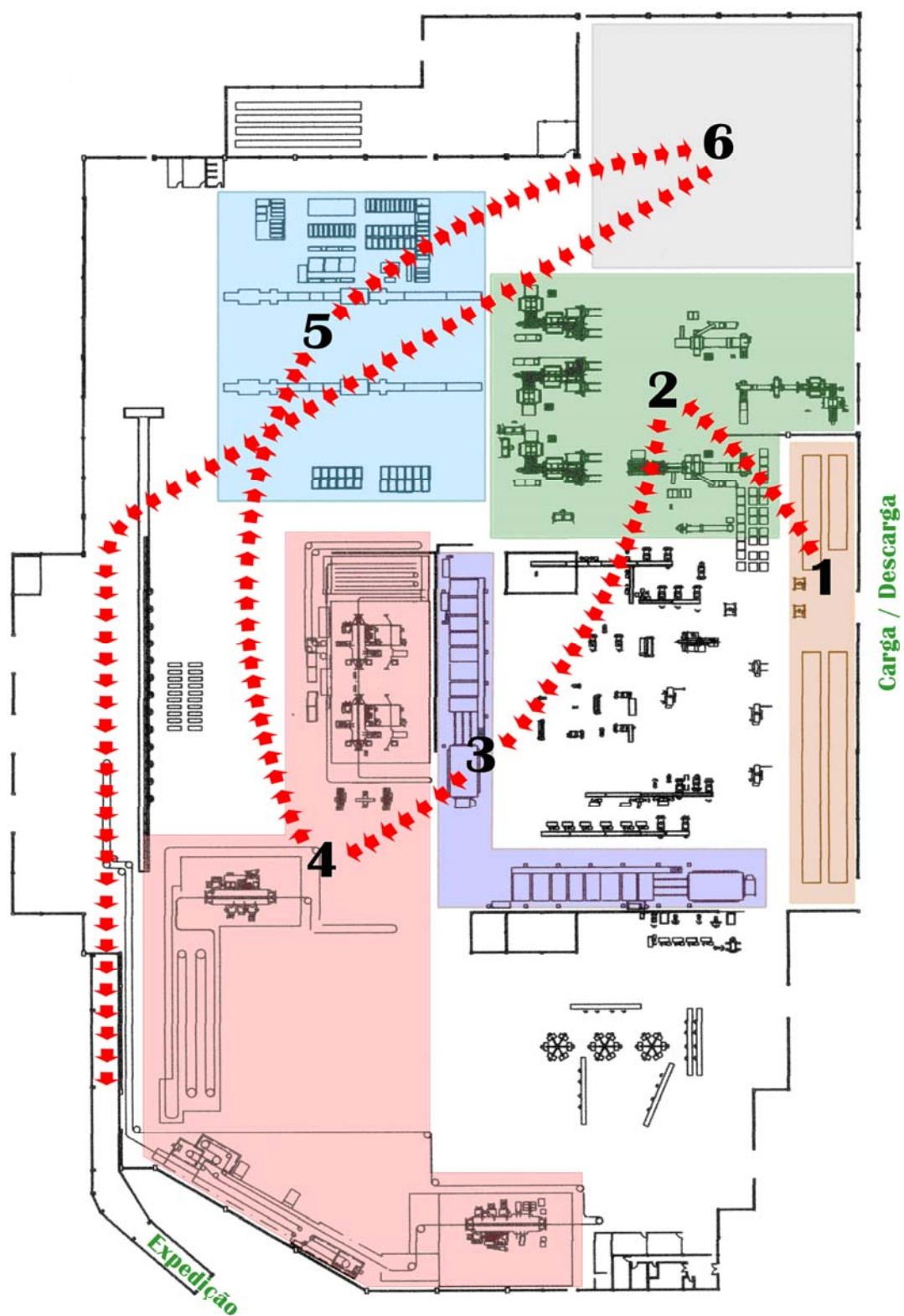
Contudo, torna-se necessária uma análise da flexibilidade espacial, onde serão avaliadas as possibilidades de se modificar o leiaute interno da fábrica. Apesar do grande espaço interno disponível, o mesmo é considerado parcialmente flexível, já que setores como a pintura e o tratamento químico funcionam respectivamente em cabines fechadas de grandes proporções, fixadas em bases de concreto com altura aproximada de 1 m, além da infraestrutura de apoio necessária como rede de água, esgoto e refrigeração. Isso torna os seus deslocamentos inviáveis, a não ser por uma mudança drástica na forma de produção, que não é o caso.

Apesar desse empecilho, os demais setores contam com máquinas e estruturas menores, sem fixações permanentes e, por isso, passíveis de deslocamentos. Dessa forma, é possível adaptar o ambiente de trabalho às futuras necessidades, mantendo em seus respectivos lugares os setores considerados rígidos ou inflexíveis e promover o rearranjo esperado com os demais.



- | | |
|------------------------|---------------------|
| 1. Matéria-Prima | 5. Solda e Montagem |
| 2. Corte | 6. Pintura |
| 3. Prensa e Estamparia | 7. Montagem Final |
| 4. Trat. Químico | 8. Armaz. Final |

Figura 24 - Fluxo do processo antigo de produção.



- | | |
|------------------|-----------------|
| 1. Matéria-Prima | 4. Pintura |
| 2. Conformação | 5. Embalagem |
| 3. Trat. Químico | 6. Armaz. Final |

Figura 25 - Fluxo do processo novo de produção.

2. CONFORTO AMBIENTAL

Os materiais escolhidos como revestimentos dos ambientes podem contribuir para o conforto nas edificações (térmico, acústico e lumínico). Por exemplo, um determinado material usado nas paredes pode absorver mais ou menos o som aéreo da geração interna. Em termos de uso de materiais, a cobertura é outro elemento construtivo importante em indústrias, principalmente do ponto de vista termoluminoso no local estudado. Aspectos como os citados tornarão os ambientes de trabalho mais ou menos agradáveis.

Para fins de análise do comportamento ambiental dos espaços de trabalho que compõem o galpão de produção, caracterizam-se os seguintes elementos:

- paredes da envoltória: construídas com tijolos laminados (11 cm), sem revestimentos, sendo resinadas na face externa e pintadas com tinta látex branco fosco na face interna (Figuras 26 e 27);
- paredes divisórias: idem, porém pintadas com tinta látex branco fosco nas duas faces;
- pisos: em cimento polido, cor natural, encontra-se desgastado (Figura 28);
- cobertura: em estrutura metálica, pintada na cor amarela, suporta telhas metálicas não-pintadas (Figura 29).



Figura 26 - Revestimentos externos.



Figura 27 - Revestimentos internos.



Figura 28 – Piso.



Figura 29 - Vista geral.

Ainda que devesse, nem sempre a arquitetura contribui para as adequadas condições de conforto em um ambiente, seja pela má escolha dos materiais de revestimento, pela forma ou pela tecnologia construtiva empregada. Já outras vezes, ainda que sejam adequadas as escolhas, não se obtém sucesso completo quando a causa está no processo fabril, o que permite apenas que se minimizem as situações desconfortáveis; nessas situações, torna-se necessário, muitas vezes, o uso dos EPIs. No caso da Indústria de Móveis Itatiaia, seus operários utilizam, incondicionalmente, protetores auriculares e, dependendo do setor em que trabalham, também necessitam de óculos protetores, luvas, roupas especiais (tipo macacões) e, até, capuzes.

2.1. Conforto higrotérmico

Segundo Silva (2003), as temperaturas¹² constatadas no galpão de produção, no período de abril a agosto de 2002, variaram de 23 a 27,6°C, sendo este último valor encontrado nos setores de montagem e pinturas, no período entre 12 e 15 horas. Os setores de pinturas são os grandes responsáveis pelo acréscimo da temperatura interna devido às estufas empregadas no processo de derretimento do pó. Ainda segundo Silva (2003), a Legislação Brasileira estabelece pela NR 15 uma temperatura máxima de 26,7°C para este tipo de trabalho, considerado moderado.

Ainda que nos demais setores os valores levantados por Silva (2003) tenham sido inferiores ao permitido pela legislação, é necessária a redução nos índices de IBUTG, pois é preciso considerar que os valores encontrados

¹² Avaliado segundo critério de sobrecarga térmica, definindo valores de IBUTG.

foram registrados em um período frio do ano (abril a agosto). Em períodos quentes, caso da coleta de dados da presente pesquisa, constatou-se um ambiente com sensação térmica de muito quente por um longo período do dia, sendo considerado extremamente desconfortável pelos que trabalham no local. Além das várias fontes de calor do processo fabril, outra sensação desfavorável contribui para o desconforto interno: o de abafamento, decorrente das condições arquitetônico-construtivas, o que agrava, ainda mais, a situação. Esse fato requereu o uso de ventiladores e insufladores em muitos pontos (Figuras 30 e 31). Contudo, estes últimos só contribuem em curtos períodos frios do ano, porque em grande parte do tempo insuflam o ar quente do exterior, verificado correntemente na região em que se situa o galpão de produção.



Figura 30 – Insufladores.



Figura 31 – Ventiladores.

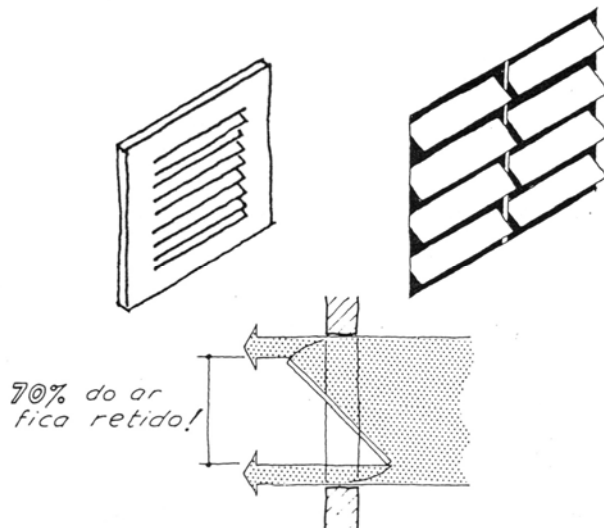
Essa situação leva à necessidade de se investir na busca efetiva de soluções formais para resolver os problemas de ventilação para o local estudado, tanto nos postos de trabalho como no galpão como um todo.

Quando da realização desta pesquisa, a tentativa de se conseguir melhorar a ventilação, ainda que insuficiente, era feita por meio de quadros de venezianas (Figura 32), instalados regularmente ao longo da base das paredes (com a intenção de entrada de ar frio), e *sheds* na cobertura (saída de ar quente). No entanto, tanto as venezianas quanto os *sheds* são insuficientes para a necessidade interna, o que demanda o uso da ventilação forçada. O princípio pretendido para criar diferença de pressão está correto, porém, para as condições climáticas do local, tem sido pouco eficaz diante do tipo e

tamanho de venezianas inferiores e de as aberturas dos *sheds* estarem parcialmente obstruídas por vidros fixos, impedindo a saída de ar (Figuras 33, 34, 35 e 36).



Figura 32 – Venezianas.



Fonte: Montenegro (1998).

Figura 33 - Abertura tipo basculante e venezianas.



Figura 34 - *Shed* visto do exterior.



Figura 35 - *Shed* visto do interior.

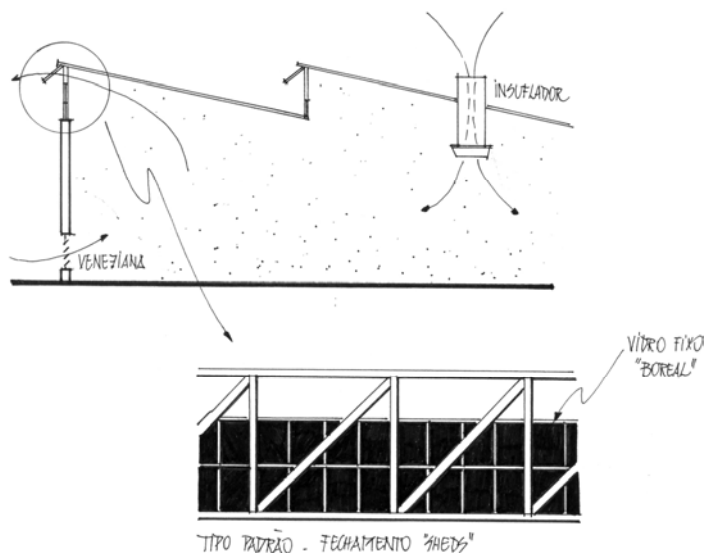


Figura 36 - Fechamento dos *sheds*.

Também contribui para o calor interno o fato de a construção, como um todo, ter bastante incidência de radiação solar. Os raios solares atingem a cobertura do galpão o dia todo e os fechamentos verticais, segundo sua orientação. Nestes não existem nenhum tipo de dispositivo de proteção solar como beirais, balanços, brises e toldos; também não existem obstruções externas, como árvores e vegetações, outras construções etc.

Devido à extensão e volumetria do galpão e à incidência direta do sol nos materiais utilizados para o fechamento, como as telhas metálicas na cobertura e as de amianto em grande parte da fachada noroeste (ambas com baixa resistência térmica), não é de se surpreender a ocorrência de desconforto térmico no interior da construção.

Além dos ventiladores e insufladores, também é utilizado um outro sistema de ventilação artificial. Como o processo de produção envolve setores de tratamento químico, que libera muito vapor quente, torna-se necessária a colocação de exaustores nesses locais (Figura 37). Os exaustores são fixados diretamente na cobertura, acima dos pontos mais críticos.



Figura 37 – Exaustores.

2.2. Conforto acústico

No galpão de produção estudado há um grande percentual de materiais acusticamente reflexivos, como o maquinário, a matéria-prima e os produtos acabados em aço. Além disso, as paredes de tijolos aparentes pouco contribuem para melhorar a absorção sonora. Todos esses materiais, como encontrados no local, são muito pouco absorventes do som, e a pintura interna, ainda que fosca, reduz a porosidade superficial.

O ambiente interno de trabalho é considerado extremamente ruidoso pelos operários da indústria. Segundo Silva (2003), os níveis de ruído

registrados nos postos de trabalho ultrapassaram o limite de 85 dB(A), estabelecido pela legislação brasileira (NR 15) para uma jornada de nove horas de trabalho, sendo verificados até 120 dB(A) em determinados setores.

Sem qualquer tentativa de tratamento acústico, a preocupação se volta, então, para o grau de eficiência dos EPIs, utilizados por todos os operadores desse galpão e esta prática não pode ser dispensada.

Alguns ruídos produzidos pelo maquinário em operação estão em níveis toleráveis, como os ruídos das esteiras rolantes, dos motores e das ferramentas manuais; mas outros são extremamente ruidosos. Em níveis menores estão as novas máquinas do setor de conformação, que provocam tanto ruídos contínuos como de impacto. E em um nível extremo, aliás, o grande causador do desconforto interno, pelo fato de influenciar a fábrica como um todo, é o setor de prensa e estamperia, com seus altos níveis de ruído de impacto.

Com a extinção desse setor, já que sua função está gradativamente sendo substituída na fábrica, todos os demais setores ganharão no que diz respeito à diminuição do ruído interno.

A relação das fontes geradoras de ruído, com a quantificação e o grau de absorção dos materiais de revestimento influenciam o tempo de dissipação do som (reverberação). Quanto mais rígidas e polidas forem as superfícies do ambiente, maior a sua contribuição para a reflexão do som.

2.3. Conforto luminoso

No Quadro 12 apresentam-se os níveis de iluminância recomendados pela NBR 5413 (ABNT, 1992) para postos de trabalho de fabricação de móveis de aço.

Quadro 12 - Níveis mínimos de iluminância (ABNT).

Atividade	Níveis Mínimos de Iluminância
Soldas	200 lux
Prensa e estampagem	300 lux
Montagem	300 lux
Pintura	1000 lux
Ilum. geral p/ tarefas visuais simples	200 lux

Fonte: NBR 5413, *apud* Silva (2003).

Segundo Silva (2003), a maioria dos postos de trabalho apresenta níveis de iluminância abaixo do mínimo recomendado pelas normas, com exceção do setor de pintura (dentro das cabines), devido à preocupação com a qualidade do acabamento final dos móveis. Em contraposição a esse fator técnico, o ambiente de trabalho é considerado agradavelmente bem iluminado pelos funcionários da empresa.

A iluminação ambiente é feita através de dois tipos de luminárias, que, no entanto, compõem um único método de iluminação: iluminação geral setorizada. Isto significa que as fontes luminosas estão espalhadas por todo o galpão, mas não de maneira uniforme, e sim conforme a necessidade do leiaute. Auxiliarmente, existem alguns poucos pontos em determinados setores que receberam fontes de iluminação mais intensa com luminárias de apoio.

Quanto ao tipo de distribuição de luz, ambas produzem iluminação direta, porém a primeira, em grande maioria, utiliza lâmpadas fluorescentes instaladas em luminárias abertas, que por sua vez são pintadas internamente de branco, e estão suspensas por eletrocalhas a aproximadamente 5 m do plano de trabalho (Figura 38). Já a segunda é composta por luminárias, tipo refletores, com lâmpadas de vapor de mercúrio, protegidas por vidro transparente. Estão fixadas diretamente na estrutura de cobertura, aproximadamente a 7 m do plano de trabalho (Figura 39).

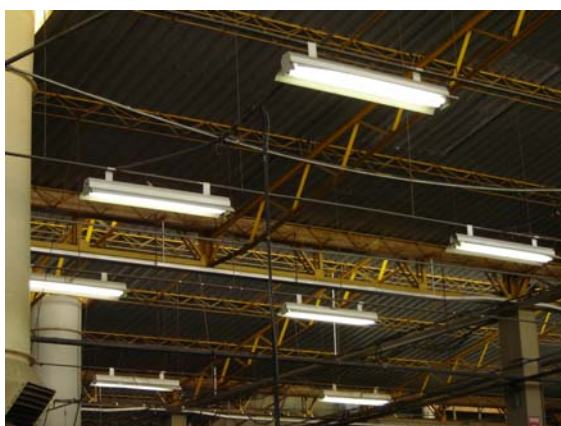


Figura 38 - Lâmpadas fluorescentes.



Figura 39 - Lâmpadas vapor de mercúrio.

Tanto as lâmpadas fluorescentes quanto as de vapor de mercúrio, utilizadas na indústria, produzem cor de iluminamento do tipo branca fria. Além disso, são mais indicadas, neste caso, lâmpadas com alta temperatura

aparente de cor, que realçam as tonalidades chamadas frias, como o verde e o azul.

Também é uma característica importante para a iluminação a capacidade das lâmpadas de reprodução das cores, e por isso foi criado o IRC (Índice de Reprodução das Cores), que será identificado somente para as fluorescentes já que compreendem a maioria. O tipo de luminárias instaladas (abertas), mantidas constantemente com duas lâmpadas de potência igual a 40W cada, possui IRC de 85, que é classificado como bom (Quadro 13), ou seja, reproduz as cores de forma bem realista, favorecendo a distinção das cores.

Quadro 13 - Índice de reprodução das cores.

Nível	IRC	Qualificação
1	90 - 100	Muito bom
	80 - 89	Bom
2	70 - 79	Razoável
	60 - 69	Regular
3	40 - 59	Insuficiente
4	20 - 39	Insuficiente

Apesar de não dispensar a iluminação artificial, a luz natural que entra pelas aberturas dos *sheds* contribui de maneira valiosa; por ter vidros fantasia translúcidos como fechamentos, impedem que raios solares atinjam diretamente os operários, o que poderia provocar ofuscamentos. A iluminação natural proveniente da abóbada celeste, chamada de zenital, oferece maior uniformidade na distribuição da iluminação sobre as áreas de trabalho, por isso é adequada para locais profundos e com grandes espaços contínuos.

A iluminação proveniente dos *sheds* permite contrabalançar o baixo CRI (Componente de Reflexão Interna) do galpão, que, dentre outros fatores (área, forma e textura das superfícies), depende da refletância das superfícies internas. Em face das características do local estudado, pode-se dizer que o piso e as paredes têm pouquíssima influência no desempenho da iluminação.

Quanto mais claras as superfícies internas maior será o rendimento da iluminação. Entretanto, na indústria em estudo, têm-se os seguintes

revestimentos utilizados nas superfícies internas, contribuindo da seguinte forma:

- paredes: apesar de foscas, são pintadas na cor branca, que ajuda em até 85% na reflexão da luz incidente. Contudo sua contribuição é pequena, já que constituem apenas o envoltório de uma construção de grandes dimensões livres internamente;
- cobertura: com aspecto cinzento, contribui pouco para a reflexão da luz incidente (por volta de 15 a 25% considerando a cor cinza-escura); e
- piso: assim como a cobertura, pouco contribui para a reflexão da luz incidente (por volta de 40 a 50% considerando a cor cinza-clara).

Por fim, as cores utilizadas no maquinário (azul-escuro e verde-escuro), apesar de indicadas pelas NR 26 – Sinalização de Segurança, refletem a luz incidente na ordem de 5 a 15% e 10 a 30%, respectivamente, ou seja, são os que menos contribuem para tal, mas assim deverão permanecer.

3. SÍNTESE DOS RESULTADOS

3.1. Funcionalidade e flexibilidade

Conforme análise das setorizações existentes, o ambiente interno de trabalho é funcional no que diz respeito ao fluxo da produção e parcialmente flexível, devido à existência de setores estruturalmente rígidos.

A razão principal para a sua funcionalidade se deve à adjacência nas relações de dependência entre setores. Além disso, a amplitude do ambiente físico interno permite a existência de corredores de passagem largos, amplos espaços entre máquinas e áreas suficientes de pré-estocagem, reduzindo a possibilidade de conflitos e tornando o fluxo rápido, seguro e contínuo.

3.2. Conforto ambiental

3.2.1. Condições higrotérmicas internas

Avaliado pelos funcionários como o principal problema de conforto interno, o ambiente é considerado desfavoravelmente quente e abafado, devido a vários fatores:

- o calor liberado por vários equipamentos como fornos;
- a insolação intensa sobre a edificação;
- a falta de ventilação natural;
- a insuficiência e inadequação da ventilação artificial; e
- a inconformidade de determinados materiais de revestimento como, por exemplo, a cobertura.

3.2.2. Ruído interno

Apesar de o ambiente ser considerado extremamente ruidoso, segundo os funcionários, este é o segundo pior aspecto quanto às condições internas de conforto. Suas principais causas são:

- o maquinário utilizado no processo de produção, não se podendo dispensar o uso de EPIs em nenhum dos setores;

- o tipo de telha usada para o recobrimento do galpão (metálica simples) provoca, em dias de chuva, altos níveis de ruído;
- a grande extensão do galpão contribui para a formação do eco; e
- o tipo de revestimento interno das paredes e a cobertura contribuem para o aumento do tempo de reverberação do som, já que são materiais pouco absorventes do som.

3.2.3. Iluminação interna

Registrada por Silva (2003) como deficiente na grande maioria dos pontos, apesar do uso aparente de lâmpadas adequadas e em quantidade suficiente. As possíveis causas para esta deficiência seriam:

- no tipo de construção estudada, o baixo CRI (Componente de Reflexão Interna), devido à forma e às dimensões do ambiente e às cores dos revestimentos internos, muito pouco contribui para a reflexão da luz incidente, principalmente nas áreas centrais do galpão;
- a longa distância vertical existente entre os pontos de fixação das luminárias e os postos de trabalho; e
- a área de iluminação natural, promovida zenitalmente pelos *sheds* e lateralmente pelos portões de entrada, corresponde a aproximadamente 23% da área do piso, enquanto as recomendações encontradas em literaturas específicas falam em no mínimo 20%. É possível aumentar esta porcentagem de área iluminante no galpão principal, incluindo outras aberturas zenitais, a partir de estudos e projetos específicos.

V. RECOMENDAÇÕES

1. FUNCIONALIDADE

Em se tratando de uma indústria já instalada, é necessário que as intervenções propostas não representem grandes rupturas e que sejam realmente possíveis de implementação, sem grandes custos em alterações nas instalações e estruturas existentes. Além disso, a expectativa de uma reestruturação no processo de produção em curto prazo justifica a proposição de intervenções exclusivamente para esta futura, mas certa, modificação.

Ao extinguir os setores de corte, prensa e estamparia, solda e montagem das peças e montagem final dos produtos, o galpão de produção disporá de novos espaços que permitirão uma reorganização do leiaute de todos os setores. Para tal caso, devem ser buscadas alternativas para um rearranjo físico a partir de estudos, considerando diferentes enfoques e abrangência como:

- deslocamento do setor de conformação para a área da antiga prensa e estamparia, ampliando o seu espaço de trabalho;
- um dos setores do tratamento químico pode ter seu fluxo alterado, ou seja, mantém-se no mesmo local, porém com a entrada e saída das peças trocadas;
- o setor de pintura poderá expandir-se para a área antes ocupada pela solda e montagem;
- o setor de embalagem também se mantém no mesmo local, ou seja, próximo ao almoxarifado em mezanino, mas com possibilidade de ampliação no sentido da antiga conformação; e
- o armazenamento dos produtos acabados e embalados poderá ser transferido para a antiga montagem final, ficando, portanto, próximo à saída para expedição. O espaço deixado por este setor passa a ser destinado a uma área de reserva do galpão.

A planta baixa apresentada na Figura 40 ilustra essas recomendações em termos de setorização, onde desaparece o conflito anteriormente diagnosticado, e mantêm as inter-relações necessárias de dependências.

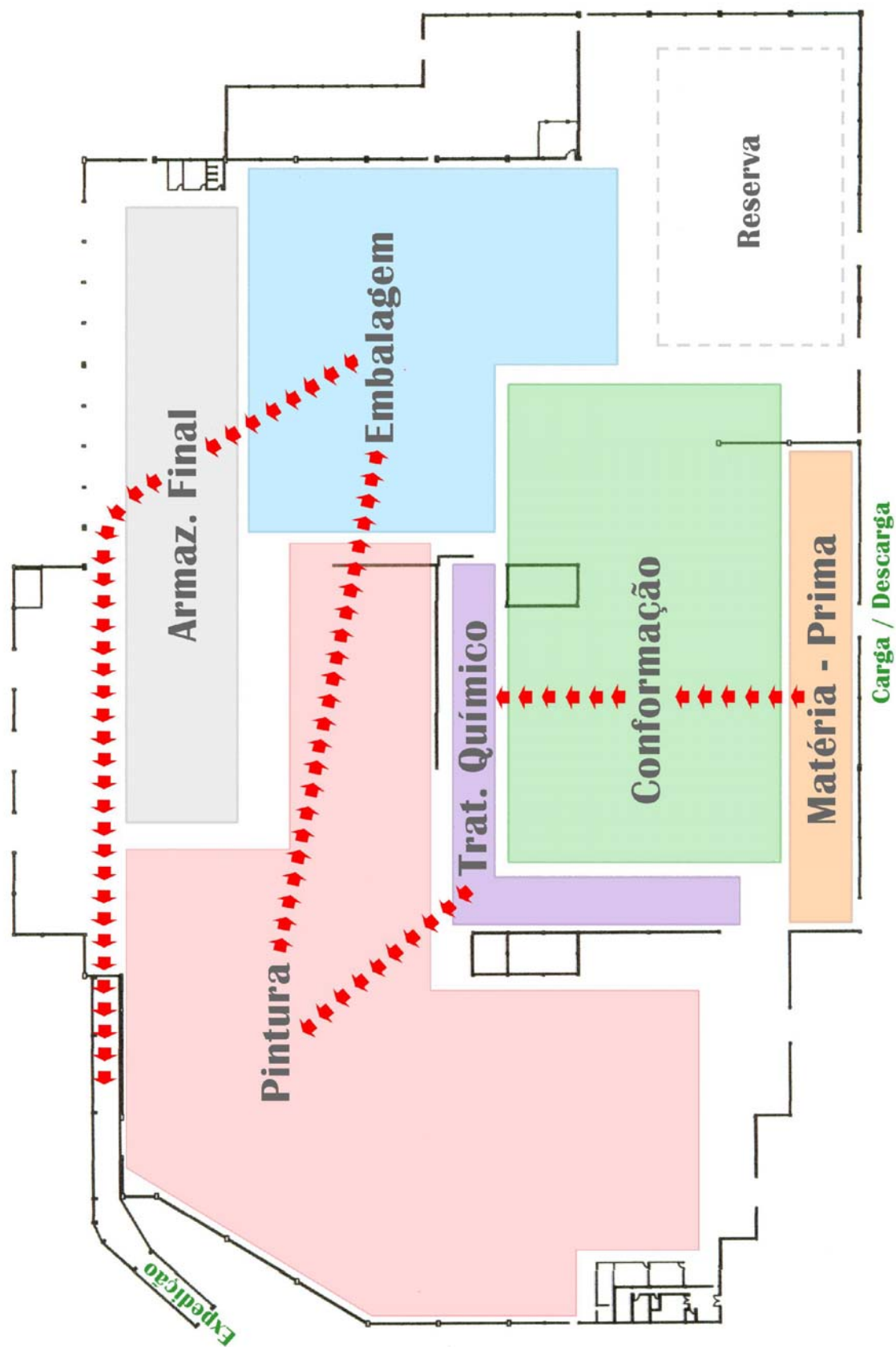


Figura 40 - Setorização recomendada.

2. CONFORTO AMBIENTAL

Nas indústrias, a utilização de processos quentes encontra-se tão amplamente disseminada, que o calor intenso, juntamente com o ruído excessivo, constitui os problemas ocupacionais de natureza física mais freqüentes nas atividades industriais (FUNDACENTRO, 1972).

Assim como qualquer agente ambiental, o calor e o ruído devem ser primeiramente controlados na fonte ou em sua trajetória, isto é, através de medidas aplicáveis ao ambiente. Não sendo possível esse tipo de controle, por razões de ordem técnica ou econômica, devem ser adotadas medidas de proteção, aplicáveis ao trabalhador; entretanto, diversas dessas medidas relativas ao pessoal devem sempre ser aplicadas, independentemente da adoção de outras medidas de caráter ambiental.

2.1. Medidas mitigadoras para condições térmicas internas

A finalidade das medidas de controle é, obviamente, procurar diminuir a quantidade de calor que o organismo produz e, ou, recebe e aumentar a sua possibilidade de dissipá-lo. Diminuir o esforço físico do indivíduo, mecanizando certas operações, inevitavelmente será insuficiente, assim como atuar diretamente na fonte, para o caso de calor, também muitas vezes será inviável ou até mesmo impossível. Desta forma, deve-se focalizar todo e qualquer esforço nos fatores ambientais que influem na sobrecarga térmica.

Partindo por esse caminho, para proporcionar a diminuição da temperatura interna, de modo a melhorar as condições de conforto, são necessárias medidas de controle que propiciem, principalmente: proteção contra insolação excessiva; amortecimento das variações de temperatura externa; e ventilação para abrandamento do calor interno.

2.1.1. Insolação

Intervir na atual cobertura é uma providência prioritária. A telha utilizada – folha simples de aço galvanizado – tem baixa resistência térmica, transferindo muito rapidamente o calor solar recebido para o interior do edifício. Esta situação pode ser amenizada com a aplicação de um sistema

termo-acústico, que é também definido por sistema sanduíche, composto, por exemplo, por uma camada de material isolante térmico (poliuretano) entre telhas, que além de amortecer e retardar o fluxo de calor reduz a propagação do ruído, conferindo-lhe dupla função.

No caso desse galpão, uma equipe especializada facilmente realizaria essa complementação, com a fixação do isolante sobre a cobertura existente e, em seguida, com a colocação da segunda camada de telhas, sem que isto interferisse no processo de produção da fábrica. Toda a operação é realizada *in loco*, sobre a cobertura existente.

Complementarmente, a nova telha a ser aplicada deverá receber pintura eletrostática, o que lhe garante maior durabilidade. De preferência devem ser usados tons claros, até mesmo o branco, que neste caso também assegura um índice de refletância da ordem de até 86%, proporcionando maior eficiência térmica ao sistema. Mantê-las sempre limpas também ajuda na sua reflexão.

Além da cobertura, outra atitude pode ser tomada, a fim de minimizar o calor produzido pela insolação: pintar as paredes, externamente, com cores claras. Em termos de insolação (radiação de onda curta), como mencionado no Quadro 5, cores como o creme e o amarelo absorvem de 30 a 50% do calor solar incidente, de onde se conclui que possuem poder de reflexão de 70 a 50%; além disto, provocam bem menos ofuscamento que o branco.

A alvenaria em camada única de 15 cm em tijolo aparente (cor vermelho-escura), material empregado como fechamento, possui condutividade térmica conforme já visto no Quadro 6, sendo médias a sua resistência térmica e a sua capacidade de amortecimento dos fluxos de calor em função das temperaturas externas do ar e das superfícies insoladas (Figura 16). Qualquer intervenção nessas paredes de fechamento, do ponto de vista de desempenho térmico, deverá ser feita em função de suas áreas e da incidência global de radiação solar. De qualquer forma, ao aumentar o seu poder de reflexão, contribui-se para a diminuição do fluxo de calor a ser absorvido e, por conseqüência, a ser transmitido.

Porém, é importante fornecer às fachadas do galpão um aspecto visualmente agradável, sobretudo atraente, o que tons claros exclusivamente

não provocarão. Por isso, seria conveniente um estudo sobre diagramação de cores, para a escolha daquelas que pudessem proporcionar os dois objetivos: aumentar a sua reflexão e adquirir uma boa estética.

Uma outra ação para evitar que a radiação solar atinja plenamente as fachadas da fábrica é recorrer à vegetação. Uma barreira de árvores, para filtrar os raios solares diretos ao edifício, auxiliaria com sombreamento, reduzindo a propagação e irradiação do calor. É preciso, no entanto, que esta vegetação tenha localização e porte adequados, a fim de não prejudicar a entrada de ar para ventilação, que como já se sabe é realizada por aberturas nas bases das paredes, e assim devem permanecer. Isto deve ser objeto de estudo paisagístico e projetos específicos, para não se tornar um obstáculo ao ar, como ilustrado na Figura 41, assim como não se localizar em determinados pontos, onde poderá modificar a direção de eventual passagem dos ventos.



Fonte: Montenegro (1998).

Figura 41 - Bloqueio da ventilação.

Uma solução poderia ser também o uso de trepadeiras combinado com o plantio de árvores de médio a grande porte, com folhagem tipo caducas, por exemplo, que pudessem sombrear as paredes nos locais desejados, ou seja, entre as duas aberturas existentes (Figura 42), durante o verão, enquanto no inverno permitissem a passagem do sol. Em locais arborizados, a vegetação pode interceptar entre 60 e 90% da radiação solar.

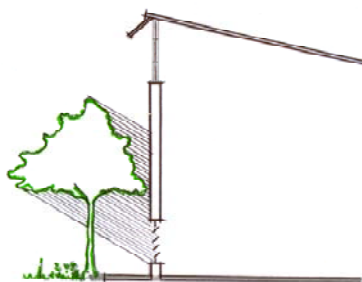


Figura 42 - Localização ideal da vegetação.

2.1.2. Calor interno

Para baixar a temperatura do ar interno, deve-se buscar a eficiência da ventilação ambiente, seja de modo natural, artificial ou por ambos os métodos.

Para auxiliar o processo natural, poderia ser ampliada a eventual entrada de ar frio e facilitar a saída de ar quente, substituindo as venezianas das paredes por elementos vazados mais eficientes, conforme a Figura 43, de forma a fornecer maior área de passagem para o ar.

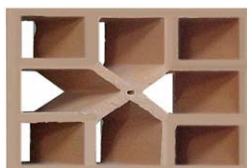


Figura 43 - Tipo de tijolo vazado.
(disponível em <http://www.c&c.com.br>)

Esses elementos, tendo ainda seus planos inclinados e assentados em direções intercaladas, auxiliariam bastante o objetivo final, pois os escassos ventos, longitudinais à via de circulação interna, penetrariam mais amplamente no ambiente. Além disso, cabe lembrar que tal artifício deverá acontecer em todas as fachadas possíveis, e em diferentes alturas.

Em decorrência dessa intervenção, seria necessária a fixação de uma pequena aba metálica, tipo rufo, para proteção das chuvas.

Ainda complementando a ventilação natural, seria indicada a eliminação dos vidros fixos das esquadrias dos *sheds*, de forma a liberar, por completo, a saída de ar quente. É necessário, também, que suas abas de proteção contra intempéries sejam aumentadas para torná-las eficientes. Esta modificação, por sua vez, já vem sendo realizada em alguns trechos da fábrica (Figura 44), e deve se estender por toda ela.



Figura 44 - Abertura dos *sheds*.

Um outro procedimento, apesar de mais dispendioso, deve ser também aplicado quando se considerar que os ventos externos, essenciais para a ventilação natural, não sopram suficientemente (são fracos e eventuais), e mesmo que ocorresse o contrário não atingiriam integralmente o espaço interno, pois o galpão industrial é bastante extenso. Desta forma, torna-se indispensável reprojeter o sistema de ventilação artificial, pois atualmente é inadequado e ineficiente.

A técnica usualmente mais adotada é a introdução de ar fresco no local por insuflação. Tal insuflamento normalmente se faz por baixo ou à meia-altura, e ao criar uma pressão interna maior que a externa provoca a saída do ar quente pelas aberturas mais altas disponíveis.

Portanto, no galpão dessa fábrica o ar externo deveria ser insuflado para dentro e retirado pelas aberturas dos *sheds*. Como estas últimas são inapropriadas e o ar do exterior não contribui para o efeito de ventilação, suas venezianas funcionam como complemento de saída de ar, enquanto deveria ser exatamente o contrário. Além disso, os insufladores instalados agem de forma incorreta, pois capturam o ar aquecido sobre a cobertura e o conduzem para o interior da edificação, um sistema que opera inadequadamente.

O que se sugere é a eliminação dos dutos dos insufladores e a transformação de suas aberturas em exaustores nos pontos mais críticos, ou seja, de maior concentração de calor, que ocorrem principalmente próximo às estufas e aos tanques de água quente. Para o restante da fábrica o ideal é a utilização de exaustores eólicos (Figura 45), por possuírem baixo custo (a não ser o inicial), pois não consomem energia e ajudam a manter o equilíbrio da pressão interna, de forma eficaz e ininterrupta. O sistema opera de acordo com o grau de necessidade, sem provocar uma sucção agressiva do ar. Esses exaustores funcionam a partir de correntes de ar (ventos/brisas), que incidem sobre o globo, fazendo com que este se movimente, gerando pontos de baixa pressão nas aberturas do cilindro interno (negativo), ocasionando a exaustão do ar ambiental.

Mesmo na ausência de ventos, a ascensão das massas internas de ar quente provoca uma pressão no interior do globo, fazendo com que o exaustor gire e, portanto, forneça uma exaustão contínua.



Figura 45 - Exaustor eólico.

(disponível em <http://www.arnatural.com.br>)

Para que a retirada do ar ocorra de forma satisfatória e o equilíbrio da pressão interna permaneça, é fundamental, dentre as demais ações, criar uma forma de produção de ar fresco, o que ainda não acontece naturalmente no local.

Considerando os altos custos de uma operação mecanizada, principalmente sistemas de ar condicionado, pode-se ainda optar pela construção de torres de resfriamento do ar, utilizando a água como elemento natural para refrigeração de ar. Para maior eficiência desse sistema deve-se construir um reservatório subterrâneo próximo à torre, para armazenamento da água utilizada, dimensionado em função da torre. Ele deve ser subterrâneo para manter a água resfriada.

É preciso lembrar que esse sistema deverá ser complementado por filtros de desumidificação do ar que é lançado no interior, pois a umidade interna poderia prejudicar os produtos e equipamentos da fábrica, que são quase sempre em aço, e também para fins de conforto humano.

2.2. Medidas mitigadoras para condições de ruído interno

As primeiras medidas de controle devem estar relacionadas com a fonte produtora do ruído. Considerando, no entanto, a remota viabilidade de intervenções e modificações no maquinário gerador de ruídos, a não ser com a sua substituição, dificilmente torna-se possível esse tipo de controle. Na indústria estudada, o ruído interno da fábrica é especialmente produzido pelo setor de prensa e estamparia (processo antigo de produção) e, como mencionado, dentro de algum tempo este processo deixará de operar, ou seja,

será totalmente substituído por novo processo, menos ruidoso, chamado de conformação.

Obviamente, esse não foi o objetivo desta substituição, mas acusticamente será providencial, assim como a mudança na cobertura com intenções térmicas contribuirá para o conforto auditivo, inclusive no caso de ruídos devido à incidência de chuvas. Também, a manutenção periódica dos equipamentos ajuda no controle do ruído.

Enquanto permanecer o setor de prensa, deve-se mitigar a propagação do seu ruído com medidas de controle na sua trajetória, ou no ambiente, ainda que sejam provisórios. Desta forma, não são interessantes as soluções que necessitam de grandes investimentos.

Uma solução seria a criação de barreiras isolantes que auxiliam tanto na absorção como no controle da propagação do ruído em determinadas direções. São os chamados *baffles*, que aparentam um pergolado, ou seja, um varal de placas absorventes de ruído, literalmente dependuradas sobre o setor ruidoso (Figuras 46 e 47). As ondas sonoras, ao atingirem essas placas, serão parcialmente absorvidas e dissipadas, ficando a propagação plena do som restrita às laterais do ambiente. O que ocorrerá, na realidade, será a redução da reverberação do som naquele local.



Figura 46 – *Baffles*.



Figura 47 - Placas absorventes isoladas.

(disponíveis em <http://www.silentsource.com/baffles.sonex.html>)

Para as placas absorventes costuma-se utilizar lã de vidro ou, mais comumente, as espumas de poliuretano flexível, que possuem estrutura multicelular onde a onda sonora é dissipada. Há diversas cores disponíveis no mercado (cinza grafite, branco, areia, azul, palha, entre outras) e diversas

formas também. As mais empregadas são as planas e as esculpidas em cunhas anecóicas, pois permitem a absorção de ondas sonoras vindas de qualquer direção.

2.3. Medidas de controle para o trabalhador

Ainda que medidas de controle na fonte ou no ambiente sejam aplicadas, é preciso manter o trabalhador sempre resguardado.

Com relação às temperaturas elevadas, recomendam-se:

- exames médicos periódicos;
- programa de aclimatação para novos funcionários, ou seja, adaptação lenta e progressiva do indivíduo ao trabalho em local quente, como apresentado no Quadro 8;
- limitação do tempo de exposição (rodízio de funcionários);
- ingestão de água e sal (perdido no suor); e
- uso de EPIs: macacões, capacetes, luvas, aventais etc.

Já com relação ao ruído, recomendam-se:

- limitação do tempo de exposição (rodízio de funcionários); e
- uso indispensável de EPIs: tampões de ouvido, conchas e capacetes.

2.4. Medidas para melhoria da iluminação

Qualquer medida a ser considerada, em função do melhoramento da iluminação, deve ser avaliada também no sentido de não provocar aumento da temperatura. É conveniente, neste caso, que a promoção das melhorias para fins de eficiência e desempenho termoluminoso considere o número total de lâmpadas, luminárias, e os efeitos na temperatura local.

Para o caso particular dessa indústria, verifica-se pela colocação dos insufladores de ar que o maquinário envolvido no processo de fabricação dos móveis não utiliza elevadas alturas, assim como regiões próximas à cobertura não são aproveitadas como rota de fluxo das peças, visto que aqueles chegam a atingir meia-altura do pé direito do galpão, o que pode ser constatado na Figura 48; caso contrário, seriam considerados, inevitavelmente, obstáculos. Portanto, permite-se, sem prejuízos internos, que a altura útil das luminárias,

ou seja, a distância das luminárias em relação ao plano de trabalho, seja diminuída com o rebaixamento das fontes luminosas, localizadas, até então, sempre acima das bocas de insuflação, de forma a fornecer maiores níveis de iluminação ao galpão e, conseqüentemente, aos postos de trabalho.



Figura 48 - Vista geral dos insufladores.

A altura de montagem das luminárias influi diretamente no chamado índice do recinto (K), um índice relacionado com as dimensões físicas do ambiente a ser iluminado, como largura e comprimento do ambiente e altura útil das luminárias:

$$K = \frac{\text{largura} \times \text{comprimento}}{(\text{largura} + \text{comprimento}) \times \text{altura útil}}$$

Portanto, ao variar a altura útil das fontes luminosas, no caso diminuindo-a, pode-se aumentar de forma inversamente proporcional o índice do recinto, que por sua vez influenciará o fator de utilização¹³ das luminárias. Quanto maior for o índice do recinto, maior será o fator de utilização (razão do fluxo utilizado pelo fluxo luminoso emitido pelas lâmpadas). O objetivo desta proposta é exatamente aumentar a eficiência do fluxo utilizado com a permanência do fluxo luminoso emitido pelas lâmpadas. Por isso, é recomendável instalar as luminárias sempre na menor altura possível.

No galpão, grande parte da iluminância é promovida por lâmpadas fluorescentes, instaladas em luminárias com acabamento interno branco. Uma solução complementar seria o recobrimento da superfície refletora das luminárias com chapas cromadas ou de alumínio polido, com alto grau de

¹³ Valores fornecidos por tabelas em função do Índice do Recinto.

refletância. Este espelhamento aumentaria a sua eficiência, sem qualquer produção extra de calor.

Apesar de essas providências aumentarem satisfatoriamente o rendimento da iluminação interna, outro aspecto que pode influenciar o fator de utilização das luminárias são os índices de reflexão internos, variáveis de acordo com os tipos e as cores dos materiais de acabamento utilizados no teto, nas paredes e no piso do ambiente a ser iluminado. Cores mais claras possuem maior refletância, proporcionando maior rendimento ao sistema de iluminação. A questão consiste na escolha das cores que refletem a luz, em vez de absorvê-las.

Como mencionado, a parte inferior da cobertura tem aparência escura e desagradável. Poderia ser pintada com uma cor clara, por exemplo, o branco, a fim de aumentar a reflexão e homogeneização da luz proveniente dos *sheds*. O piso poderia, da mesma forma, receber uma camada de pintura epóxi, que, além de lhe conferir durabilidade, impermeabilidade e alta resistência à compressão mecânica e à abrasão, proporciona uma sensação agradável de limpeza, higiene e claridade, dependendo das cores utilizadas. Além disso, contrastes mais fortes poderiam ser conseguidos com relação à marcação da circulação (amarela). Nas paredes o objetivo já foi alcançado, porém poderia ser mais valioso se em vez de completamente brancas suas cores fossem parcialmente substituídas por outras que, além de permitirem alta reflexão, causassem efeitos psicológicos mais interessantes. O uso das cores nesse momento poderá auxiliar na reflexão da luz interna e também promover um ambiente mais agradável e proporcionar a sensação de satisfação aos trabalhadores.

Por fim, pode-se melhorar o sistema de iluminação natural, fornecendo aos *sheds* maior rendimento luminoso (além da função de ventilação), e acrescentar outros pontos de iluminação zenital ao longo da cobertura.

O primeiro ponto relaciona-se com os fatores de sombra existentes nos *sheds*, ou seja, os beirais ilustrados nas Figuras 36 e 42. Conforme recomendações anteriores, eles deverão ser aumentados por motivos de proteção a intempéries. Dessa forma, deverão receber, principalmente na face inferior, pintura branca como no restante da cobertura. Caso mantidos em condições de uso, limpos e com sua refletância conservada, essa medida

auxilia no fornecimento de luz refletida, quase nada influenciando no aumento da carga térmica.

Já com relação aos pontos extras de iluminação zenital, existem fixados por toda a cobertura os chamados *coberts*, destinados à exaustão natural, mas considerados ineficientes (Figuras 49 e 50). Pode, então, ser dado a eles a finalidade de iluminação, substituindo suas telhas metálicas por telhas translúcidas leitosas, que permitem a entrada da luminosidade solar e do céu, pouco afetando a carga térmica.

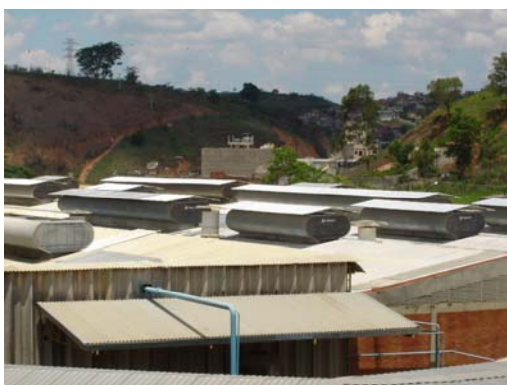


Figura 49 - Vista externa dos *Coberts*.



Figura 50 - Vista interna dos *Coberts*.

2.5. Considerações finais

Tendo em vista ser este um estudo ergonômico-ambiental de um galpão de fabricação de móveis de aço, sugere-se que as recomendações apresentadas sejam avaliadas quantitativamente por profissionais especializados em cada área (iluminação, térmica e acústica), para melhor verificar sua eficácia, do ponto de vista operacional, ou seja, que se realizem projetos detalhados com os dimensionamentos e as especificidades necessárias à implantação dos mesmos.

As propostas visam nortear a busca de soluções de baixo custo, sem interromper o processo produtivo da indústria; porém, necessitam de aprofundamentos técnicos específicos por uma equipe multidisciplinar para sua realização.

VI. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGUIAR, R. A. **Células de manufatura**: uma abordagem conceitual. Ouro Preto, UFOP, 2003. 57p. (monografia) Disponível em: <<http://www.em.ufop.br/em/DEPRO/monografia>>. Acesso em: 01 abr. 2005

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **NR 15**: Atividades e operações insalubres. Rio de Janeiro, 1978.

_____. **NR 17**: Ergonomia. Rio de Janeiro, 1991.

_____. **NBR 5413**: Iluminância de Interiores. Rio de Janeiro, 1992.

BURGESS, W. A. **Identificação de possíveis riscos à saúde do trabalhador nos diversos processos industriais**. Trad. Ricardo Baptista. Belo Horizonte: ERGO, 1997. 558p.

COSTA, E. C. **Arquitetura ecológica**: condicionamento térmico natural. São Paulo: Edgard Blucher, 1982. 264p.

COSTA, E. C. **Física aplicada à construção**: conforto térmico. São Paulo: Edgard Blucher, 1999. 264p.

DE MARCO, C. S. **Elemento de acústica arquitetônica**. São Paulo: Nobel, 1990. 129p.

DIAGNÓSTICO do Pólo Moveleiro de Ubá e Região. Belo Horizonte: IEL-MG/Intersind/ Sebrae-MG, 2003. 90p.

FERREIRA, N. L. *et al.* **Manual sobre ergonomia**. Campinas: Oficinas Gráficas da UNICAMP, 2001. 88p.

FIALHO, F; SANTOS, N. **Manual de análise ergonômica no trabalho**. 2. ed., Curitiba: Gênese, 1997. 316p.

FROTA, A. B.; SCHIFFER, S. R. **Manual do conforto térmico**: arquitetura e urbanismo. São Paulo: Studio Nobel, 2001. 243p.

FUNDACENTRO. **Curso de engenharia de segurança do trabalho**. Vol. 2, São Paulo, 1972.

GERGES, S.N.Y. **Efeitos nocivos**: a audição e as consequências da vibração no corpo humano. Revista Proteção, n. 67, p. 56-57, 1997.

GERGES, S.N.Y. **Ruído**: fundamentos e controles. Florianópolis, UFSC, 1992. 600p.

HUISMAN, D; PATRICK, G. Trad. Raimundo Rodrigues Pereira. **A estética industrial**. São Paulo: Difusão Européia do Livro, 1967. 122p.

IIDA, I. **Ergonomia**: projeto e produção. São Paulo: Edgard, 1990. 453p.

LAVILLE, A. **Ergonomia**. São Paulo: Pedagógica e Universitária, 1977. 99p.

LAMBERTS, R. *et al.* **Eficiência energética na arquitetura.** São Paulo: PW, 1997. 192p.

LIMA, F. R.; REINGAINTZ, P. A. **GENTE – Grupo de Ergonomia e Novas Tecnologias / CESERG – Curso de Especialização Superior em Ergonomia: Arquitetura de Locais de Trabalho.** Rio de Janeiro: Virtual Científica. 2004.

MACIEL, R. H. Ergonomia e lesões por esforços repetitivos (LER). *In:* W., CODO & M. C. C. G., ALMEIDA (eds.) **L.E.R. Lesões por Esforços Repetitivos.** Petrópolis: Vozes: 163-201, 1995.

MACINTYRE, A. J. **Ventilação industrial e controle da poluição.** Rio de Janeiro: Guanabara, 1990. 403p.

MACHLINE, S. M.; SCHOEPS, W. **Manual de administração da produção.** Rio de Janeiro: FGV, V. 1, 1971.

MÁSCIA, F.L.; SANTOS, N. **Análise ergonômica de um centro de controle.** *In:* SEMINÁRIO BRASILEIRO DE ERGONOMIA, 4., 1989, Rio de Janeiro. **Anais...** Rio de Janeiro: ABERGO, 1989. p.69-76.

MONTENEGRO, G. **Ventilação e cobertas:** estudo teórico, histórico e descontraído. São Paulo: Edgard Blucher, 1998. 128p.

PAIVA, C. **Indústrias incorporam avanços tecnológicos.** Revista Projeto, São Paulo, nº 142. p. 46-49, jun, 1991.

PALMER, C. **Ergonomia.** Trad. Almir da Silva Mendonça. Rio de Janeiro: Fundação Getúlio Vargas, 1976. .208p.

RIVERO, R. **Acondicionamento térmico natural:** arquitetura e clima. Porto Alegre: Luzzato, 1985. 239 p.

ROCHA, L. O. L. **Organização e métodos:** uma abordagem prática. São Paulo: Atlas, 1991. 286p.

SILVA, P. **Acústica arquitetônica.** Belo Horizonte: Edições Engenharia e Arquitetura, 1971. 220p.

SILVA, K. R. **Análise de fatores ergonômicos em indústrias do pólo moveleiro de Ubá, MG.** Viçosa, UFV. 123 p, 2003. (Tese D.S.)

SILVA, K. R. **Análise de fatores ergonômicos em marcenarias do município de Viçosa, MG.** Viçosa, UFV. 97p, 1999. (Tese M.S.)

VIDAL, M. C. R. **Ergonomia na empresa:** útil, prática e aplicada. Rio de Janeiro: Virtual Científica, 2001. 206 p.

<<http://www.ergonomia.com.br>>. Acesso em: 09 out. 2002

<<http://www.ubamais.com.br>>. Acesso em: 15 jun. 2004

<<http://www.arnatural.com.br>>. Acesso em: 20 jan. 2005

<<http://www.silentsource.com.br/baffles.sonex>>. Acesso em: 20 jan. 2005

<<http://www.c&c.com.br>>. Acesso em: 05 mar. 2005

<<http://www.guianet.com.br>>. Acesso em: 03 out. 2005

VII. ANEXOS

1. ROTEIRO PARA OBSERVAÇÃO

Data:

Horário:

Identificação da Empresa

Nome:

Endereço:

Telefone:

E-mail:

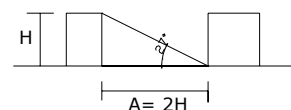
Data Fundação:

Aspectos Gerais

- Número de funcionários;
 - Porte da indústria;
- Principal horário de trabalho (vespertino, noturno, misto);
- Linha de produção principal (cozinha, quarto, escritório...);
- Principal matéria-prima utilizada;
- Possui galpão próprio;
- Localização na cidade;
 - Tipo de vizinhança;
 - Provoca intervenções no contexto urbano;
 - Tipo da via de acesso (principal, secundária ou local);
 - Mantém recuo de passeio (principal = 1,50 m, secundária e local = 1,00 m);
- Área total do galpão principal;
- Área total do lote.

Aspectos Arquitetônicos (caracterização)

- Implantação no terreno;
 - Afastamentos entre blocos \geq dobro da altura (distância conveniente para boa iluminação);



- Orientação da edificação principal;
 - Insolação: em quais fachadas, horários, excessiva ou reduzida;
 - Orientação das aberturas;
- Tecnologias empregadas na edificação principal;
 - Estrutura;
 - Cobertura (possui lanternins ou *sheds*);
 - Fechamentos;
 - Vãos;
- Topografia local (aclive, declive ou plano);
- Número de pavimentos e seus respectivos pés-direitos;
- Existência de áreas para descanso, refeições e higienização pessoal adequadas;
- Existência de bebedouros em número suficientes e em boas condições de uso;
- Existência de guarda-corpo em algum local (material; segurança em uso);
- Existência de estacionamento interno;
 - Localização no lote;
 - Condições de acesso;
 - Quantidade de vagas;
- Tipos de acessos internos (rampas, escadas), materiais e resistência;
- Carga/Descarga;
 - Localização no terreno;
 - Interferência no trânsito local;
 - Caso possua plataforma, altura de desembarque (recomendado = 100 cm);
- Existência de saídas de emergência (fácil percurso e acesso);
- Existência de extintores de incêndio;
- Aberturas em número e proporções condizentes ao uso da edificação;

- Portas: automóveis pequenos = 200 x 225 cm;
caminhões = 320 x 450 cm;
- Janelas em oficinas para trabalhos correntes = 12%
da área do piso.

Aspectos Ergonômicos (Leiaute industrial)

1. Funcionalidade e flexibilidade do espaço interno

- Fluxo do trabalho;
 - Processo de fabricação;
- Setorização existente;
- Instalações físicas;
 - Programa de necessidades: tipos de utilização e funções;
 - Atende às necessidades dos trabalhadores;
- Equipamentos utilizados no processo de fabricação;
 - Disposições e dimensões;
 - Distância entre máquinas;
 - Existe flexibilidade;
- Existência de avisos e sinalizações (riscos, perigos, restrições);
- Circulação (livre acesso, desobstruídas);
- Pé-direito apresenta condições de conforto ($\geq 3,00$ m);
- Vãos-livres necessários;
- Área de trabalho individual (específica);
 - Espaço ocupado pelo maquinário;
 - Espaço em torno do maquinário;
- Possibilidade de ampliação, expansão.

2. Condições Ambientais (Ambiência)

- Materiais de revestimento;
 - Cor, tipo de acabamento, aparência, adequabilidade, manutenção e limpeza (piso, parede e cobertura);
 - O piso apresenta saliências ou depressões que possam prejudicar a circulação;

→ Locais onde existe risco de escorregamento utilizam material antiderrapante;

2.1. Conforto Térmico

- Temperatura interna;
- Sensação térmica (verão e inverno);
- Posicionamento, quantidade e materiais das aberturas;
- Ventilação (existe e é adequada);
 - Sistema de exaustão;
 - Condicionamento do ar (climatização);
- Existência de dispositivos de proteção solar (Ex: beiral, balanço, *brise soleil*, cortinas, persianas, toldos...);
- Existência de obstruções externas (árvores, edificações, matas...);
- Existência de fontes de calor no recinto;
- Uso de vestimentas adequadas.

2.2. Conforto Acústico

- Fechamentos existentes;
 - Espessura;
 - Materiais internos de acabamento;
 - Existe algum tratamento acústico;
- Existência de fontes de ruídos no recinto e vizinhança;
 - Localização;
 - Interfere no desempenho do trabalho;
 - Contínuos, intermitentes ou de impactos;
 - Existem EPIs;
- Proporção de materiais reflexivos (granito, cerâmica, fórmica...) e materiais absorventes (tecidos, carpetes, madeira...);
- Necessário uso de bases de assentamento¹⁴ para as máquinas.

¹⁴ Executadas de forma a amortecer o ruído e as vibrações. As máquinas pequenas assentam-se sobre amortecedores de molas de aço, de borracha, cortiças etc. As máquinas grandes estão sobre lajes flutuantes de concreto independentes das peças do edifício.

2.3. Iluminação

- Posicionamento, quantidade, qualidade e materiais das aberturas;
- Condições da iluminação natural e artificial;
 - É necessário luz artificial (em qual período);
 - É necessário luz artificial geral ou local;
 - Os trabalhos realizados exigem alto nível de iluminação;
 - Tipo de iluminação artificial geral;
- Existência de fontes de luz no recinto;
 - Provoca ofuscamentos, sombras e contrastes excessivos;
- Existência e quantidade de superfícies refletoras (causa incômodo).

2. ROTEIRO PARA ENTREVISTA

Indústria de Móveis Itatiaia Ubá – Minas Gerais

Data:

Horário:

Nome:

Função e Setor:

Tempo de trabalho na empresa:

Jornada de trabalho:

I. Ritmo de trabalho

1. Como é o seu ritmo de trabalho (contínuo, existem pausas, tempo das pausas)?
2. Suas pausas são programadas pela empresa ou variam de acordo com as exigências do seu organismo?
3. Você sente necessidade de fazer mais pausas durante o trabalho?
4. Quais as causas dessa necessidade (cansaço, calor, frio, fome)?
5. Onde você faz estas pausas? Descansa?
6. Você trabalha sentado, de pé ou alternando?

II. Iluminação

1. Em algum momento da sua jornada de trabalho, sente a vista cansada ou com dores?
2. Como você classificaria a iluminação ambiente: deficiente, suficiente ou excessiva? Se deficiente, influencia o seu rendimento? E se excessiva?
3. Seu corpo provoca sombra onde realiza a atividade visual no posto de trabalho?
4. Já percebeu se em algum momento do dia apagam-se as luzes em seu setor de trabalho? Isto prejudica ou é viável?
5. A iluminação natural através dos *sheds* pode prejudicar sua tarefa (raios de sol, ofuscamentos...)?

III. Ruído

1. O que você tem a dizer sobre o ruído ambiente em seu setor? É suportável ou o incomoda bastante? Os EPIs resolvem ou somente minimizam o problema?
2. Você já se acostumou com o ruído interno?
3. Você chega a sua casa, depois de sua rotina de trabalho, com dores de cabeça, nervosismo, impaciência?
4. Fora do local de trabalho, sente dificuldade para escutar sons do tipo conversas, televisão?

IV. Temperatura

1. Que tipo de sensação térmica você tem em seu posto de trabalho ao longo do dia, nos períodos de inverno e verão (fresco, quente, abafado...)?
2. Influi na execução do seu trabalho?
3. Seu setor é privilegiado com ventiladores ou insufladores? Proporcionam conforto ou são insuficientes?
4. Existem outras fontes de ventilação? São suficientes?

V. Destes três itens - iluminação, ruído e temperatura, qual mais o afeta em seu posto de trabalho? Qual seria intolerável?

VI. Quais EPIs você utiliza para realizar suas tarefas? São suficientes e adequados?

VII. Já aconteceu algum acidente de trabalho em seu setor? Qual o motivo? O trabalhador usava EPI?